

Faculté des Sciences et de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Alimentaires
Filière : Sciences Biologique
Spécialité : Sciences Alimentaires
Option : Bioprocédés et Technologie Alimentaire.



Réf:.....

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

**Analyse de quelques critères de
qualité de quelques échantillons de
miel**

Présenté par :

M^{elle} KANTAOUI Aicha & M^{me} KHERRAZ Amina née MEHELLEB
Soutenue le : **14 Juin 2016**

Devant le jury composé de :

M ^{me} OUCHEMOUKH N.	MCB	Présidente
M ^{me} BRAHMI N.	MAA	Examinatrice
M ^{me} TAFININE Z.	MAA	Encadreur

Année universitaire : 2015 / 2016

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وَأَوْحَىٰ رَبُّكَ إِلَى النَّعْلِ أَنْ اتَّخِذِي مِنَ الْجِبَالِ بُيُوتًا وَمِنَ الشَّجَرِ وَمِمَّا يَعْرِشُونَ

﴿٦٨﴾ ثُمَّ كُلِّي مِنْ كُلِّ الثَّمَرَاتِ فَاسْلُكِي سُبُلَ رَبِّكِ ذُلُلًا يَخْرُجُ مِنْ

بُطُونِهَا شَرَابٌ مُخْتَلِفٌ أَلْوَانُهُ فِيهِ شِفَاءٌ لِلنَّاسِ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً لِّقَوْمٍ

﴿٦٩﴾ يَتَفَكَّرُونَ

صَدَقَ اللَّهُ الْعَظِيمُ

الآيتان 68 ، 69 سورة من النحل

« O Prophète, ton Seigneur a inspiré aux abeilles leur mode de vie et leurs moyens de subsistance. Il leur a inspiré de prendre les cavernes des montagnes, les cavités des arbres et les treilles pour demeures (68). -Puis Allah - qu'Il soit exalté- leur a inspiré de se nourrir de tous les fruits des arbres et des plantes; Il leur a rendu disponibles, à cette fin, des moyens que leur Seigneur leur avait préparés et rendus faciles. De leurs estomacs sort un liquide de différentes couleurs, qui apporte une guérison pour les hommes. Il y a dans cette chose merveilleuse des preuves évidentes de l'existence d'un Créateur Tout-Puissant et Sage, pour un peuple qui réfléchit pour en tirer profit et gagner ainsi un bonheur permanent (69) »

(Sourate El Nahl : verset 68 – 69).



Dédicaces

Je dédier ce modeste travail :

A ma Maman, Tu m'as donné la vie, la tendresse et le courage pour réussir.

*Tout ce que je peux t'offrir ne pourra exprimer l'amour et
la reconnaissance que je te porte.*

*En témoignage, je t'offre ce modeste travail pour te remercier pour tes sacrifices et pour
l'affection que tu m'as toujours donné et que tu donne à mon fils maintenant.*

*A mon Papa, L'épaule solide, l'œil attentif compréhensif et la personne la
plus digne de mon estime et de mon respect.*

*Aucune dédicace ne serait exprimer mes sentiments, toi qui m'as toujours
encouragé à aller de l'avant et à croire à mes ambitions et ma réussite.*

Papa, Maman que dieu vous préserve et vous procure santé et longue vie.

*A mon cher mari « KAMEL », pour tes sacrifices, ton soutien moral et gentillesse
sans égal, que dieu réunisse nos chemins pour un long commun serein, que ce travail
soit témoignage de ma reconnaissances et de mon amour sincère et fidèle.*

A mon cher Fils « AYMEN », ma joie, mon bonheur, ma raison de vivre.

A mes chères Sœurs « ZINEB », « HADJIRA » et « KAHINA », je vous adore tant.

A mon cher Frère « MASSINISSA ».

A mes petits Neveux « MALEK », « AHMED » et « ANIA ».

A ma belle famille.

*A ma chef de bureau M^{me} BELHAMEL qui m'a toujours soutenu. et à sa fille
« CHIREZ », merci pour tout.*

*A mes collègues de travail « M^r BENZAADA », « LYNDA » et « LATIFA »,
je vous adore.*

*Et à toute la promotion de Bioprocédé et Technologie Alimentaire
2015-2016 de l'Université de Bejaïa.*

MERCIA TOUS

- Amina.M -

*D*édicaces

Je tiens vivement, à dédier ce travail en signe de respect et de reconnaissance à :

Deux personnes très chères qui ont partagé mes joies et mes peines, qui ont été toujours à mes côtés, qui ont fait de moi ce que je suis aujourd'hui : ma mère et mon père.

À mon cher frère « Mohammed Abdellah ».

À toutes mes sœurs : « Ouarda », « Meriama », « Fatma Zohra ».

À mon beau Frère « Hamza » et ma nièce « Maria » et mon neveu « Firas Bahaa Eddine ».

À ma tante et toutes mes cousines surtout « Sabiha, Hanifa, Khadidja et Zineb » et cousins qui m'ont soutenue durant cette période.

À mon défunt oncle « Alili »

À toute la famille Kantaoui et Bouchebbah.

À à toutes mes proches sans exception, « Hassina » et « Hibat Allah » et « Alia ».

À à toutes mes amies « Mbarka » et « Khawla ».

À en fin à toutes les copines de chambre : « Sara », « Salima », « Ferielle » et « Sabrina ».

*Toute la promotion de Nutrition et Technologie Agro-Alimentaire
2014-2015 de l'université de Tiaret.*

*Et toute la promotion de bioprocédé et technologie alimentaire
2015-2016 de l'université de Bejaïa.*

Tous ceux qui ont contribué à m'aider à la réalisation de ce mémoire.

- Aicha.K -

Sommaire

Liste des tableaux et figures
Liste des abréviations

Introduction.....1

Synthèse bibliographique

I. Généralités sur le miel	3
I.1. Définition	3
I.2. Les différents types de miels	3
I.3. L'origine du miel	3
I.3.1. Le nectar.....	3
I.3.2. Le miellat.....	4
I.4. Elaboration du miel	5
I.5. Technologie du miel	6
I.5.1. Récolte.....	6
I.5.2. Extraction.....	6
I.5.3. Maturation.....	6
I.5.4. Conservation.....	7
I.6. Composition	7
I.6.1. Eau.....	7
I.6.2. Sucre.....	7
I.6.3. Acides.....	8
I.6.4. Protéines.....	8
I.6.5. Matières minérales ou cendres.....	8
I.6.6. Composés phénoliques.....	8
I.6.7. Hydroxyméthylfurfural.....	9
I.6.8. Enzymes.....	9
I.6.9. Pollen.....	9
II. Propriétés du miel	11
II.1. Propriétés physico-chimiques	11
II.1.1. Densité.....	11
II.1.2. Viscosité.....	11
II.1.3. Activité de l'eau.....	12
II.1.4. pH.....	12
II.1.5. Conductivité électrique.....	12
II.1.6. Indice de réfraction.....	12
II.1.7. Hygroscopicité.....	12
II.2. Propriétés nutritionnelles	12
II.3. Propriétés antioxydantes	13
II.3.1. les composés phénoliques.....	13

Partie expérimentale

I. Matériels et méthodes	15
I.1.Echantillons de miel	15
I.2.Réactifs et appareils utilisés	15
I.3.Analyse pollinique	16
I.4.Analyse de quelques paramètres physico-chimiques	16
I.4.1. Humidité.....	16
I.4.2. pH et acidité.....	16
I.4.3. Cendres.....	17
I.4.4. Conductivité électrique.....	18
I.4.5. Couleur.....	18
I.4.6. Hydroxyméthyl5-furfural.....	18
I.4.7. Protéines.....	18
I.4.8. Proline.....	19
I.5.Dosage des agents antioxydants	19
I.5.1. Composés phénoliques.....	19
I.5.2. Flavonoïdes totaux.....	19
I.5.3.Activité anti-radicalaire.....	20
I.6.Analyse statistique	20
II. Résultats et discussions	21
II.1.Analyses pollinique	21
II.2.Caractéristiques physico-chimiques	26
II.2.1. Humidité.....	26
II.2.2. pH	27
II.2.3. Acidité (libre, combiné et totale).....	28
II.2.4. Cendres.....	29
II.2.5. Conductivité électrique.....	30
II.2.6. Couleur.....	31
II.4.7. Hydroxyméthyl5-furfural.....	32
II.4.7. Protéines.....	33
II.4.8. Proline.....	34
II.3.Teneur en antioxydants	35
II.3.1. Composés phénoliques totaux.....	35
II.3.2. Flavonoïdes totaux	37
II.3.3.Activités anticadicalaires.....	38
 Conclusion	 39

Références bibliographiques

Annexes

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
I	Action du pollen sur l'organisme	11
II	Les échantillons de miel	15
III	Les appareils utilisés lors des analyses	15
IV	Origine botanique des miels analysés	22
V	Spectres polliniques et pourcentage de pollens des miels analysés	23

Liste des figures

Figure	Titre	Page
1	Structures des acides phénoliques	14
2	Quelques photographies de pollens	25
3	Humidités des échantillons	27
4	pH des échantillons	28
5	Acidités des échantillons de miels	29
6	Teneur en cendres des échantillons de miel	30
7	Conductivité électrique des miels analysés	31
8	Couleur des miels analysés	32
9	Teneur en HMF des échantillons de miel	33
10	Teneur en protéines des échantillons de miel	34
11	Teneur en proline des échantillons de miel	35
12	Teneurs en polyphénols des miels analysés	36
13	Teneurs en flavonoïdes des miels analysés	37
14	Activité Anti radicalaire des miels analysés	38

Liste des abréviations

% red : pourcentage de réduction
aw : activité water
CE : conductivité électrique
DDPH : 2,2-diphinol-1-picrylhydrazyl
EAG :Equivalent Acide Gallique
EBSA : Equivalent Bovin Sérum Albumin
EQ :Equivalent Quercétine
Fig :figure
HMF : hydroxymethylfurfuraldehyde
HO· : radicaux hydroxyles
Kcal : Kilocalorie
LSD :Little Significant Différence
M :miel
Méq :milliéquivalent
mS: milliSiemens
N : normalité
NaOH : hydroxyde de sodium
nm : nanomètre
O₂⁻ : superoxyde
P : différence significative
pH : potentiel d'hydrogène
R : coefficient de corrélation
µl : microlitre

Introduction

Introduction

« Si les abeilles devaient disparaître, l'humanité n'aurait plus que quatre années à vivre » Cette phrase prononcée réellement par Einstein met en valeur le rôle extrêmement important de l'abeille dans l'équilibre de la faune et de la flore. Ainsi, les produits issus du travail de ce petit insecte sont utilisés depuis des millénaires et leurs emplois sont retrouvés dans de très nombreuses civilisations et autres croyances. Formidablement bien organisées en société, les abeilles représentent un sujet d'études forcément intéressant tout en apportant plaisir, santé, bonheur à tout un monde.

En effet, profitant de l'essor plus en plus important des recherches, les produits de la ruche s'inscrivent dans ces dernières, le plus souvent en complément des traitements conventionnels. Le Miel, la gelée royale, la propolis, le pollen ou encore la cire et le venin d'abeilles trouvent ainsi des applications dans des domaines thérapeutiques très variés afin de contenter les exigences d'un public désireux de retrouver des moyens simples, naturels et sains de se soigner.

Parmi les produits de la ruche, le miel est le plus communément utilisé, ce dernier est une substance naturelle sucrée produite par les abeilles *Apis mellifera* à partir du nectar des plantes ou à partir de sécrétions provenant de parties vivantes de plantes ou d'insectes suceurs de sève (Codex Alimentarius, 2001). C'est l'un des aliments les plus complexes qui sont produits par la nature. Il a été rapporté que le miel contient jusqu'à 200 substances, il est considéré comme une partie importante de la médecine traditionnelle (White, 1979). La composition du miel est en fonction des espèces végétales, du climat, des conditions environnementales et de la contribution de l'apiculteur (Anklam, 1998).

Des analyses sont réalisées afin d'évaluer la qualité des miels, celle-ci se définit par la mise en évidence de dégradations du produit, liées au processus de récolte et de conditionnement (chauffage excessif, fermentation, présence de résidus, etc...). Par conséquent, pour garantir l'authenticité, il est nécessaire d'analyser le miel en détail. En fait, de nombreuses études ont été menées sur l'analyse des miels à travers le monde. Cependant, les étapes d'élaboration du miel sont complexes et sa qualité est susceptible d'être altérée par les activités humaines, de manière volontaire ou non (Terrab *et al.*, 2003).

Dans la démarche globale de cette étude, dans la section bibliographique, une première partie est portée sur des généralités concernant le miel (définition, origines, composition et technologie). La deuxième partie est consacrée à ces caractéristiques physico-chimiques, nutritionnelles, organoleptiques et thérapeutiques dont la propriété antioxydante est illustrée.

Dans la partie expérimentale, nous nous sommes intéressés à l'analyse pollinique et à la caractérisation physico-chimique de onze (11) échantillons de miel de quelques wilayas d'Algérie, suivie de l'estimation de l'activité antioxydante de ces derniers après avoir doser quelques composés phénoliques.

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

Synthèse



Bibliographique

I. Généralités sur le miel

I.1. Définition

Dans de nombreux pays, la loi fournit une définition légale du miel. Cette dernière a pour objet la protection du consommateur contre les différents types de fraudes susceptibles d'être pratiqués (Louveau, 1968).

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

I.2. Les différents types de miels

Il existe une innombrable variété de miels, correspondant aux fleurs et aux plantes visitées par les abeilles, ainsi qu'à la source récoltée (nectar ou miellat).

On peut ainsi séparer les miels en deux catégories :

- Les miels monofloraux ou unifloraux, qui proviennent de façon prédominante d'une seule espèce florale ;
- Les miels polyfloraux ou « miels toutes fleurs » ou encore « miels mille fleurs » qui résultent de la récolte des abeilles sur plusieurs espèces florales (Clément, 2009).

I.3. L'origine du miel

Les principales variétés du miel se classent en fonction de l'origine (miel de nectar ou miel de miellat). Le mot miel peut par ailleurs, être éventuellement complété par une indication ayant trait à l'origine florale ou végétale, si le produit provient de façon prépondérante de l'origine indiquée, ou par un nom régional, territorial ou topographique (Nacer Chergui, 1994) (Figure 1, Annexe 1)

I.3.1. Le nectar

- **Définition**

Le miel de nectar est le miel qui provient des nectars des plantes (Codex Alimentarius, 2001). C'est une substance sucrée issue des nectaires floraux ou extra floraux. Il se forme à partir de la sève élaborée des plantes (Schivre, 2006). Il n'est d'aucune utilité directe pour la plante et sa seule raison d'exister est d'attirer les insectes pollinisateurs (Chauvin, 1987).

Le nectar attire les abeilles qui le récoltent et le ramènent à la ruche. C'est par cette dernière, pendant la collecte du nectar, que s'effectue la pollinisation des fleurs (Gonnet, 1982).

Les nectars sont les sources les plus « naturelles » puisqu'elles résultent de l'étroite coévolution des angiospermes avec les insectes butineurs. Selon Biri (1986), la teneur en sucres et le degré de densité du nectar sont en fonction de l'espèce végétale et du climat.

- **Elaboration**

A l'intérieure des fleurs, les tissus nectarifères accumulent les sucres. Cette provision de sucres constitue une réserve qui sera utilisée ultérieurement par la plante pour assurer les premiers stades de développement des fruits et des graines après la floraison. Le nectar est donc produit par une sorte d'exsudation de l'eau venant des racines traversant la plante, et entraînant avec lui une partie des sucres contenus dans le tissu nectarifère (Bendahou et Hasnat, 2005).

- **Composition**

Selon certains auteurs, 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 (Philippe, 1999). La composition glucidique du nectar montre qu'il renferme trois principaux sucres: saccharose, fructose et glucose et une faible proportion de maltose, mélézitose, raffinose, mélibiose et tréhalose (Philippe, 1991).

I.3.2. Le miellat

- **Définition**

C'est un liquide sucré sécrété par des hémiptères essentiellement des pucerons (*Buchneria*) ou des cochenilles (*Physokermes hemicryphus*), à partir de la sève des végétaux et dont se nourrissent les fourmis et les abeilles (Querzy et Zuttum, 1997).

Ravazzi (1996), ajoute que ce dernier se distingue du miel par sa composition plus poisseuse et par sa forte teneur en protéines ; Il note aussi qu'il y a plusieurs types de miellats différents par leur couleur, parfum, saveur, composition et vitesse de cristallisation.

Selon son origine, il existe deux types de miellats :

- **Miellat d'origine animale**

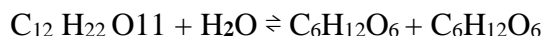
Il est produit par des pucerons qui attaquent les feuilles particulièrement riche en liquide sucré, ces pucerons ne digérant qu'une faible partie de la matière absorbée, et expulsent la plus grande portion de liquide qui retombe sur les feuilles en gouttes (Bendahou et Hasnat, 2005).

- **Miellat d'origine végétale ou miellée**

Il provient d'exsudation des feuilles. On peut alors le voir perler toutes les orifices stomatiques et se réunir en gouttelettes sucrées sur toute la surface de la feuille, surtout sur la face inférieure (Bendahou et Hasnat, 2005).

I. 4. Elaboration du miel

L'élaboration du miel commence dans le jabot de la butineuse. Dès son passage dans le tube digestif, le nectar (ou le miellat) subit ses premières transformations sous l'action d'enzymes, dont l'invertase qui hydrolysent les polysaccharides en sucres simples (transformation du saccharose en glucose et fructose).



De retour à la ruche, l'abeille butineuse transfère sa récolte à l'abeille ouvrière, qui l'absorbe puis la régurgite à son tour pour la transmettre à une autre ouvrière, et ainsi de suite. Ce phénomène s'appelle la trophallaxie. Progressivement, cette matière se déshydrate, s'enrichit en sucres gastriques et en substances salivaires, et sa concentration en sucre augmente (Bruneau, 2009).

La solution sucrée transformée, contenant encore environ 50% d'eau, va subir une nouvelle concentration par l'évaporation, qui s'effectue sous le double influence d'une part, de la chaleur régnant dans la ruche qui est de l'ordre de 36 à 37 °C, et d'autre part, par la ventilation qui est assurée par les abeilles ventileuses, en créant un puissant courant d'air ascendant dans la ruche par un mouvement très rapide des ailes. Au bout de quelques jours, cette solution contiendra en moyenne 18% d'eau, et 80% de sucres. Cette solution représente le miel stocké dans les cellules. Ces dernières, une fois remplies, sont colmatées par un mince opercule de cire, permettant une excellente conservation (Gonnet, 1982 et Donadieu, 1984).

C'est au terme de ces différentes étapes que le miel, nourriture principale des abeilles, est synthétisé (Rossant et Desmoulière, 2011).

Selon Emmanuelle *et al.* (1996), la quantité de miel emmagasinée dans la ruche est largement supérieure aux besoins immédiats de la colonie, l'abeille possédant un fort instinct de stockage.

I.5. Technologie du miel

I.5.1. Récolte

Pour conserver au miel tout son arôme et pour éviter que certains éléments biologiques et les enzymes ne soient détruits, le miel doit être récolté en prenant certaines précautions indispensables. Il doit en outre être exempt de corps étrangers et d'impuretés. Pour le purifier, on peut passer le miel dans un filtre grossier. Cette filtration ne doit pas supprimer le pollen. Par ailleurs, aucune substance ne doit être ajoutée ni aucune autre substance essentielle ne doit être retirée du miel (Bogdanov *et al.*, 2003)

D'après Donadieu (1984), la récolte du miel par l'apiculteur a lieu en général après une miellée (qui correspond à la période de production du nectar par la flore susceptible d'en fournir) et lorsque les 3/4 des alvéoles des rayons de cire sont operculés.

C'est ainsi que le miel est récolté entre les mois d'avril et novembre, en une ou plusieurs fois, La première récolte ne débute habituellement qu'à la fin du mois de mai.

I.5.2. Extraction

Les étapes de l'extraction sont résumées dans la figure 2 en annexe 1. En premier lieu, l'apiculteur retire les cadres de miel, après avoir chassé les abeilles par enfumage. Il transporte ensuite les hausses dans la miellerie et enlève les opercules à l'aide d'un couteau à désoperculer. La désoperculation se pratique dans une pièce tiède et bien fermée (Jean Prost, 1987 ; Huchet *et al.*, 1996). Après cette opération, l'apiculteur procède à l'extraction. Selon Biri (1986), cette dernière doit être exécutée avec un extracteur, c'est-à-dire un récipient en général cylindrique revêtu d'acier inoxydable, qui permet d'extraire le miel des rayons par la force centrifuge sans que ceux-ci soient endommagés. Enfin, le miel est recueilli sur un filtre, qui va retenir les débris de cire entraînés lors de l'extraction, et être reçu dans un bac avant d'atteindre, après une deuxième filtration le maturateur qui est un simple récipient de décantation.

Selon Louveaux (1985), Les filtres couramment utilisés en apiculture sont de simples tamis à maille de 0,1 mm. Leur efficacité est suffisante pour éliminer du miel les déchets de cire et les grosses impuretés.

I.5.3. Maturation

L'extraction centrifuge ne fournit pas directement un miel prêt à la mise en pots. Pour obtenir un miel commercialisable, il est indispensable de l'épurer et la meilleure façon

d'épurer le miel est encore de le laisser reposer pendant quelques jours dans un récipient appelé maturateur où le miel abandonne ces impuretés (débris de cire, amas de pollen), ainsi que les bulles d'air incorporées pendant l'extraction (Louveaux, 1985 ; Jean Prost, 1987)

I.5.4. Conservation

Le miel est un produit périssable qui subit au cours du temps un certain nombre de modifications aboutissant inévitablement à la perte de ses qualités essentielles. (Emmanuelle *et al.*, 1996). La rapidité de la dégradation dépend de la composition du produit ainsi que des conditions de sa conservation (Blanc, 2010)

Si le produit s'échauffe, on observe alors une dégradation plus ou moins rapide des sucres, dégradation qui s'effectue essentiellement aux dépens du fructose et s'accompagne de la formation d'hydroxyméthylfurfural (HMF). La gravité de cette altération, à laquelle est associée une augmentation du taux de l'acidité et une disparition rapide des enzymes, est directement liée à de mauvaises conditions de stockage. Certains miels sont plus fragiles que d'autres en fonction de leur acidité naturelle. En effet, tous les miels dont le pH est inférieur à 4 se dégradent plus vite que ceux dont la caractéristique est inverse. Il convient donc de garder le miel dans des locaux frais où la température ne dépasse pas 20°C. Si le miel à stocker présente un risque de fermentation, il faudra impérativement le pasteuriser ou le conserver à une température de 4 à 5°C (Emmanuelle *et al.*, 1996).

I.6. Composition

Le miel est un composé complexe qui relève de l'interaction entre les fleurs, le sol, et les systèmes métaboliques liés à la spécificité génétique des abeilles (Bonte *et al.*, 2011).

I.6.1. Eau

L'eau est l'un des composants les plus importants du miel et provient du nectar butiné par les abeilles. La teneur en eau, est un paramètre lié au degré de maturité, il est responsable de la stabilité du miel lors de l'entreposage. Elle est largement inférieure à 20%. On la trouve comprise entre 17 et 19% (Laurent, 2005). La teneur en eau du miel dépend des conditions environnementales et de la période de récolte, et il peut varier d'une année à une autre (Acquarone *et al.*, 2007).

I.6.2. 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).

On trouve des monosaccharides (glucose et fructose) qui représentent 85% à 95% des sucres du miel mais c'est le fructose (lévulose) qui est presque toujours dominant, avec une teneur de 38% du poids du miel, tandis que la teneur en glucose est de 31%. On y trouve également du saccharose (1,5%) et du maltose (7,5%) ainsi que d'autres sucres présents à l'état de traces (Emmanuelle *et al.*, 1996).

I.6.3. Acides

Tous les miels ont une réaction acide. Ils contiennent des acides organiques, dont certains volatiles, et des lactones (Louveau, 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).

I.6.4. Protéines

Les protéines sont présentes en faible quantité 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, soit de l'abeille. On y trouve également des acides aminés libres dont la proline, qui provient des sécrétions salivaires de l'abeille (Emmanuelle *et al.*, 1996).

La proline est un des acides aminés les plus abondants dans le miel et est donc généralement choisie comme étalon pour la quantification de la teneur en acides aminés (Ouchemoukh *et al.*, 2007). La teneur en proline est un indicateur de qualité car le miel non falsifié a en général, un taux qui dépasse 180mg/Kg (Moniruzzaman *et al.*, 2014)

I.6.5. 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 *et al.*, 1996).

I.6.6. Composés phénoliques

Les polyphénols possèdent une grande variété de structures allant de composés contenant un simple noyau phénolique (acide phénoliques) à des composés polymériques

complexes comme les tanins (polymères de catéchine et épicatechine présentant plusieurs dizaines d'unités. Les polyphénols constituent les principes actifs de nombreuses plantes médicinales. En outre, in vitro, un grand nombre de polyphénols sont reconnus pour leurs propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires, antifongiques, antivirales et anticancéreuses (Khan, 2010). Ces activités sont attribuées à la capacité de ces composés à réduire les radicaux libres tels que les radicaux hydroxyles (HO^\cdot) et superoxyde (O_2^\cdot) (Nkhili, 2009).

I.6.7. Hydroxyméthylfurfural (HMF)

C'est un excellent indicateur de fraîcheur du miel. Cette molécule apparaît au cours du processus de son vieillissement naturel. Ce processus est accéléré si les miels sont chauffés ou s'ils sont très acides. L'analyse de la quantité d'HMF est donc une excellente méthode pour apprécier la qualité d'un miel: son vieillissement et son chauffage (Deschamps, 1998). Les recommandations du Codex Alimentarius (2001), fixent un maximum de 40 mg d'HMF/Kg de miel.

I.6.8. 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).

I.6.9. pollen

- **Définition**

Tiré du mot grec « pale » signifiant farine et poussière. Les grains de pollen sont de petits éléments sphériques ou ovoïdes de taille oscillant entre 20 et 40 microns, contenus dans les sacs polliniques des anthères de la fleur. Ils servent à féconder la partie femelle de la fleur et constituent les gamètes mâles dans le règne végétal. Il existe de nombreux types de pollens, tout autant que de fleurs différentes (Donadieu, 1987)

- **Physiologie du grain de pollen**

Il est constitué d'une partie centrale appelée cellule vivante, riche en vitamines hydrosolubles, en acides aminés et en oligo-éléments comme le sélénium, et entourée d'une membrane protectrice, le sporoderme (Alphandery, 2002) (Figure 3, Annexe 1)

Pour éviter la dessiccation, l'écrasement, la dégradation par les ultra-violets et l'oxydation par l'air, Le grain de pollen, bénéficie de structures et de substances adaptées

comme l'exine, des fibres de cellulose et d'autres composés antioxydants (Cherbuliez et Domerego, 2003). Ces fibres de cellulose confèrent de l'élasticité au grain tandis que l'exine, grâce à sa composition lipidique, notamment de la sporopollennine, le protège de la perte d'eau (Donadieu, 1987).

La présence de tocophérols, de provitamine A, de phytostérols et de vitamine D est bénéfique contre l'oxydation du grain de pollen, tandis que le sélénium le défend contre les ultra-violets (Vannier, 1998)

• **Composition chimique**

Le pollen asséché contient 4% d'eau tandis que le pollen frais en contient 10 à 12%. Du point de vue calorifique, il apporte 246 kcal/100g, dont le tiers provient des glucides comme le fructose et le glucose issus du nectar de la plante. Le pollen contient également des oligosaccharides, par exemple l'amidon ou la cellulose, ainsi que des hémicelluloses et d'autres substances dérivées de la lignine à l'état de traces. Les protéines, de l'ordre de 20%, sont aussi présentes dans le pollen. Elles sont principalement représentées par les acides aminés tel que la proline, ainsi que par des enzymes: l'amylase, certaines phosphatases et l'invertase (Alphandery, 2002).

Concernant les lipides, leur fraction dans le pollen dépend du type de celui-ci. Elle sera faible, de l'ordre de 2% pollen anémophile, c'est à dire transporté par le vent (pollen des pins), tandis qu'elle peut atteindre les 14% quand il s'agit de pollen entomophile, butiné par les insectes (pollen de pissenlit) (Cherbuliez et Domerego, 2003).

Le pollen contient également des dérivés des tétraterpènes, des caroténoïdes représentés par les carotènes et les xanthophylles. On y retrouve également de la sporopollennine dans l'exine ainsi que des flavonoïdes comme des flavones et isoflavones donnant une couleur jaune et des anthocyanes donnant une couleur rouge ou violette (Donadieu, 1987)

• **Propriétés générales**

Le pollen peut être utile dans certaines carences alimentaires, en administration quotidienne. Selon des études réalisées sur l'animal, il serait bénéfique pour la reproduction, la croissance, le transit intestinal en traitant à la fois constipation et diarrhée (Tableau I). Ainsi, il aurait des propriétés antibiotiques notamment sur la salmonelle et servirait de fortifiant en cas de fatigue psychique ou physique. D'autres travaux relatent son action sur certaines affections hépatiques, sur l'hypertension ou dans les troubles de la prostate.

Le pollen, grâce à ses constituants, présente donc un potentiel intéressant dans plusieurs domaines (Caillas, 1947 ; Donadieu, 1987 ; Alphandery, 2002)

Tableau I : Action du pollen sur l'organisme (Donadieu, 1987 ; Alphandery R, 2002 ; Cherbuliez et Domerego, 2003)

Pollens	Action sur l'organisme
Pollens de sauge	Effet sur le tractus digestif et une action diurétique.
Pollen de pissenlit	
Pollen de tournesol	
Pollen de thym	Propriétés antiseptiques et tonifiantes.
Pollen de serpolet	Effet tonifiant, améliorent la circulation tout en ayant une action aphrodisiaque, antiseptique et une action sur l'arbre broncho-pulmonaire.
Pollen de colza	Cicatrisant dans le cas d'ulcères variqueux.
Pollen de pommier	Action sur le myocarde tout en étant un fortifiant général.
Pollen d'acacia	Effet calmant.
Pollen de marronnier	Décongestionne le foie et la prostate, et améliore la circulation.
Pollen de sophora du Japon	Ralentit le rythme cardiaque, renforce le cœur, diminue le temps de coagulation et améliore la résistance des capillaires.
Pollen de tilleul	Effet calmant et sédatif.
Pollen du châtaignier	Efficace dans les troubles de la circulation veineuse et tout ce qui touche au réseau capillaire.

II. Propriétés du miel

II.1. Propriétés physico-chimiques

II.1.1. Densité

Le miel a une densité relativement élevée qui varie entre 1,40 et 1,45 g/cm³ (Bogdanov *et al.*, 2003). C'est une donnée très utile pouvant être utilisée pour mesurer la teneur en eau des miels. On peut admettre une moyenne de 1,4225 à 20°C (Emmanuelle *et al.*, 1996).

II.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).

II.1.3. Activité de l'eau

L'activité de l'eau est le facteur le plus déterminant pour la conservabilité d'une denrée alimentaire. L'influence de la composition du miel sur la valeur a_w a été étudiée dans les travaux de Ruegg et Blanc (1981). Les valeurs a_w du miel varient entre 0,55 et 0,75. Les miels ayant une $a_w < 0,60$ peuvent être, du point de vue microbiologique, qualifiés de stables. Bien que l'activité de l'eau soit un facteur de qualité important, on ne la détermine que rarement (Bogdanov *et al.*, 2003).

II.1.4. pH

Le pH du miel varie entre 3,2 et 5,5. Il est généralement inférieur à 4 dans les miels de nectar, supérieur à 5 dans ceux de miellat. Les miels à pH bas se dégradent plus facilement, il faudra alors prendre un soin particulier à leur conservation (Gonnet et Vache, 1985).

II.1.5. Conductivité électrique

La conductivité électrique est intéressante, car elle permet de distinguer aisément entre les miels de miellat et ceux des fleurs, les premiers ayant une conductibilité bien plus élevée que les seconds (Emmanuelle *et al.*, 1996). Cette mesure dépend de la teneur en minéraux et de l'acidité du miel; plus elles sont élevées, plus la conductivité correspondante est élevée (Bogdanov *et al.*, 2001).

II.1.6. Indice de réfraction

Il est couramment mesuré par des techniciens qui se servent de réfractomètres de petite taille, très pratiques. L'indice permet de calculer une variable très importante, la teneur en eau, bien plus rapidement que les autres méthodes (Emmanuelle *et al.*, 1996).

II.1.7. Hygroscopicité

Le miel tend à absorber l'humidité de l'air, et si on le laisse trop longtemps dans une atmosphère humide, cette absorption peut être considérable. Un miel normal, contenant 18% d'eau, peut atteindre, au bout de trois mois, une hygrométrie de 55%, son poids a alors augmenté de 84%. D'autre part, lorsqu'on veut dessécher le miel, il est nuisible de le maintenir en atmosphère rigoureusement sèche, parce qu'il se forme en surface une pellicule dure qui empêche le reste d'eau de s'évaporer (Emmanuelle *et al.*, 1996).

II.2. Propriétés nutritionnelles

Le miel est apprécié partout comme aliment sucré et au goût agréable. En temps de pénurie alimentaire, c'est une source précieuse de glucides qui contient des oligo-éléments et apporte une diversité nutritionnelle dans les régimes alimentaires trop pauvres.

Le miel occupe souvent une place importante dans la préparation des plats traditionnels (Bradbear, 2005).

De plus, il peut prétendre à de nombreux avantages nutritionnels et énergétiques, le miel est un produit riche en nutriments même si son origine de provenance est varié (Blanc, 2010).

II.3. Propriétés anti-oxydantes

L'alimentation apporte une grande variété d'antioxydants jouant un rôle important comme facteur protecteur de la santé. Des preuves scientifiques suggèrent que les antioxydants réduisent les risques de maladies chroniques, telles que les maladies cardiovasculaires, certains cancers ou le diabète de type 2. Ainsi l'apport de composés à activité antioxydante dans les aliments n'a plus pour seul objectif de préserver les qualités sensorielles du produit, mais également de renforcer sa valeur nutritionnelle (Scalbert *et al.*, 2005).

Un antioxydant peut être défini comme une substance qui, lorsqu'elle est présente à des concentrations faibles comparées à celle d'un substrat oxydable, empêche ou retarde de manière significative une oxydation du substrat (Prior et Cao, 1999 ; Halliwell, 2008). Ils ont été classés en trois groupes en fonction de leurs natures biochimiques et leurs origines alimentaires, à savoir les vitamines, les minéraux et oligo-éléments, et les photochimiques. Ces derniers sont ceux qui nous intéressent et qui appartiennent à la classe des composés phénoliques.

II.3.1. Les composés phénoliques

Les composés phénoliques typiques possédant une activité antioxydante appartiennent à deux principales classes qui sont : les acides phénoliques et les flavonoïdes (Wojdylo *et al.*, 2007).

- **Acides phénoliques**

Selon Nkhili (2009), ces composés sont universellement rencontrés chez les plantes.

Deux sous-groupes peuvent être distingués :

- ✓ *Les acides hydroxybenzoïques*, dont les plus répandus sont l'acide salicylique et l'acide gallique (Fig 1) (Fig 4, annexe 1).
- ✓ *Les acides hydroxycinnamiques*, dont les plus abondants sont l'acide caféique et l'acide férulique (Fig 1) (Fig 4, annexe 1).

• Flavonoïdes

Le terme « flavonoïde » désigne une très large gamme de composés naturels appartenant à la famille des polyphénols. Ils sont considérés comme les pigments quasiment universels des végétaux, tous les flavonoïdes (plus de 4000) possèdent le même élément structural de base, à savoir l'enchaînement 2-phénylchromane (Portet, 2007). Barboni (2006), indique que les flavonoïdes se répartissent en plusieurs classes de molécules dont les plus importantes sont : Les flavanonols, les flavonols, les flavan-3-ols, les isoflavone, les flavanones et les flavones.

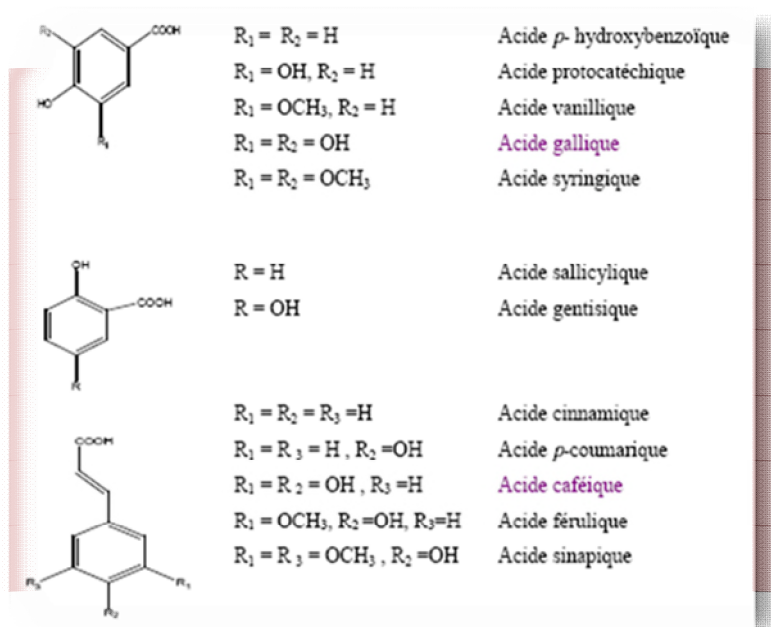


Figure 1 : Structures des acides phénoliques (Nkhili, 2009).

Partie



Experimentale

Matériels

et



Matériels
Méthodes

I. Matériels et méthodes

I.1 Echantillons de miel

Pour les besoins de cette étude, 11 échantillons de miels ont été collectés en 2013 auprès des apiculteurs de quelques wilayas d'Algérie. La plupart proviennent de différentes régions de Bejaia. Les échantillons ont été conservés à 4°C, dans des pots en plastique parfaitement étanches (Tableau II).

Tableau II : Les échantillons de miel analysés.

Echantillon de miel	Origine géographiques
M1	Ibakouren (Amizour)
M2	Oued Ghir
M3	Tazmalt
M4	Kharrata
M5	Toudja
M6	Tigzirt (Tizi Ouazou)
M7	Sidi Aiche
M8	Tizi Ouazou
M9	Isser (Boumérdes)
M10	Lakhdaria (Bouira)
M11	Tizi Ouzou (Iakouren)

I.2. Réactifs et appareils utilisés

La plus part des réactifs utilisés provient des Biochem-chemopharma, tandis que les appareils utilisés sont regroupés dans le tableau III.

Tableau III : Les appareils utilisés lors des analyses.

Appareils	Fabricant	Pays de fabrication
Spectroscopie UV-Visible	Biotech engeneering managment	Polski-polonais
Réfractomètre	Shmidth-haenech	Allemagne
pH-mètre	Boeco	Allemagne
Four à moufle	Nabertherm	Allemagne
Conductimètre	HANNA instruments	Romanie

I.3. Analyse pollinique

Le protocole utilisé pour l'analyse pollinique des échantillons de miel, est celui préconisé par la commission internationale de botanique apicole (Louveaux *et al.*, 1978). 10 g de miel sont dissouts dans 20 ml d'eau distillée. La solution est centrifugée à 3000 Tours /min. Le surnageant est éliminé et le culot obtenu est redissouts dans 10 ml d'eau et centrifugé dans les mêmes conditions. Le culot récupéré est étalé sur une lame en verre puis séché à l'étuve. Après séchage, les lames sont recouvertes de gélatine glycinée et l'examen est fait au microscope photonique. Cet appareil est couplé à un ordinateur permettant le traitement des images. L'analyse qualitative est réalisée sur deux aliquotes de 100 µl de sédiment. Un minimum de 100 grains de pollen est identifié et quantifié en utilisant un microscope photonique au grossissement x 400 (objectif x40 et oculaire x10). Les résultats ont été exprimés en pourcentages de chaque types de pollen et divisés en différentes classes : Les pollens dominants (plus de 45 %), les pollens d'accompagnement (entre 15 et 45 %), les pollens minoritaires (entre 15 et 3 %) et les pollens très minoritaires (< 3 %).

I.4. Analyse de quelques paramètres physico-chimiques

I.4.1. Humidité

La détermination de la teneur en eau du miel est basée sur la mesure optique de l'indice de réfraction, selon la méthode rapportée par Bogdanov *et al.*, (1999). Quelques grammes de miel sont introduits dans un tube, ce dernier est placé au bain marie à 50°C jusqu'à dissolution des cristaux de sucre. Après une agitation et un refroidissement à température ambiante, une goutte de miel est déposée sur le prisme du réfractomètre et l'indice de réfraction est lu après deux minutes, la détermination de la teneur en eau est obtenue par correspondance à la table de CHATAWAY (Annexe 2, Tableau I).

I.4.2. pH et Acidité

La détermination du pH et de l'acidité du miel est réalisée selon la méthode du Journal Officielle Français (1977). Le pH est mesuré à l'aide d'un pH- mètre sur une solution de miel dans de l'eau distillée à 10 %, tandis que l'acidité libre du miel est mesurée comme suit :

Cinq (5) grammes de miel sont dissous dans de l'eau distillée chaude, la solution est transférée dans une fiole jaugée de 50 ml, puis le volume est ajusté avec de l'eau distillée. 25 ml de cette solution sont prélevés et ils sont dosés potentiométriquement avec une

solution de NaOH (0,05N) jusqu'à atteindre un pH de 8,5 à 9. Les résultats sont exprimés comme suit :

$$\text{Acidité libre (milliéquivalents/kg de miel)} = \frac{1000 \times V \times N}{M}$$

M : Prise d'essai (g).

V : Volume de NaOH nécessaire pour atteindre le point équivalent.

N : Normalité de NaOH (0.05N).

Lorsque le pH atteint le point d'équivalence, un dosage en retour avec de l'acide sulfurique (0,05N) est opéré après avoir additionné la solution de soude restant des 10 ml afin de quantifier l'acidité combinée, Les résultats sont exprimés comme suit :

$$\text{Acidité combinée (milliéquivalents/kg de miel)} = \frac{1000 \times ((10 - V) \times N - 0.05v)}{M}$$

M : Prise d'essai (g).

V : Volume de NaOH nécessaire pour atteindre le point équivalent.

N : Normalité de NaOH.

v : Volume de l'acide sulfurique (0.05N) nécessaire pour obtenir le pH du point d'équivalent.

L'Acidité totale est obtenue en additionnant l'acidité libre et l'acidité liée.

I.4.3. Cendres

La teneur en cendres du miel est réalisée selon la méthode du Journal Officiel Français (1977) et de Bogdanov (1999). Trois grammes de miel sont pesés dans une capsule puis incinérée dans un four à moufle à 625 °C jusqu'à obtention de cendres de couleur blanchâtre. Après refroidissement au dessiccateur, la capsule contenant les cendres est pesée, puis les cendres sont écartées et la capsule vide est repesée. La teneur en cendres (W) est calculée selon la formule suivante :

$$W \text{ (g/100g de miel)} = \frac{M_1 - M_2}{M_0} \times 100$$

M₀ (g) : Prise d'essai.

M₁ (g) : Poids de la capsule avec cendres.

M₂ (g) : Poids de la capsule vide après incinération.

I.4.4. Conductivité électrique

Selon la méthode du Journal Officiel Français (1977), la conductivité électrique du miel est mesurée sur une solution de miel à 20 % de matière sèche. Une masse de miel équivalente à $M = 5 \times 100/MS$ (où MS est la teneur du miel en matière sèche), est dissoute dans de l'eau distillée et le volume est ajusté à 25 ml. La cellule du conductimètre est introduite dans la solution de miel et la valeur de la conductivité électrique est lue sur l'appareil à 20° C.

I.4.5. Couleur

La détermination de l'intensité de la couleur du miel s'est faite selon la méthode rapportée par Bath et Singh (1999). Une masse de 1,25g de miel est dissoute dans 5 ml d'eau distillée légèrement chauffée, la solution est ensuite filtrée à travers un papier filtre et l'absorbance est lue à 420 nm.

I.4.6. HMF

La teneur en HMF du miel est déterminée selon la méthode de Bogdanov (2002). 5 g de miel sont dissous dans 25 ml d'eau distillée. La solution est homogénéisée avec 0,5 ml de solution de carrez I (hexacyanoferrate de potassium à 15 %) et 0,5 ml de solution de carrez II (acétate de zinc à 30 %). Le mélange est transféré dans une fiole de 50 ml, puis le volume est ajusté au trait de jauge avec de l'eau distillée. Après une filtration sur papier, les premiers 10 ml sont écartés. 5 ml du filtrat obtenu sont introduits dans un premier tube à essai puis additionné de 5ml d'eau distillée (tube analyse). Dans un deuxième tube à essai, 5 ml de sulfite de sodium à 0,2 % sont ajoutés à 5 ml du filtrat obtenu (tube de référence). Après une agitation, la lecture des absorbances est faite à 284 nm et 336 nm. La teneur en HMF est calculée selon la formule suivante :

$$HMF (mg/Kg \text{ de Miel}) = \frac{(A_{284} - A_{336}) \times 149,7 \times 5}{P}$$

A_{284} : Absorbance à 284nm.

A_{336} : Absorbance à 336nm.

149,7: Constante

P: Prise d'essai

I.4.7. protéines

Un volume de 0,1 ml de solution de miel à 50 % est homogénéisé avec 5 ml du réactif de Bradford (Annexe 3). Après 2 min, l'absorbance est mesurée à 595 nm. Les résultats

sont déterminés par référence à une courbe d'étalonnage réalisée avec la sérumbalbumine bovine (Annexe 4, Figure 1) (Bradford, 1976).

I.4.8. proline

La concentration en proline est déterminée selon la méthode de Bogdanov (2002). Un millilitre d'acide formique et 1 ml de ninhydrine (3 %) sont additionnés à un tube contenant 0,5 ml d'échantillon de miel à 5 % et à trois autres tubes contenant 0,5 ml de solution standard de proline (annexe 3). Après agitation pendant 15 min, les tubes sont placés au bain marie à 95 °C pendant 15 min, puis transférés dans un autre bain marie à 70 °C. Après 10 min, 5 ml de 2-propanol (50 %) sont additionnés à chaque tube. L'absorbance est lue à 510 nm et la teneur en proline est obtenue selon la formule suivante :

$$\text{Proline (mg / Kg de miel)} = \frac{E \times E_1 \times 80}{E_a \times E_2}$$

E : Absorbance de l'échantillon de miel.

E2 : Quantité de miel (Kg)

E1 : mg de proline pour la solution standard.

80 : Facteur de dilution.

Ea : Absorbance de la solution standard de la proline

I.5. Dosage des agents antioxydants

I.5.1. Composés phénoliques

La teneur en phénols est déterminée selon la méthode de Ribéreau-Gayon *et al.*, (1982). Cette dernière est basée sur la réduction du réactif de Folin-Ciocalteu par les composés phénoliques contenus dans le miel.

100 µl d'une solution de miel (10 %) ont été mélangés avec 100 µl du réactif de Folin-Ciocalteu (10%), puis incubé à l'obscurité pendant 3 min, une solution de carbonate de sodium (2, 2 ml, 2%) est ensuite ajoutée. Après 30 minutes, l'absorbance a été mesurée à 720 nm. Une courbe d'étalonnage réalisée avec l'acide gallique (Annexe 4, Figure 2) a permis de déterminer la quantité des phénols totaux, les résultats sont exprimés en mg d'équivalent acide gallique /100 g de miel.

I.5.2. Flavonoïdes totaux

La teneur de flavonoïdes est déterminée selon Ordenez *et al.* (2006). Cette méthode est basée sur la formation du complexe flavonoïde-aluminium avec un maximum d'absorption à 420 nm. Un volume de 1 ml de miel (5%) est mélangé avec 1 ml de solution méthanolique de chlorure d'aluminium (2%). La solution est incubée pendant 10 min à température

ambiante, l'absorbance est ensuite mesurée à 420 nm. La quercétine a été utilisée comme standard pour réaliser la courbe d'étalonnage qui a permis de quantifier les flavonoïdes (Annexe 4, Figure 3). Les résultats sont exprimés en mg d'équivalente quercétine par 100 g de miel.

I.5.3. Activité anti-radicalaire

Cette méthode est basée sur la mesure de la capacité des antioxydants à piéger le radical DPPH. En effet, le DPPH se caractérise par sa capacité à produire des radicaux libres stables. Cette stabilité est due à la délocalisation des électrons libres au sein de la molécule. La présence de ces radicaux DPPH donne lieu à une coloration violette foncée de la solution, qui absorbe aux environs de 517 nm. La réduction des radicaux DPPH par un agent antioxydant entraîne une décoloration de la solution.

L'évaluation de la capacité antioxydante est réalisée en mélangeant 1,5 ml d'une solution méthanolique de DPPH (0,02 mg/ml) avec 0,75 ml de solution de miel (0,04-0,08-0,12 g/ml). Le mélange obtenu est ensuite gardé à l'abri de la lumière à température ambiante pendant 15 min. Puis l'absorbance est mesurée à 517 nm. Un témoin est réalisé en parallèle en remplaçant l'échantillon par l'eau distillé (Meda *et al.*, 2005).

L'absorbance est mesurée à 517 nm et le pourcentage réduction du DPPH (% Red) est calculé suivant la formule suivante :

$$\% \text{ Red} = \frac{(Abs_T - Abs_E) \times 100}{Abs_T}$$

Abs_E: Absorbance de l'échantillon.

Abs_T: Absorbance du témoin.

I.7. Analyses statistique

Les paramètres de la statistique descriptive (moyenne et écarts types) ont été calculés à l'aide du programme Microsoft Excel 2010. Toutes les données obtenues sont la moyenne de 3 essais à l'exception de l'acidité, les cendres, les courbes de l'acidité ont été réalisées à l'aide du logiciel origine pro8.1portable.

Une analyse de la variance, le test LSD (La plus petites différence significative) a été appliqué à l'aide du logiciel STATITISTICA 5.5 afin de mettre en évidence les différences significatives au seuil $p < 0,05$ entre les échantillons pour chaque paramètre.

Les résultats sont classées par ordre croissant : a<b<c<d<e<f<g<h<i<j<k ... Les valeurs obtenues portant la même lettre ne présentent aucune différence du point de vue statistique et les barre verticale représentent les écarts types.

Résultats

et

Résultats
Discussions

II. Résultats et discussions

II.1 Analyses polliniques

L'analyse pollinique des miels donne une information précise sur les principales plantes mellifères et permet de caractériser les miels par leur origine botanique ou géographique (Tableau IV).

Selon les recommandations de Louveaux *et al.* (1978) les pollens identifier ont été classé selon leur fréquence pollinique dans les catégories suivantes: pollen dominant (>45) ; pollen accompagnateur (16 - 45%) ; pollen minoritaire (3-15%) ; pollen très minoritaire (<3%).

Vingt-deux taxons ont été identifiés dans les 11 échantillons de miels. La fréquence de distribution des taxons est représentée dans le tableau V, Ainsi 03 taxons sont dominants, 03 sont d'accompagnement, 08 sont minoritaires et 08 taxons sont très minoritaires.

Selon Telleria (1988), les différences dans la teneur en pollen des échantillons provenant de diverses régions pourraient être dues aux différences de conditions édaphiques.

Les taxons de pollens identifiés dans l'ensemble des onze (11) échantillons, qui représentent les quatre classes de fréquence pollinique, sont illustrés dans le tableau V.

L'analyse des spectres polliniques met en évidence la dominance de la famille *Fabaceae* (figure 3) renfermant les genres *hedisarum*, *genista*, *Trifolium*, *melilotus* et *lotus*.

En effet, Ces types de pollen ont été identifiés avec une fréquence de plus de 45% (entre 62% à 90%) dans le cas des échantillons M4, M6, M7 et M8. Deux autres types de pollen (*Erica* et *Eucalyptus*) ont été identifiés en tant que pollens dominants dans les échantillons M5 et M10, respectivement et cela a des taux respectifs de 67 % et 55%. Le reste des échantillons (M1, M2, M3 et M11) ont été classés en tant que miels Multifloraux, sans dominance pollinique apparente. Ils contiennent des pollens secondaires constitués de 1 à 3 taxons maximum avec des fréquences polliniques entre 16 et 45 %. Pour le reste des taxons, leurs pollens se répartissent dans les deux classes de fréquences polliniques à pollens minoritaires et très minoritaires.

Les miels polyfloraux sont dépourvus de pollen dominant et renferment des pollens d'accompagnement dont *Echium* (M01), *Eucalyptus* (M03, M02), *Quercus* (M09), *Erica* (M11) et *Fabaceae* (M01, M03, M09 et M11). Selon Ouchemoukh (2012), la présence de miel polyfloraux peut s'expliquer par l'absence des monocultures à grande échelle dans les wilayas ou la récolte est effectuée et par le manque de formation des apicultures sur les techniques apicoles.

Le travail réalisé par Chefrour *et al.*(2009) au niveau de la zone nord est de l'Algérie a montré que *Asteraceae*, *Rosaceae* et *Apiaceae*, sont les familles les plus représentées en taxons mellifères, et le pollen d'eucalyptus se trouve dans presque tous les échantillons.

La composition de pollen dépend fortement de l'origine végétale et géographique, ainsi qu'avec d'autres facteurs tels que les conditions climatiques, le type de sol, et l'activité de l'apiculteur (Ait Abderrahim *et al.*, 2015). Selon Lobreau-Callen *et al.*(1986), les abeilles sélectionnent en priorité les fleurs en fonction de leur production nectarifère.

Cette différence de diversité taxonomique peut s'expliquer par le nombre d'échantillons analysés, leur période de récolte et la diversité floristique.

Selon Tossou *et al.* (2011), les miels peuvent être aussi repartis en trois classes en fonction de la richesse spécifique, la classe des miels pauvres en espèces (moins de 5 taxons) représente 9,09 % des échantillons analyses ; c'est le miel de Tizi Ouazou (M8), la deuxième classe (entre 5 et 15 taxons) un nombre moyen d'espèces regroupe le reste des échantillons de miels, soit 90,91%. La dernière classe est celle des échantillons de miel riches en espèces (plus de 15 taxons).

Tableau IV: Origine botanique des miels analysé.

Echantillon de miel	Origine	Origine botanique (nom latin/nom français)
M1	Ibakouren (Amizour)	Multifloral
M2	Oued Ghir	Multifloral
M3	Tazmalt	Multifloral
M4	Kharrata	<i>Fabaceae</i>
M5	Toudja	<i>Erica arborea</i> (Bruyère blanche)
M6	Tigzirt (Tizi Ouazou)	<i>Fabaceae</i>
M7	Sidi Aiche	<i>Fabaceae</i>
M8	Tizi Ouazou	<i>Fabaceae</i>
M9	Isser (Boumérdes)	Multifloral
M10	Lakhdaria (Bouira)	<i>Eucalyptus</i>
M11	Tizi Ouzou (Iakouren)	Multifloral

Tableau V: Spectres polliniques et pourcentages de pollens des miels analysés.

Echantillon	Pollens D (>45%)	Pollens A (16-45%)	Pollens M (3-15%)	Pollens TM	Origine botanique
M01	Absence	<i>Echium</i> 38%, <i>Fabaceae</i> (<i>genista</i> , <i>trifolium</i> , <i>melilotus</i>) 15%, <i>Eucalyptus</i>	<i>Asteraceae</i> (<i>cardus</i> , <i>taraxacum</i> , <i>anthemis</i>) 5%, <i>Cistaceae</i> 8%, <i>Lamiaceae</i> (<i>type lavendula</i>) 3%	<i>Erica</i> 2%	Multifloral
M02	<i>Fabaceae</i> (<i>hedisarum</i> , <i>genista</i> , <i>trifolium</i>) 42%	<i>Cistaceae</i> 20 %, <i>Eucalyptus</i> 20%	<i>Apiaceae</i> 4%, <i>Quercus</i> 4%	<i>Brassicaceae</i> , <i>Erica</i> , <i>Carduus</i> , <i>Olea</i> , <i>Echium</i>	
M03	Absence	<i>Eucalyptus</i> 40% <i>Fabaceae</i> (<i>melilotus</i> , <i>vicia</i>) 25%	<i>Carduus</i> 4%, <i>Apiaceae</i> 5%, <i>Liliaceae</i> (<i>muscari</i>) 7%, <i>Lamiaceae</i> 6%, <i>Quercus</i> 5%	<i>Rosmarinus</i> , <i>olea</i> , <i>Echium</i>	
M04	<i>Fabaceae</i> (<i>hedisarum</i> , <i>genista</i> , <i>trifolium</i>) 62%	Absence	<i>Poaceae</i> 4%, <i>Cistaceae</i> 12%, <i>Quercus</i> 5%	<i>Brassicaceae</i> , <i>Anthemis</i>	<i>Fabaceae</i>
M05	<i>Erica</i> 67%	Absent	<i>Eucalyptus</i> 8%, <i>Borago</i> 11%, <i>Euphorbia</i> 14%	<i>Cistaceae</i> , <i>Echium</i>	<i>Erica arborea</i> (Bruyère blanche)
M06	<i>Fabaceae</i> (<i>melilotus</i> , <i>trifolium</i> , <i>lotus</i> , <i>genista</i>) 67%	Absence	Absence	<i>Cardius</i> , <i>Helianthus</i> , <i>Cistaceae</i> , <i>Erica</i> , <i>Echium</i> .	<i>Fabaceae</i>

A suivre

Suite de tableau V

M07	<i>Fabaceae (hedisarum, melilotus, genista)</i> 50%	<i>Erica</i> 19%	<i>Asteraceae (helianthus, carduus)</i> 5%, <i>Cistaceae</i> 8%, <i>Quercus</i> 4%, <i>Eucalyptus</i> 10%	<i>Lamiaceae (type thymus), Poaceae</i>	<i>Fabaceae</i>
M08	<i>Fabaceae</i> 90%	Absence	<i>Apiaceae</i> 4%	<i>Echium, Cistaceae, Erica</i>	<i>Fabaceae</i>
M09	Absence	<i>Fabaceae</i> 20%, <i>Brassicaceae</i> 17%, <i>Quercus</i> 27%	<i>Asteraceae</i> 7%, <i>Eucalyptus</i> 14%, <i>Cistaceae</i> 14%	<i>Apiaceae</i>	Multifloral
M10	<i>Eucalyptus</i> 55%	Absence	<i>chium</i> 7%, <i>Tilia</i> 4%	<i>Helianthus, Acacia delbata, Apiaceae, Fabaceae,</i>	<i>Eucalyptus</i>
M11	Absence	<i>Erica</i> 37%, <i>Fabaceae</i> 32%,	<i>Cistaceae</i> 10%, <i>Lamiaceae</i> 5%, <i>Carduus</i> 4%, <i>Apiaceae</i> 4% <i>Carduus</i> 4%	Absence	Multifloral

Pollens D : pollens dominant, **Pollens A** : pollen d'accompagnement, **Pollen M** : pollen minoritaire, **Pollen TM** : pollen très minoritaires.

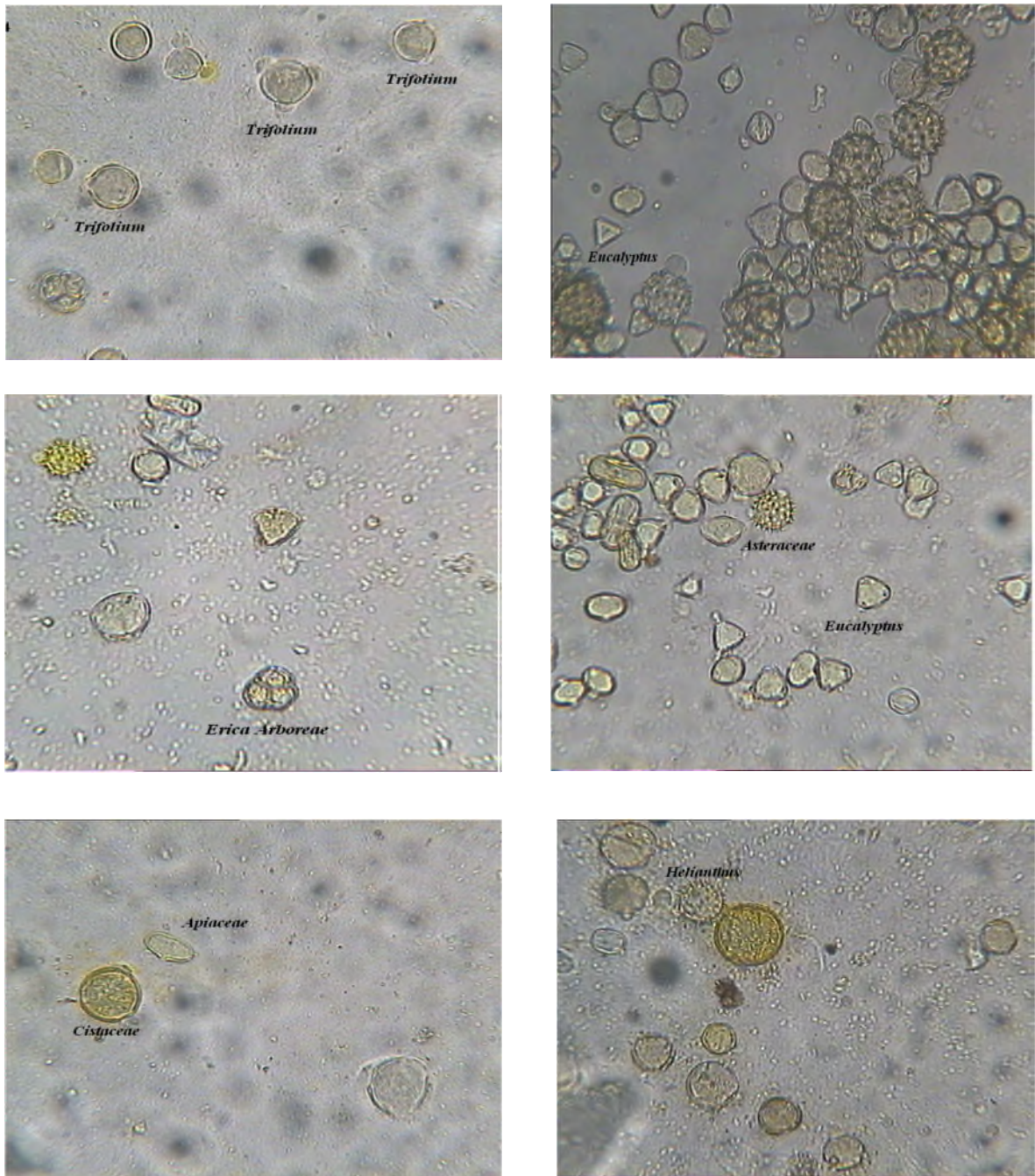


Figure 2 : Quelques photographies de pollens (Ouchemoukh, 2012)

II.2. Caractéristiques physico-chimiques

II.2.1. Humidité

La teneur en humidité est un élément important dans l'évaluation du degré de maturité du miel et de sa durée de vie. Généralement une quantité d'eau élevée provoque la fermentation du miel, la perte de sa saveur et de sa qualité. Elle pourrait aussi accélérer la cristallisation de certains types de miel et accroître son activité d'eau à des valeurs où certaines levures peuvent s'y développer. La fermentation du miel au cours du stockage est provoquée par l'action des levures osmotolérantes conduisant à la formation de l'alcool éthylique et du dioxyde de carbone (Doukani *et al.*, 2014).

Les échantillons analysés présentent une teneur inférieure à la limite maximale fixée par la commission européenne (2002) qui est de 20 %. Les valeurs enregistrées pour ce paramètre varient entre 16,14 et 19,54 % (Figure 3). Ce qui correspond respectivement à des indices de réfraction de 1,49625 et de 1,4963. Les échantillons de miel multif floraux (M1, M3, M2, M9, M11) présentent des différences significatives. Ces valeurs sont conformes aux résultats obtenus par Ouchemoukh (2012) pour des échantillons de mêmes régions.

L'humidité des échantillons de miel monofloraux de *Fabaceae* (M4, M6, M7, M8) présentent des différences significatives variant entre 16,14 et 17,44 %. L'échantillon M10 issue d'*Eucalyptus* enregistre une valeur de 16,38 %. Seul l'échantillon M5 d'*Erica arborea* (Bruyère blanche) a présenté un taux d'humidité élevé (19,54 %), Cet échantillon peut présenter un risque de fermentation, cependant elle reste conforme aux recommandations de Codex Alimentarius sur les miels de bruyère et trèfle qui a cité des valeurs inférieure à 23% un peu élevé par rapport aux autres miels. Boussaid *et al.* (2014) a également obtenu un résultat similaire sur des miels tunisiens (19,80 %).

La teneur en humidité du miel est un facteur limitant dans la détermination de la résistance, de la qualité, et de la stabilité de celui-ci. Plus la teneur en humidité est élevée, plus la probabilité que le miel fermente augmente lors du stockage (El Sohaimy *et al.*, 2015). La variation de l'humidité peut s'expliquer par la composition, l'origine florale, la force des colonies d'abeille, la méthode de récolte, ainsi que les conditions hygrométriques de la ruche (Ouchemoukh, 2012 ; Doukani *et al.*, 2014). Selon Chouia (2014), le miel est une solution de sucres sursaturée avec une faible activité de l'eau, ce qui signifie qu'il n'y a pas assez d'eau disponible pour soutenir la croissance des bactéries et levures.

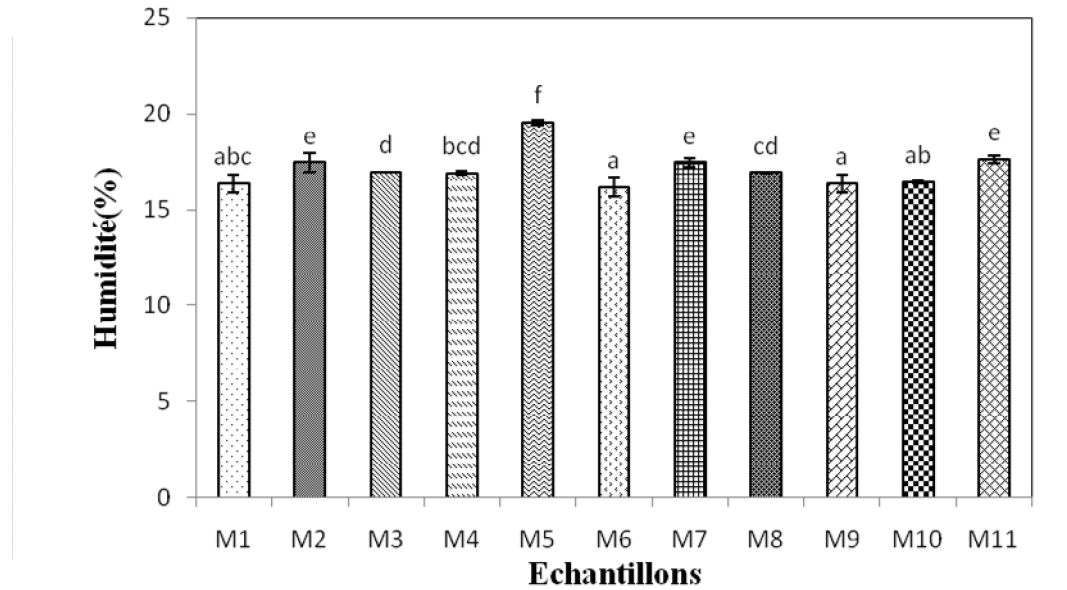


Figure 3 : Humidités des échantillons.

II.2.2. pH

Le pH ou le potentiel d'hydrogène est la mesure du coefficient caractérisant l'acidité d'un milieu, il représente la concentration des ions H^+ d'une solution (Nair, 2014). Un pH extrême révèle une dégradation biochimique du miel, suite à de mauvaises conditions de sa récolte ou de conservation (Yaiche *et al.*, 2014).

Comme la montre la figure 4, les valeurs du pH obtenues varient entre 3,64 (M6) et 4,02 (M5). Les pH des échantillons de miel multif floraux (M1, M2, M3 et M9) ne présentent pas de différences significatives, tandis que les échantillons de miel monofloraux présentent des différences significatives (M4, M5, M6, M7, M8, M10 et M11). Ces valeurs confirment le caractère acide du miel, ils sont similaires à ceux rapportés précédemment par Boussaid *et al.* (2014) sur des échantillons de Tunisie. En général, un faible pH du miel inhibe la croissance et la prolifération des micro-organismes.

Selon Achouri *et al.* (2015), tous les miels sont acides, avec des valeurs de pH généralement comprises entre 3,5 et 5,5, en raison de la présence d'acides organiques, tels que les acides gluconiques, pyruviques, maliques et citriques. Généralement, les miels de nectar ont un pH faible (de 3,3 à 4,0), tandis que les miels de miellat ont un pH un peu plus élevé (4,2 à 5,5) (Bogdanov *et al.*, 1995), cela confirme que nos échantillons avaient plutôt comme origine le nectar.

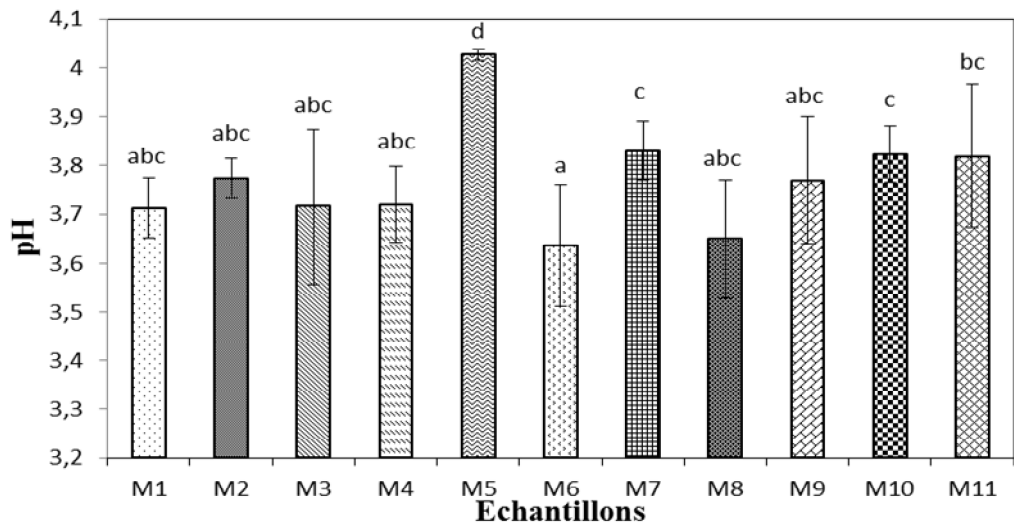


Figure 4: pH des échantillons du miel.

II.2.3. Acidité (Libre, combinée et totale)

La teneur en acides libres varie selon la variété du miel. Dans les miels de miellat, elle est généralement supérieure à celle des miels de fleurs, le dosage des acides libres du miel est également nécessaire pour l'évaluation de la fermentation. La norme européenne (2002), fixe pour le miel une valeur maximale de 50 méq/kg.

Le miel contient une large gamme d'acides issus pour certains du nectar directement, pour d'autres de réactions enzymatiques et de fermentations (Lequet, 2010). Elle est due particulièrement à l'acide gluconique et à quelques ions inorganiques comme les phosphates et les sulfates. Cette acidité est déterminée par le point d'équivalence où tous les acides ont réagi avec la soude (Ouchemoukh, 2012).

L'acidité libre des échantillons de miel étudiés présentent des teneurs allant de 2,5 à 17 méq/kg (Figure 5). La plus faible valeur est constatée avec l'échantillon M3, alors que les échantillons M7 et M9 présentent les valeurs les plus importantes, ce qui indique que ces derniers sont plus riches en acides organiques par rapport aux autres échantillons. Cependant, ces valeurs sont conformes aux normes de la directive de l'union européenne (2002), qui exige des valeurs inférieures à 50 méq/kg.

Selon Ajlouni *et al.* (2010), une acidité libre élevée peut être un indice d'une fermentation par des levures. En effet, au cours de la fermentation, le glucose et le fructose sont convertis en alcool, ce dernier est à son tour hydrolysé en présence d'oxygène et converti en acide acétique, ce qui contribue à l'augmentation de l'acidité libre.

L'acidité lactonique ou combinée est considérée comme l'acidité inverse lorsque le miel devient alcalin (Bettar *et al.*, 2015). Les valeurs obtenues pour cette acidité présentent

des différences significatives entre les types de miel, elles varient entre 66,5 et 85,5 méq/kg, la valeur la plus faible est enregistrée dans le cas de l'échantillon M7 et la plus élevée est obtenue avec l'échantillon M3. Ces résultats sont différents de ceux trouvés par Bettar *et al.* (2015) ayant analysé des miels de Maroc (0,5-16,65 méq/kg) et de ceux de Ouchemoukh (2012) (9,23-30,37 méq/kg). Ceci confirme l'idée de Cavia *et al.* (2007) qui témoigne que la teneur des lactones dans le miel est irrégulière.

L'acidité totale est la somme de l'acidité libre et liée, les valeurs obtenue présentent des différences significatives ($p < 0.05$), variant de 82,5 méq/kg (M10) à 92,5 méq/kg (M4). Le miel d'*eucalyptus* possède l'acidité totale la plus faible tandis que le miel de *fabaceae* provenant de Kherrata présente la valeur la plus élevé. Cet intervalle de valeurs est différent de celui obtenu par Ouchemoukh et portal. (2010) (3,5-33,5 méq/kg), Alqerni *et al.* (2012) rapporte que l'acidité totale est un indicateur de l'évolution du miel et la possibilité de la présence des alcools ou d'acide par les ferments lactiques.

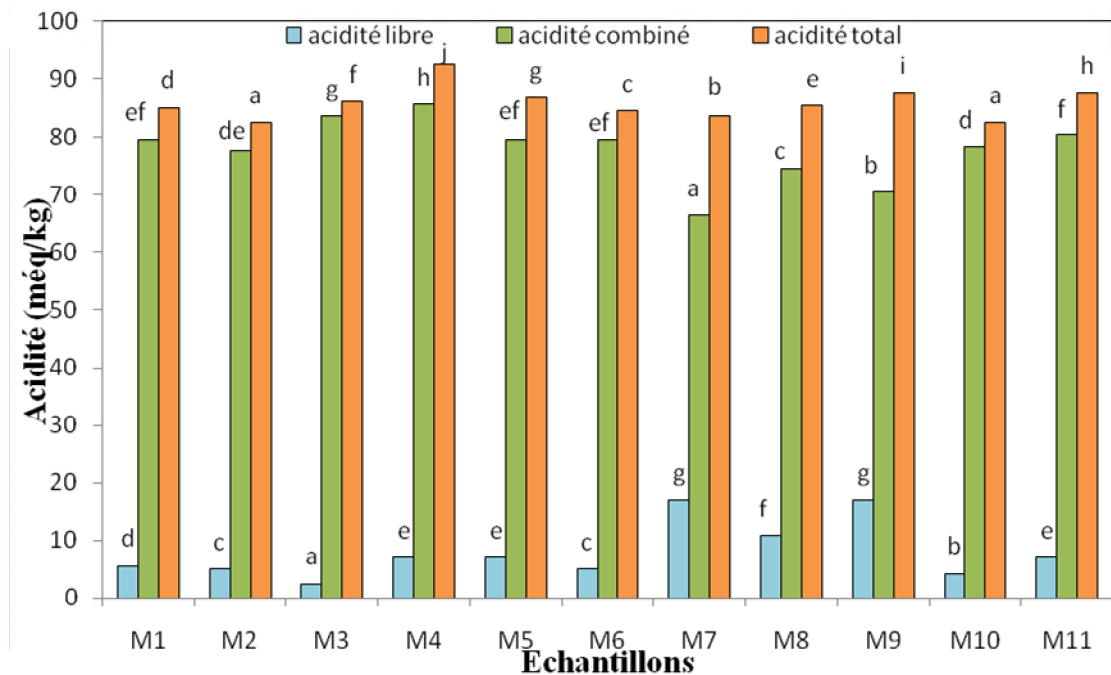


Figure 5: Acidités des échantillons de miels.

II.2.4. Cendres

La Teneur en cendres est un critère de qualité qui détermine l'origine botanique et géographique du miel (Belay *et al.*, 2013). La teneur en cendres des miels de nectar est plus faible que celle du miellat. En faite, les miels provenant du nectar ont une teneur en cendre ne dépassant pas 0,6 %, tandis que celle des miels de miellat ou mélangé avec du nectar, est comprise entre 0,6 et 1 % (Ouchemoukh, 2003). Ce paramètre est

principalement lié au climat et aux caractéristiques du sol (Oroian *et al.*, 2013; El Sohaimy, 2015). Il ressort que les miels de couleur marron sont plus riches en substances minérales que les miels de couleur jaune.

Les résultats obtenus sont significativement différents ($p < 0,05$), ils varient de 0 % (M3) et 0,493 % (M6) (Figure 6). L'échantillon présentant la teneur la plus élevée est le miel de *Fabaceae* provenant de Tizirt (Tizi Ouzou). Par ailleurs, l'échantillon multifloral (M3) présente la teneur la plus faible en cendres, cette différence peut être due à l'origine botanique et géographique.

Selon l'Union Européenne (2002), la teneur en cendres des miels de nectar ne dépasse pas 0,6 % et elle est comprise entre 0,6 et 1 % pour les miels de miellat ou mélangés à des miels de fleurs. Les échantillons de miel étudiés ont des teneurs en cendres inférieures à 0,6 %. De ce fait, les échantillons analysés sont susceptibles d'avoir comme origine le nectar. Ces valeurs sont similaires à celles obtenues par Mouhoubi (2007) qui a étudié quelques échantillons de mêmes régions.

Amri et Adjama (2013) rapportent que la variabilité de la teneur en minéraux du miel pourrait être due à des processus de récolte et les techniques de l'apiculture.

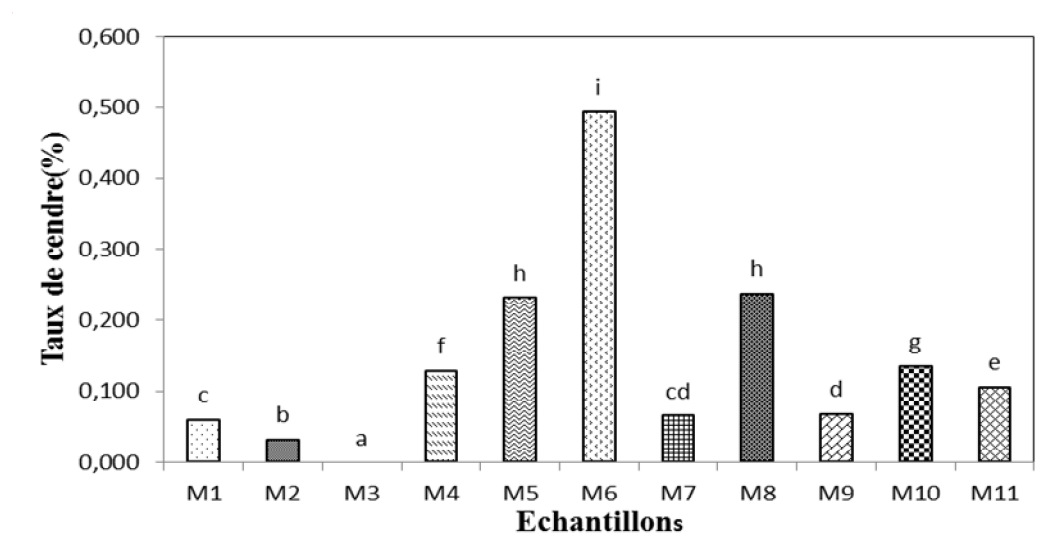


Figure 6: Teneur en cendres des échantillons de miel.

II.2.5 Conductivité électrique

La conductivité électrique représente un bon critère pour la détermination de l'origine botanique du miel, ce paramètre est très utilisé dans la classification des miels monofloraux. En général, les miels de nectar présentent des valeurs inférieures à 0,8

mS/cm. Des valeurs plus élevées sont généralement associées aux miels de miellat ou aux mélanges de nectar et de miellat (Mekious *et al.*, 2015), Cependant, la conductivité électrique seule ne suffit pas à une appellation florale (Amri, 2006).

Les valeurs obtenues pour la conductivité électrique présentent des différences significatives qui sont illustrées dans la figure 7, elles varient de 0,251 à 0,839 mS/cm. La majorité des échantillons ont des conductivités électriques qui ne dépassent pas 0,8 mS/cm, permettant ainsi de confirmer que les miels sont issus du nectar des fleurs. Les résultats obtenus sont similaires à ceux obtenus par Ouchemoukh (2012) et à ceux obtenus par Mekious *et al.* (2015).

Chefrour *et al.* (2009) signalent que la conductivité électrique du miel est étroitement liée à la concentration des sels minéraux, d'acides organiques et de protéines. Par ailleurs, AL (2009) a constaté une corrélation positive entre la conductivité électrique et la teneur en cendres du miel. Cependant, celle-ci n'apparaît pas dans le cas de nos échantillons.

D'après Chouia (2014), la conductivité est un meilleur moyen pour la détermination de l'origine botanique que la teneur en cendres. En effet, cette dernière est plus longue, coûteuse et comporte des erreurs plus élevées. De plus, la teneur en cendres représente une mesure directe de résidus inorganiques après carbonisation du miel, tandis que la conductivité électrique mesure toutes substances organiques et inorganiques.

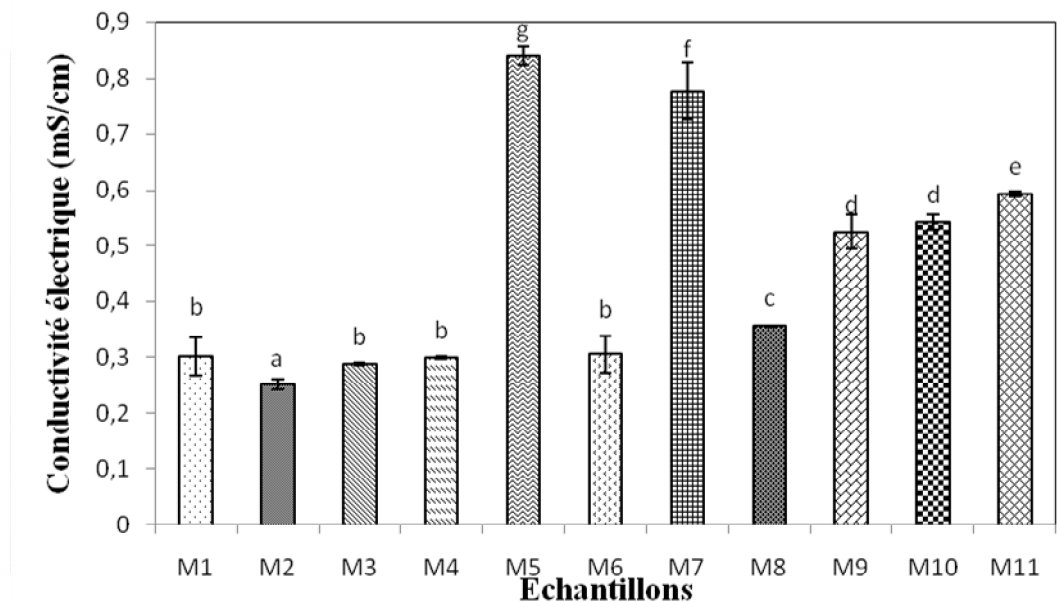


Figure 7: Conductivité électrique des miels analysés.

II.2.6. Couleur

La couleur du miel est un facteur qui détermine son acceptabilité par le consommateur, elle varie généralement du jaune clair à ambre foncé, et dans des cas extrêmes, certains

miels peuvent avoir une teinte noir. La classification par la couleur des miels monofloraux est très importante pour les activités commerciales (El Sohaimy *et al.*, 2015).

Les résultats obtenus pour ce paramètre présentent des variations significatives allant de 0,29 pour l'échantillon M7 à 1,87 pour l'échantillon M9 (Figure 8). Ces variations peuvent être expliquées par la différence dans l'origine botanique, la teneur en minéraux, ainsi qu'à d'autres substances tel que les caroténoïdes et les flavonoïdes, qui sont également connus pour leurs propriétés antioxydantes. Selon Mouhoubi (2007), la couleur du miel peut également refléter sa teneur en produits de la réaction de Maillard.

Les résultats obtenus se rapprochent de ceux obtenus par Serem et Bester. (2012) (0,320 à 2,160) pour des miels d'Afrique du sud, ainsi que de ceux de Saxena *et al.* (2010) (0,524 à 1,678) pour des miels indiens.

D'après Lequet (2010), un miel foncé est souvent associé à des arômes prononcés, alors qu'un miel clair possédera des arômes plus subtils. Cependant, la couleur d'un même miel peut varier selon son état liquide ou cristallisé. D'autre part, Zerrouk *et al.* (2011) ont signalé que cette propriété est liée à la teneur en sels minéraux, et à la couleur du pollen.

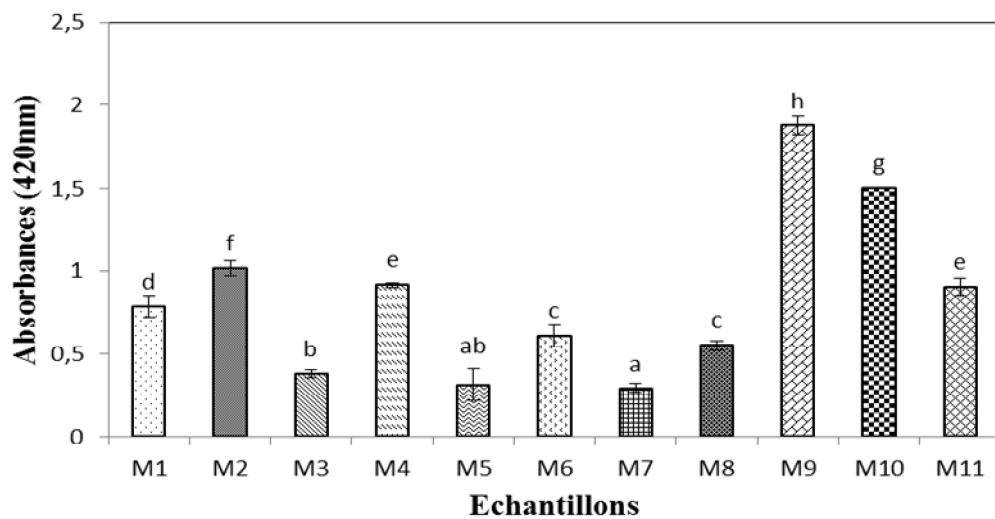


Figure 8: Couleur des miels analysés.

II.2.7. Hydroxyméthyle-5- Furfural (HMF)

L'HMF est un dérivé de déshydratation des sucres qui apparaît par réaction chimique naturelle lors du vieillissement ou du chauffage des miels. La dégradation des hexoses, en présence d'un acide, peut amener à la formation d'un dérivé hétérocyclique à fonction carbonylée qui est l'Hydroxyméthyl-5-furfural ou HMF (Rabeharifara, 2011). L'analyse de la quantité d'HMF est donc une excellente méthode pour apprécier le vieillissement du

miel et de son chauffage (Yaiche *et al.*, 2014). En effet, à la récolte, le miel n'en possède pas, mais le temps et la température favorisent sa formation. Tout comme l'acidité et la teneur en eau élevée (Rabeharifara, 2011).

La teneur en hydroxyméthylfurfural du miel ne doit pas dépasser 40 mg/kg. Toutefois, dans le cas des miels d'origine déclarée provenant de pays ou de régions où règnent des températures ambiantes tropicales, et des mélanges de ces miels, la teneur en HMF ne doit pas dépasser 80 mg/kg (Codex Alimentarius, 2001).

La figure 9 représente la teneur en HMF des échantillons de miel. Les résultats enregistrent des différences significatives ($p < 0,05$), ils montrent des valeurs qui varient de 0 pour l'échantillon M9 à 103,90 mg/kg pour l'échantillon M1.

Après l'analyse des résultats obtenus pour ce paramètre, nous avons constaté que les échantillons M3, M5, M6, M7, M9 et M11 ne présentaient pas de différences significatives, leur teneur en HMF est inférieure à la norme exigé par le Codex Alimentarius (40 mg/kg), tandis que les échantillons M1, M2, M4, M8 et M10 présentaient des différences significatives et leur teneur en HMF (43,01-103,90 mg/kg) est supérieur à la norme. Ceci peut être expliqué par le vieillissement de ces derniers.

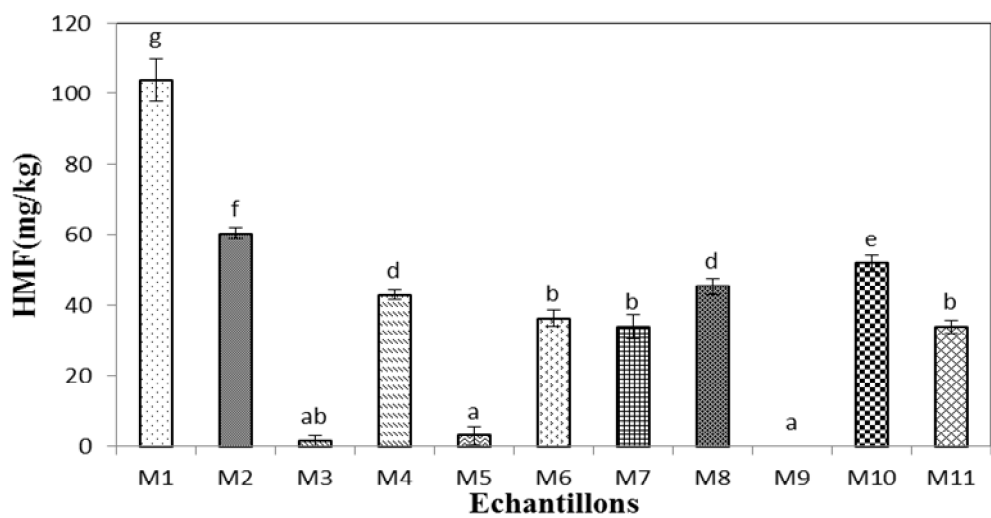


Figure 9: Teneur en HMF des miels analysés.

II.2.8. Protéine

Le dosage des protéines du miel est un caractère qui ne figure pas dans les normes internationales. Cependant, leur richesse donne une valeur nutritionnelle aux miels.

Les échantillons de miel ont des teneurs en protéines allant de 21,307 mg EBSA/100 g (M5) à 82,087 mg EBSA/100g (M2) (Fig 10), les échantillons M4, M7, M9 et M10 ne

présentent pas de différences significatives. Ces valeurs sont inférieures à celles obtenus par Mouhoubi (2007) pour quelques échantillons de miel algérien, et proche à celles de Alvarez-Suarez *et al.* (2010) sur le miel de Cuba (12-92,3 mg EBSA/100 g).

L'échantillon M2 présente la valeur la plus élevée qui peut être expliquée par la présence d'une concentration élevée en pollen. Cette richesse lui confère une valeur nutritionnelle élevée, Les différences observées peuvent être référées à l'origine botanique et le type de pollen.

Selon Saxena *et al.* (2010), la teneur en protéine ne doit pas dépasser 5 mg/g et nos résultats sont conformes à cette teneur. Cette dernière peut être attribuée à la présence des enzymes introduites par les abeilles, et aux autres dérivées telles que le nectar (Alvarez-Suarez *et al.*, 2010 ; Cimpoi *et al.*, 2013).

Il a été démontré que la richesse en protéines essentiellement en peptones, albumines, globulines et nucléoprotéines provenaient de la plante, et/ou de l'abeille (Amri *et al.*, 2007).

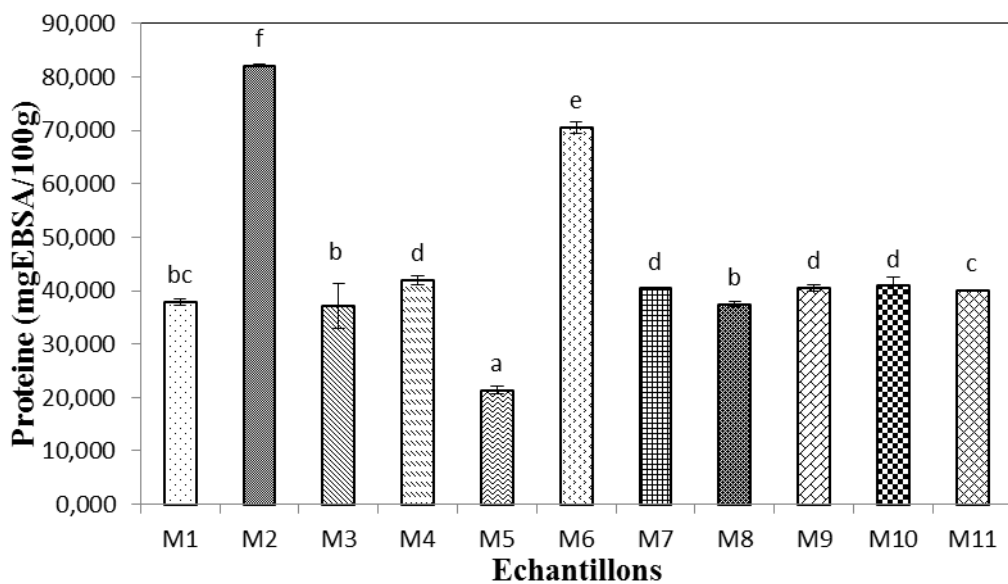


Figure 10 : Teneur en protéine des échantillons de miels.

II.2.9. Proline

La proline provient surtout des sécrétions salivaires des abeilles *Apis mellifera* durant la conversion du nectar en miel (Amri et Ladjama, 2013). La détermination de la teneur en proline donne des informations sur la maturité du miel et peut servir à détecter des falsifications (Amri *et al.*, 2007), Il est utilisé pour détecter les fraudes par ajout de sucres invertis aux miels. La teneur en proline varie naturellement dans un large intervalle mais

des taux plus bas que 183 mg/kg indiquent une anomalie (Mada *et al.*, 2005 ; Haderbache et Mohammedi, 2015).

La figure 11 présente les résultats des teneurs en proline. Ces dernières présentent des différences significatives ($p < 0,05$) et sont comprises entre 200,1 mg/kg (M8) et 923 mg/kg (M2). Tous les miels analysés possèdent des valeurs au-dessus de la valeur recommandée par Bogdanov *et al.* (1995) (180 mg/kg). Par conséquent, on peut supposer que ces miels sont mures et authentiques.

L'intervalle des valeurs obtenues est au dessous de celui rapportés par Ouchemoukh (2012) (302,33 à 1420,07 mg/kg) sur des miels algériens. Ceci peut être dû à la différence de l'origine botanique et à la force de la colonie d'abeilles.

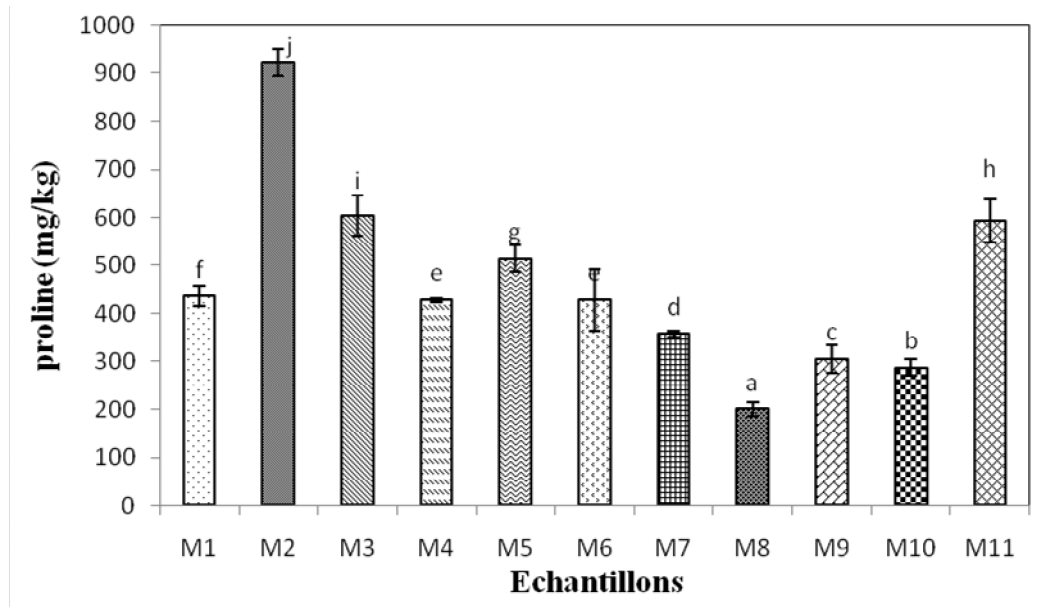


Figure 11: Teneur en proline des échantillons de miels.

II.3. Teneur en antioxydants

Les antioxydants sont des substances endogènes ou exogènes capables de neutraliser ou de réduire les dommages causés par les radicaux libres dans l'organisme. Le corps produit des antioxydants, et on les en trouve également dans plusieurs aliments. Les antioxydants permettent de faire en sorte que nos produits alimentaires conservent leur goût, leur couleur et demeurent longtemps comestibles (Doukani *et al.*, 2014).

II.3.1. Composés phénoliques totaux

La figure 12 montre le contenu total des phénols des échantillons de miel, la méthode utilisant le Folin Ciocalteu est largement utilisée pour évaluer les composés phénoliques totaux. Ce réactif est très sensible mais peut réagir avec d'autres composés réducteurs

non phénoliques et conduire à une surévaluation du contenu phénolique. En effet, d'autres substances réductrices telles que certains sucres et acides aminés pourraient interférer avec le test.

Tous les échantillons testés contiennent des teneurs en polyphénols, elles varient entre 17,11 et 48,23 mg EAG /100g. Sur la base des taux en ces composés, les échantillons sont classés selon l'ordre croissant : M6<M1<M8<M11<M4<M3<M10<M9<M7<M2<M5. Le miel de Tizirt (Tizi Ouazou) et Ibakouren (Amizour) enregistrent des teneurs faibles par rapport aux autres miels, tandis que le miel de Toudja *Erica arborea* (Bruyère blanche) enregistre la valeur la plus élevée (48,231 mg EAG /100g).

Ces résultats sont supérieurs à ceux obtenus par Mahaneem *et al.* (2010) sur l'échantillon malaisien $25,17 \pm 7,9$ (EAG /100g), et similaire aux ceux de Ferreira *et al.* (2016) sur des échantillons du Portugal [$22,616 \pm 0,22$ mg EAG /100g (miel clair) à $40,623 \pm 17,22$ mg EAG /100g (miel ambré)] et inférieur à ceux obtenues par Alzahrani *et al.* (2012) sur des échantillons de différentes origines botaniques et géographiques.

Selon Moniruzzaman *et al.* (2013), L'origine botanique du miel est la cause des variations de l'activité antioxydante, tandis que le traitement durant la manipulation et le stockage affecte l'activité antioxydante du miel à une certaine mesure seulement. D'autres parts, Doukani *et al.* (2014) rapporte que les espèces du miel provenant de différentes sources florales possèdent de fortes activités antioxydantes.

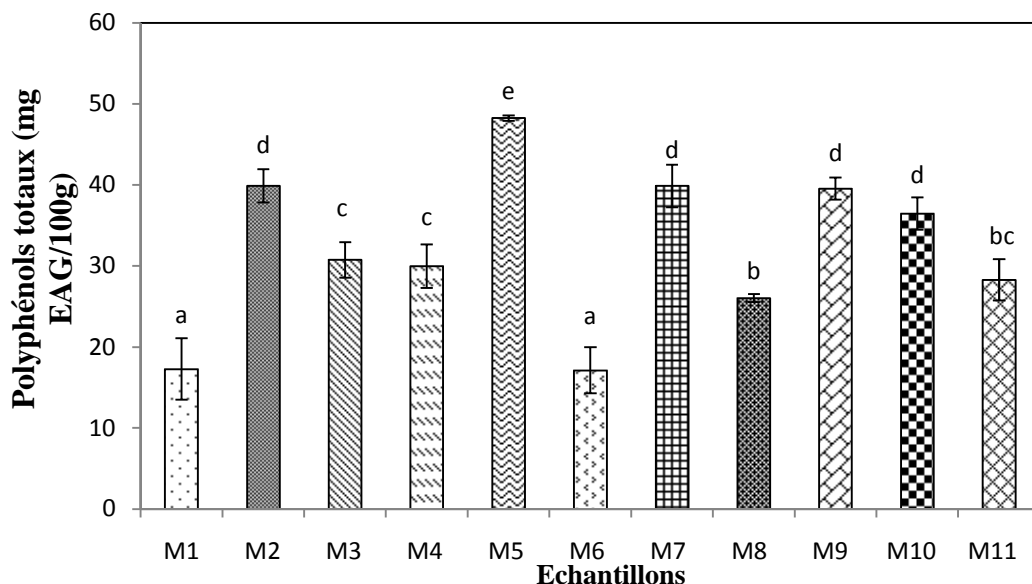


Figure 12: Teneurs en polyphénols des miels analysés.

II.3.2. Flavonoïdes totaux

Les flavonoïdes sont des molécules de bas poids moléculaire responsables de l'arôme et de l'activité antioxydante du miel. Les valeurs obtenues pour la teneur en flavonoïdes totaux des miels étudiés sont comprises entre 6,294 et 25,063 mg EQ/100g (Figure 13). L'échantillon M6 enregistre la valeur la plus faible, tandis que l'échantillon M5 enregistre la valeur la plus élevée, ce qui montre que l'activité antioxydante du miel varie largement en fonction de la source florale.

Nos résultats sont supérieurs à ceux obtenus par Moniruzzaman *et al.* (2013), et à ceux obtenus par Khalil *et al.* (2013) sur des échantillons Malaisien.

Doukani *et al.* (2014) ont montré que la concentration et le type de substances phénoliques dépendent de l'origine florale du miel ; ils sont les principaux facteurs responsables de l'activité biologique de miel. Ces mêmes auteurs rajoutent que dans le miel, la plupart des composés phénoliques sont sous forme de flavonoïdes dont la concentration dépend de divers facteurs, y compris des espèces végétales utilisées par les abeilles, la santé de la plante, la saison et les facteurs environnementaux. En règle générale, les miels les plus foncés, comme ceux issus du tournesol et du sarrasin, contiennent des quantités de flavonoïdes supérieures aux miels plus pâles. Ainsi, ils possèdent une plus grande capacité antioxydante (Doukani *et al.*, 2014).

Les échantillons de miel qui ont enregistré des teneurs élevées en polyphénols totaux ont montré également des teneurs élevées en flavonoïdes totaux ($R=0,83$). Ceci est normal car ces derniers sont des dérivés des polyphénols.

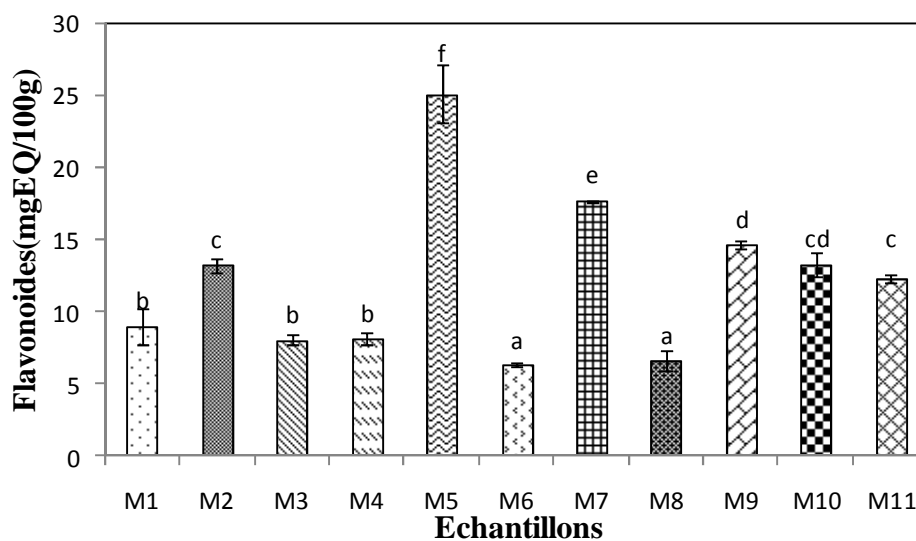


Figure 13: Teneurs en flavonoïdes des miels analysés.

II.3.3. Activité anti radicalaire

Le radical DPPH est l'un des substrats les plus utilisés pour l'évaluation rapide et directe de l'activité antioxydante, en raison de sa stabilité sous forme radicalaire et la simplicité de l'analyse. L'activité antioxydante est déterminée par la diminution de l'absorbance d'une solution alcoolique de DPPH, qui est due à sa réduction à une forme non radicalaire DPPH-H par les antioxydants donneurs d'hydrogènes présents dans les échantillons de miels (Doukani *et al.*, 2014).

Pour une concentration de 0,025 g/ml des échantillons de miel, le pourcentage de réduction varie de 7,439 % à 32,51 % (Figure 14). Cette variation est due à la différence dans la teneur en polyphénols totaux et aux autres composants qui ont une activité anti-radicalaire.

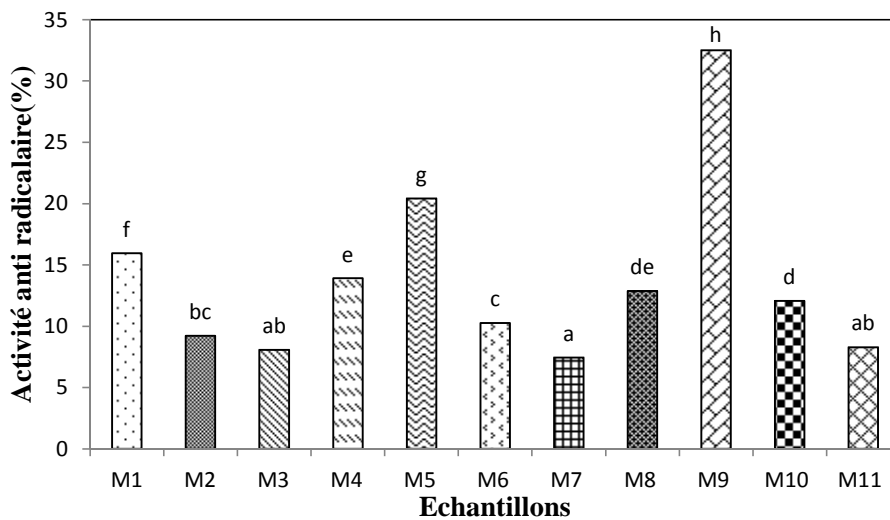


Figure 14: Activités anti radicalaires des miels analysés.

Conclusion

Conclusion

Le présent travail a eu comme objectif de déterminer l'origine botanique par l'analyse pollinique, d'étudier les caractéristiques physico-chimiques, la teneur en polyphénols ainsi que l'activité antiradicalaire de 11 échantillons de miels, dont la majorité est issus de Bejaia.

L'analyse pollinique, utilisée pour déterminer l'origine botanique des miels analysés, a montré la prédominance de 3 espèces monoflorales, dont un miel issu de la famille des *Myrtaceae* (M10), un miel issu de la famille d'*Ericaceae* (M5), et 4 miels issus de la famille *Fabaceae* (M4, M6, M7, M8). Le reste des échantillons appartiennent à des miels multif floraux sans prédominance pollinique.

La plus part des paramètres physico-chimiques étudiés répondent aux normes proposées par la commission du Codex Alimentarius. En effet, l'humidité des échantillons varient de 16,14 à 19,54 %, indiquant qu'ils sont murs. Leurs pH sont compris entre 3,64 et 4,02, laissant supposer que les échantillons analysés sont issus de nectar. L'acidité libre des miels étudiés présentent des teneurs allant de 2,5 à 17 méq/kg. Ces valeurs témoignent de l'absence de fermentation de ces échantillons. Les teneurs en cendres (0 - 0,493 %), les valeurs de la conductivité électrique (0,52 - 0,83 mS/cm), ainsi que de la couleur (0,29 - 1,87) confirment qu'il s'agit bien de miels issus de nectar. Les échantillons ont tous présenté des teneurs en proline supérieurs à 180 mg/kg, prouvant l'authenticité de ces derniers. Cependant, la teneur en HMF de certains échantillons (M1, M2, M4, M8, M10) excèdent la norme autorisée par le Codex Alimentarius (40 mg/kg). Ceci peut être le résultat de la longue durée de conservation des échantillons.

L'analyse des paramètres physico-chimiques est un bon moyen pour estimer la qualité du miel, souvent utilisé dans les contrôles de routine, Elles dépendent de divers facteurs tels que la saison de récolte, le degré de maturité atteint dans la ruche, les facteurs climatiques et l'origine botanique.

Concernant l'estimation de l'activité antioxydante, les miels étudiés sont caractérisés par une teneur considérable en composés phénoliques et en flavonoïdes, ce qui explique

leur pouvoir anti radicalaire. Par ailleurs, nous avons constaté une corrélation intéressante entre la concentration en composés phénolique du miel et la teneur en flavonoïdes.

L'étude de la Méliissopalynologie, des caractéristiques physicochimiques, et des composés phénoliques du miel mérite d'être poursuivie pour identifier et quantifier les composants biologiquement actifs, utilisées pour le traitement de plusieurs maladies.

Références



Bibliographiques

Références bibliographiques

A

- Achouri I., Aboussaleh Y., Sbaibi R., Chemissi H. et Bengueddour R . 2015. Comparaison de la qualité physicochimique du miel de *Ziziphussp* (Sider) et d'*Acacia sp* (Samar) consommés aux Émirats Arabes Unis (UAE). *International Journal of Innovation and Applied Studies. Innovative Space of Scientific Research Journals* .10:184 - 191.
- Acquarone C., Buera P. and Elizalde, B. 2007. Pattern of pH and electrical conductivity upon honey dilution as a complementary tool for discriminating geographical origin of honeys. *Rev.FoodChem.* pp.695–703.
- Ait Abderrahim L., Abdellah F .et Boukraâ L. 2015. The Importance of Botanical Origin for Api - products as Antibiotics. *Anti – Infective Agents*.13: 28 – 35.
- Ajlouni S .et Sujirapinyokul P. 2010. Hydroxymethylfurfuraldehyde and amylase contents in Australian honey. *Food Chem*.119:1000-1005.
- Al ML., Daniel D., Moise A., Bobis O., Laslo L.et Bogdanov S. 2009. Physico-chemical and bioactive properties of different floral origin honeys from Romania. *Food Chem*. 112: 863-867.
- Alphantery R. 2002. La route du miel. *Le Grand Livre des Abeilles et de l'Apiculture*, Edition Nathan. Paris. 288p.
- Alqarni A.S., Owayss A.A.et Mohamed A.A. 2012. Physicochemical characteristics, total phenols and pigments of national and international honeys in Saudi Arabia. *Arab. J. Chem.* (In press).
- Alvarez-Suarez JM., Tulipani S., Diaz D., Estevez Y., Romandini S., Giampieri F., Damiani E., Astolfi P., Bompadre S.et Battino M. 2010. Antioxidant and antimicrobial capacity of several monofloral Cuban honeys and their correlation with color. polyphenol content and other chemical compounds. *Food Chem. Toxicol.* 48: 2490-2499.
- Alzahrani H.A., Boukraâ L., Bellik Y., Abdellah F., Balkees A., Bakhotmah, Kolayli S. et Sahin H. 2012.Evaluation of the Antioxidant Activity of Three Varieties of Honey from Different Botanical and Geographical Origins. *Global Journal of Health Science*. 4,6: 191-196.
- Amri A. (2006). Evaluation physico-chimique et détermination de l'origine botanique de quelques variétés de miel produites à l'Est d'Algérie. Mémoire de Magistère

de Biologie en Biochimie Appliquée. Université Badji Mokhtar. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Annaba.51p.

- Amri A. et Ladjama A. 2013. Physicochemical characterization of some multifloral honeys from honeybees *Apis mellifera* collected in the Algerian northeast. African Journal of Food Science. 77 :168-173.
- Amri A., Adjama A. et Tahar A. 2007. Etude de quelques miels produits à l'est Algérien: Aspect physico-chimique et biochimique. Revue Synthèse .17 :57-63.
- Anklam E. 1998. A review of the analytical methods to determine the geographical and botanical origin of honey.Rev. FoodChem. 63. pp. 549–562.

B

- Barboni T. (2006). Contribution des méthodes de la chimie analytique à l'amélioration de la qualité de fruits et à la détermination de mécanismes EGE et du risque d'incendie. Thèse de Doctorat, Univ. Bretagne. 292p.
- Bath P.K .et Singh N. 1999. A comparison between *Helianthus annuus* and *Eucalyptus lanceolatus* honey. Food Chem. 67:389-397.
- Belay A., Solomon W K ,Bultossa G.,Adgaba N.et Melaku S. 2013 .Physicochemical properties of the Harena forest honey.Bale.Ethiopia .Food Chemistry 141:3386–3392.
- Bendahou H. et Hasnat N. 2005. Contribution à l'étude de l'influence de durée de conservation sur la qualité du miel dans la wilaya de Mascara ; Mémoire d'ingénieur en sciences alimentaires, centre universitaire de Mascara. 22-28p.
- Bettar I.M., Gonzalez-Miret L .,Hernanz D ., Marcon A ., Francisco J H .et Terrab A. 2015 . Characterization of Moroccan Spurge (*Euphorbia*) honeys by their physicochemical characteristics, mineral contents and colour.Arabian Journal of Chemistry,01.003. (In press)
- Biri M. 1986. L'élevage moderne des abeilles. Manuel pratique. Ed Devecchi.S.A. (Paris), 91p.
- Blanc M. (2010). Propriétés et usage médical des produits de la ruche. Thèse de doctorat, Univ. Limoges. 142p.
- Bogdanov S. 2002 . Harmonised methods of the international honey commission Swiss Bee Research Centre FAM, Liebefeld, CH-3003 Bern, Suisse.

- Bogdanov S., Bieri K., Figar M., Figueiredo V., Iff D., Känzig A., Stöckli H et Zürcher K. 1995 . Miel: définition et directives pour l'analyse et l'appréciation. Centre Suisse de Recherches Apicoles :1-26.
- Bogdanov S., Bieri K., Gremaud G., Iff D., Känzig A., Seiler K., Stöckli H. et Zürcher K. 2003. Produits apicoles. In : « Manuel suisse des denrées alimentaires ».Chapitre 23.
- Bogdanov S., Lüllman C., Martin P., Von Der Ohe W., Russmann H., Vorwohl G., Persano-Oddo L., Sabatini A.G., Marcazzan 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. et Vit P. 1999. Honey quality and international regulatory standards: review by the international honey commission. *Bee World*, 80(2): 61–69.
- Bogdanov S., Lullmann C. et Martin P. 2001. Qualité du miel et norme internationale relative au miel. Rapport de la commission internationale du miel. *Abeille Cie* N° 71-4. 2p.
- Bonté F., Saunois A. et Pinguet P. 2011. Existence of a lipid gradient in the upper stratum corneum and its possible biological significance. *Arch Dermatol Res*, vol.289. n° 2. pp. 78-82.
- Boussaid A., Chouaibi M., Rezig L., Hellal R., Donsi., Giovanna Ferrari F. et Hamdi S. 2014 . Physicochemical and bioactive properties of six honey samples from various floral origins from Tunisia, *Arabian Journal of Chemistry Arab. J. Chem.* (In press).
- Bradbear N. 2005 . Apiculture et moyens d'existence durables. Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. ISSN 1813-6001. Rome. 64p.
- Bradford M.M. 1976 . A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal Biochem.* 72:248-254.
- Bruneau E. 2009. Les produits de la ruche. In *Le traité rustica de l'apiculture*. Paris, Rustica. pp. 354-387.
- Bruneton J. 1999. *Pharmacognosie : photochimie, plantes médicinales*. Paris.

C

- Caillas A. 1947. *Les produits de la ruche. Le miel, la cire, le pollen*, 3° Edition. Chez l'auteur. Bois d'Arcy.

- Cavia M.M., Fernandez-Muino M. A., Alonso-Torre S.R., Huidobro J. F. et Sancho M.T. 2007 . Evolution of acidity of honeys from continental climates: Influence of induced granulation. *Food Chem.* 100:1728–1733.
- Chauvin R. 1987. Le miel. In « La ruche et l’homme ». Edition Calmann-Lévy : 27-76.
- Chefrou A., Draiaia R., Tahar A., Ait Kaki Y., Bennadja S. et Battesti M.J. 2009 .physicochemical characteristics and pollen spectrum of some north-east Algerian honeys. *9. 5 :1276-1293.*
- Cherbuliez T. et Domerego R. 2003. L’apithérapie : médecine des abeilles. Amyris. 254p.
- Chouia A. (2014) .Analyses polliniques et caractérisations des composés phénoliques du miel naturel de la région d’Ain zaâtout. mémoire de magistère de Biologie en Biologie appliquée, Faculté des Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la Vie, Université Mohamed Khider- Biskra, pp 59.
- Cimpoi C., Hosu A., Miclaus V. et Puscas A . 2013 .Determination of the floral origin of some Romanian honeys on the basis of physical and biochemical properties. *Spectrochimica Acta Part A.100 : 149–154.*
- Clément H., 2009. Guide des miels. Le traité rustica de l’apiculture. Paris, Rustica, pp 464-528.
- Codex Alimentarius . 2001 . Revised codex standard for honey. Codex standard 12-1981, Revue, 1(1987) .12, 1-10.

D

- Deschamps V.C. (1998). Production et commercialisation du miel. Thèse de doctorat vétérinaire. Université Paul Sabatier. Toulouse. 118p.
- Donadieu Y. 2008 . *La propolis*. Ed Dangles S.A .Paris.
- Donadieu Y. 1984 . *Le miel thérapeutique*. 2^{ème} Ed Maloine S.A .Paris. 28p.
- Donadieu Y. 1987. Le pollen thérapeutique naturelle.7^o Edition. Paris. Maloine edit.62p.
- Doukani K., Tabak S., Derriche A. et Hacini Z. 2014 .Etude physicochimique et phytochimique de quelques types de miels Algériens. *Revue Ecologie-Environnement* .10 :37-49.

E

- El Sohaimy S.A., Masry S.H.D .et Shehata G. 2015. Physico chemical characteristics of honey from different origins. *Annals of Agricultural Science*. 60.2 : 279–287.
- 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.

F

G

- Génèves L. 1993 .*Reproduction et développement des végétaux*. Ed Dunod.
- Gonnet M .et Vache G.1985. *Le goût du miel*. Edit.U.N.A.F. Paris. 146p.
- Gonnet M. 1982. *Le miel ; composition, propriétés, conservation*. INRA station expérimentale d'apiculture. pp 1-18.

H

- Haderbache L.et Mohammedi L. 2015 . quality of imported honeys marketed in Algeria. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*. 7(1): 139-149.
- Haliwell B. 2008. Are polyphenols antioxidants or pro-oxidants? What do we learn from cell culture and in vivo studies ? *Archives of Biochemistry and Biophysics* 476. pp.107-112.
- Huchet E., Coustel J. et Guinot L. 1996. *Les constituants chimiques du miel*. Méthode d'analyse chimique. Département de science et l'aliment. Ecole Nationale Supérieure des Industries Agricoles et Alimentaire. France. 16p.

I

J

- Jean-prost P. 1987 . *L'apiculture. Connaître l'abeille. Conduire le rucher*. 6^{ème} Édition Lavoisier.597p.
- Journal officiel de l'Union européenne . 2002. Directive 2001/110/ce du conseil relative au miel .12.1 :L10/47-10/52.
- journal officielle de la république française. (1977).*Méthodes officielles d'analyse du miel et des produits alimentaires au miel*.

K

- Khalil M I., Moniruzzaman M., Boukraâ L., Benhanifia M., Islam M.A., Islam M. N., Sulaiman S.A.et Gan S.H. 2012 . Physicochemical and antioxidant properties of Algerian honey. *Molecules*. 17(9) :11199–11215.
- Khan M.K. (2010). Polyphénols d’Agrumes flavanones: extraction de glycosides de la peau d’orange, synthèse de métabolites chez l’homme, glucuronides et étude physico-chimique de leur interaction avec le sérum albumine. Thèse de Doctorat. Univ. Marrakech, 169p.

L

- Laurent O. 2005 .Les bienfaits du miel. Edition De Vecchi S.A. 101p.
- Lequet Laudine. 2010 . du nectar a un miel de qualité : contrôles analytiques du miel et conseils pratiques a l’intention de l’apiculteur amateur, thèse de Docteur Vétérinaire, école nationale vétérinaire de Lyon, université Claude Bernard - Lyon I. n°085. 175p.
- Lobreau-Callen D., Darchen R.et Annick Le. T. 1986 . apport de la palynologie a la connaissance des relations abeilles/plantes en savanes arborées du Togo et du Benin *Apidologie*.17, (4) :279-306.
- Louveaux J. 1968. *Composition propriété et technologie du miel*. Les produits de la ruche, in *Traité de biologie de l'abeille*. Tome 03. Ed Masson et Cie. 389p.
- Louveaux J. 1985. Les abeilles et leur élevage .2^{ème} Edition OPIDA. 237p.
- Louveaux J., Maurizio A.et Vorwohl G. 1978 . Methods of melissopalynology. *Bee World*,59 : 139–157.

M

- Mahaneem M., Sirajudeen K.N.S.,Swamy M., Yaacob N.S et Siti Amrah S. 2010 .studies on the antioxidant properties of tualang honey of Malaysia.*Afr. J. Trad. CAM* .7 .1: 59 – 63.
- Meda A., Euloge C.L., Romito M., Millogo J.et Nacoulma OG. 2005. Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Fasan honey, as well as their radical scavenging activity. *Food Chemistry* 91: 571–577.

- Mekious S., Houmani Z., Bruneau E., Masseaux C., Guillet A. et Hance T. 2015 . Caractérisation des miels produits dans la région steppique de Djelfa en Algérie. *Biotechnol Agron Soc Environ.* 19 .3 :221-231.
- Moniruzzaman M., An C.Y., Rao P.V., Hawlader M.N., Amirah S., Bintimohd A., Sulaiman S.A et Gan S.H. 2014. Identification of phénolic acids and flavonoids in monofloral honey from Bangladech by High performance Liquid Chromatography: Determination of antioxidant capacity. Hindawi Publishing Corporation.1-13.
- Moniruzzaman M., Siti Amrah S., Siti Amirah M. A. et Siew H. G. 2013 .Two-Year Variations of Phenolics, Flavonoids and Antioxidant Contents in Acacia Honey. *Molecules.* 18:14694-14710.
- Moniruzzaman M., Sulaiman S.A., Khalil M.I .et GAN S. 2013. Evaluation of Physicochemical and antioxidant properties of sourwood and other Malaysian honeys: a comparison with manuka honey. *chemistry central journal*, 7:138p.
- Mouhoubi Z. 2007 . influence de température de conservation sur la qualité du miel: effet sur le pouvoir antioxydant.thèse de magister en science alimentaire ,département des science alimentaires, université Abderrahmane mira Bejaia.65p.

N

- Nacer Chergui S. 1994. Influence d'un biotope sur le rendement et la qualité d'un miel. Mémoire de fin d'études. Université de Mostaganem. pp14-15. pp23-25.
- Nair S.(2014) .Identification des plantes mellifères et analyses physicochimiques des miels Algériens , thèse de Doctorat en Biologie ,université d'Oran faculté des sciences de la nature et de la vie département de biologie.192p.
- Nkhili E.Z. (2009). Polyphénols de l'Alimentation : Extraction, Interactions avec les ions du Fer et du Cuivre, Oxydation et Pouvoir antioxydant. Thèse de Doctorat. Univ. Marrakech, 320p.

O

- Ordenez A. A. L., Gomez J. D., Vattuone M.A. et Isla M I. 2006 .Antioxydant activity of *Sechium edule* (Jacq) Swartz extracts. *Food Chemistry* .97:452-458.
- Oroian M.,Amariei S., Isabel Escriche.et He Gutt G. 2013 . Rheological Aspects of Spanish Honeys .*Food Bioprocess Technol* .6:228 –241.

- Ouchemoukh S. (2003). caractérisation physico-chimique d'échantillons de miel d'origine locale.thèse de magister en biolchimie-microbiologie.département de biologie physico-chimique,université Abderrahmane mira Bejaia.30p.
- Ouchemoukh S. (2012) .caractérisations physico-chimiques profils polliniques glucidiques et phénoliques et activité antioxydantes de miel algériens. Thèse de docteur en science .déprrtement de biologie physico-chimique,université Abderrahmane mira Bejaia.164p.
- Ouchemoukh S., Louaileche H. et Schweitzer P. 2007.Physicochemical characteristics and pollen spectrum of some Algerian honeys. Food Chemistry.18: pp 52-58.

P

- PHILLIPPE Jean Marie. 1991. La pollinisation des abeilles. Ed edisud la calade. 13090 Aix en Provence.
- PHILLIPPE Jean Marie. 1999. Le guide de l'apiculture. Ed Edisud la calade .13090 Aix en. Provence, pp 209-228.
- Portet B. (2007). Recherche bioguidée de molécules antipaludiques d'une plante guyanaise Piper hostmannianum var. Berbicense. Thèse de Doctorat. Univ.Toulouse.270p.
- Prior R.L et Cao G. 1999. In vivo total antioxidant capacity: comparison of different analytical methods. Free Radical Biology and Medecine 27, pp 1173-1181.

Q

- Querzi et Zuttum. 1997. Grand usuel Larousse dictionnaire encyclopédique. Ed Larousse Bourdas.

R

- Rabeharifara Z P. (2011) .Caractérisation alimentaire des miels malgaches en vue d'une authentification : cas des miels d'eucalyptus. Etudes approfondies de biochimie,département de biochimie fondamentale et appliquée, université d'Antananarivo faculté des sciences.67p.
- Ravazzi. G. 1996 . Cours d'apiculture. Ed Devacchi .S.A. Paris. 92p.
- Ribéreau-Gayon J., Peynaud E., Sudraud P. et Ribéreau-Gayon P. (1982) . Composés phénoliques. In «Traité d'œnologie, sciences et techniques du vin ». Edition Dunod, 477-499.

- Rossant A. et Desmouliere A. (2011). Le miel, un composé complexe aux propriétés surprenantes. 132 p. Thèse de Doctorat .Pharmacie. Limoges. Université de Limoges.
- Ruegg M. et Blanc B. 1981. The water activity of honey and related solutions, *Lebensmitt. Wiss. Technol.* 14. pp 1-6.

S

- Saxena S.,Gautam S.et Sharma A. 2010 . Physical, biochemical and antioxidant properties of some Indian honeys. *Food Chem.* 118:391-397.
- Scalbert A., Manach C., Moran C., Remesy C. et Jimenez L. 2005. Dietary polyphenols and the prevention of diseases. *Critical Reviews Food Science and Nutrition* 45: 287p.
- Schivre E. (2006) . L'abeille, ses produits de sécrétion et leurs utilisations thérapeutiques. Thèse de Doctorat. Université de Nancy . 73p.
- Serem J S.et Bester M. J. 2012 . Physicochemical properties, antioxidant activity and cellular protective effects of honeys from southern Africa. *Food Chem.* 133 : 1544–1550.

T

- Telleria M.C. 1988 .analyse pollinique des miels du nord-ouestde la province de buenosaires (république argentine) .19 :275-290.
- Terrab A., González A.G., Díez M.J. et Heredia F.J. 2003.Characterization of Moroccan uniforal honeys using multivariate analysis, *Rev, Europ Food Resea and Techn*, 218.pp 88–95.
- Tossou G.M., Yedomonhan H., Azokpota P.,Akpovi Akoegninou A., Doubogan P.et Akpagana K. 2011 . Analyse pollinique et caractérisation phytogéographique des miels vendus à Cotonou(Bénin),*Cah Agric.*20,8 :500-508.

V

V

- Vannier P. 1998.Au pays du miel, Flammarion. 159p.

W

- White J.W. 1979. Composition of Honey, Ed. Crane Honey: A Comprehensive Survey. Heinemann. London .pp 157–158.
- Wojdylo A., Oszmianski J. et Czemerys R. 2007. Antioxidant activity and phénolic compounds in 32 selected herbs. Food Chemistry 105: 940-949.

X

Y

- Yaiche A.H .et Khali M. 2014 . Composition physicochimique des miels algériens. Détermination des éléments traces et des éléments potentiellement toxiques Afrique science .10.2 :127 – 136.

Z

- Zerrouk S H., Fallico B. G., Arena E. N.,Ballistreri G. F.et Boughediri L.A. 2011 . Quality Evaluation of Some Honey from the Central Region of Algeria. Jordan Journal of Biological Sciences .4. 4: 243 - 248.

Reference électronique

_Anonyme, 2016: Accès Mai 2016.

www.recolte du miel.fr

Annexes

Annexe 1

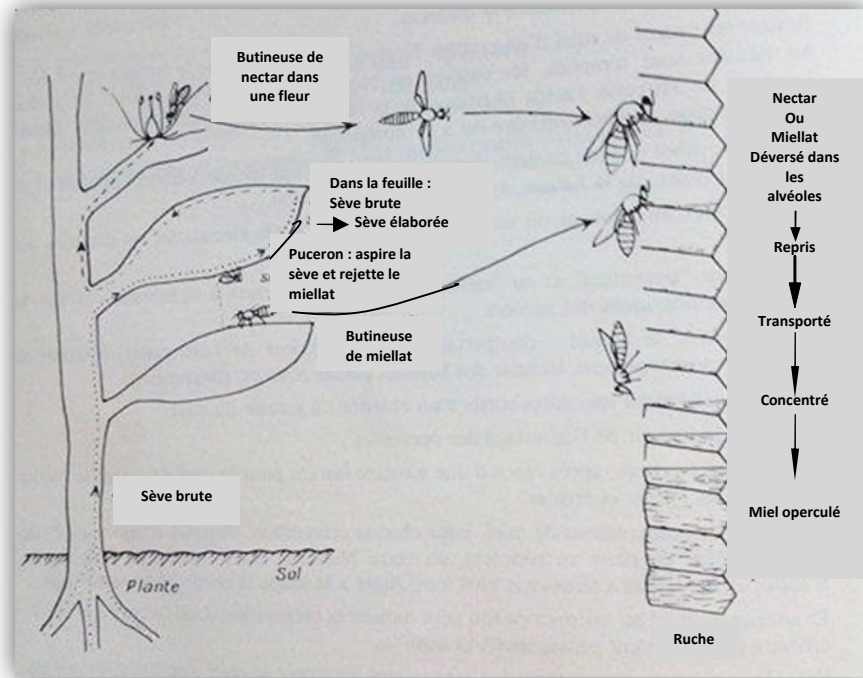


Figure 1: Origine du miel (Jean Prost, 1987)



Figure 2: Schéma illustrant les différentes étapes de la récolte du miel (Anonyme).

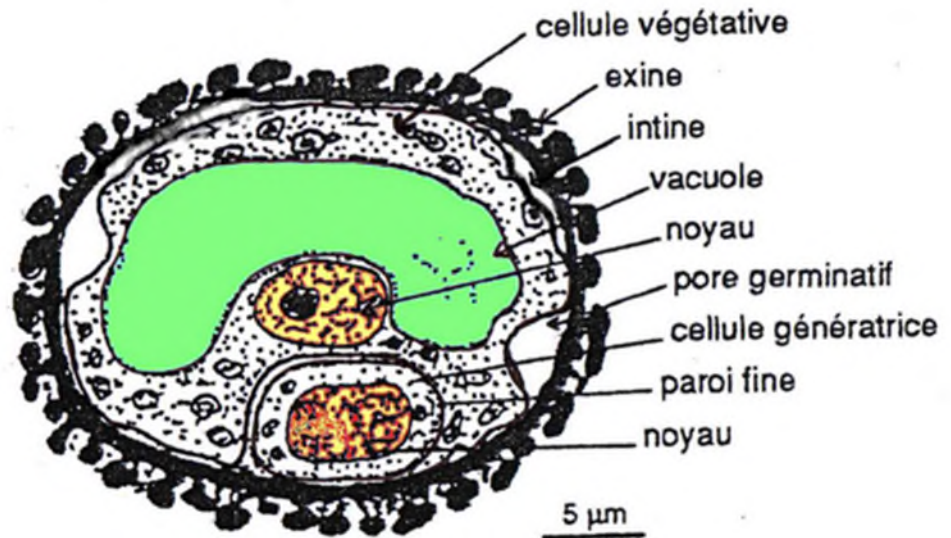


Figure 3: Coupe de grain de pollen observée au microscope électronique (Génèves L, 1993)

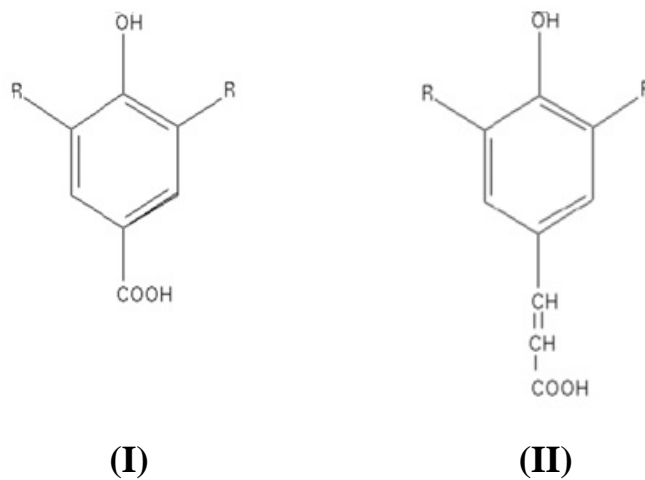


Figure 4 : Acides phénoliques : Squelette Benzoïque (I) et Squelette Cinnamique (II) (Barboni, 2006)

Annexe 2

Tableau I : Table de CHATAWAY (1935).

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

Annexe 3

Réactif de Bradford

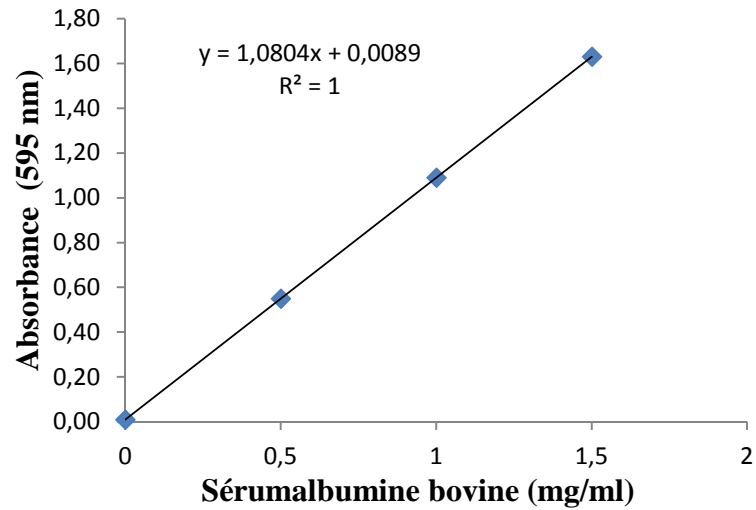
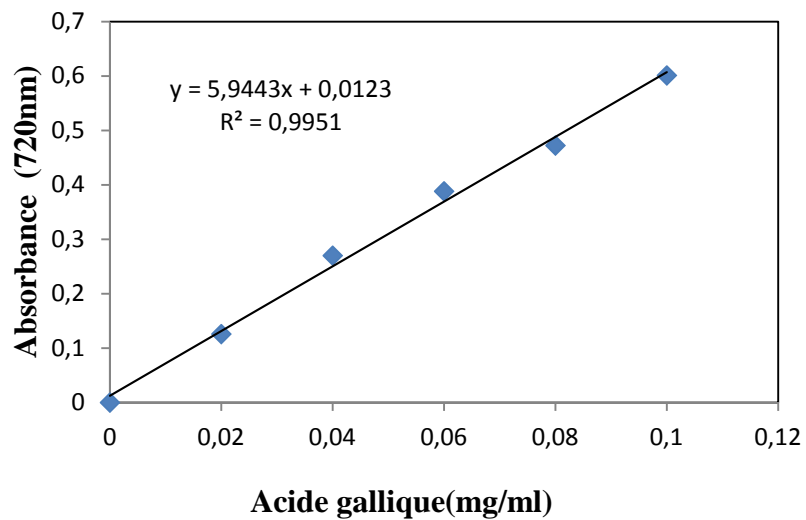
- ✓ Bleu de coomassie brillant G-250.....100mg
- ✓ Ethanol50ml
- ✓ H₃PO₄ (85%).....100ml
- ✓ Eau distillé q.s.p.....1000ml

Solution standard de proline

- ✓ Proline40mg
- ✓ Eau distillé q.s.p.....50ml

1ml de cette solution est introduit dans une fiole de 25ml, de l'eau distillé est ajoutée jusqu'au trait de jauge pour donner une solution de 0.8 mg de proline dans 25ml.

Annexe 4

Courbes d'étalonnages**Figure 1** : Courbe d'étalonnage des protéines.**Figure 2** : Courbe d'étalonnage des composés phénoliques.

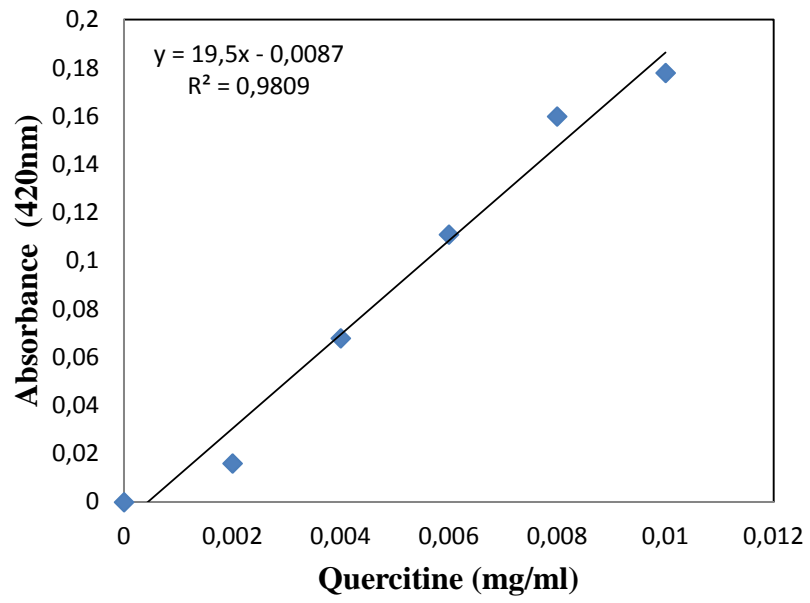


Figure 3 : Courbe d'étalonnage des flavonoïdes.

Tableau II : Propriétés physico-chimiques des échantillons de miel

Echantillons	Humidité (%)	pH	Couleur (Abs)	Cendres (%)	C .E (ms/cm)	HMF (mg/Kg)	Acidité libre (mg/kg)	Protéines (mg BSA/kg)	Proline (mg/kg)
M01	16,33 ± 0,46	3,71 ± 0,06	0,79 ± 0,07	0,060	0,302 ± 0,034	103,90 ± 6,13	11	37,41±0.59	435,22 ± 21,04
M02	17,44 ± 0,50	3,77 ± 0,04	1,02 ± 0,05	0,032	0,251 ± 0,009	60,38 ± 1,73	10	82,03±0.28	923,03 ± 27,13
M03	16,92 ± 0,08	3,72 ± 0,16	0,38 ± 0,03	0,000	0,288 ± 0,002	01,50 ± 1,50	5	40,56±4.23	605,20 ± 42,63
M04	16,88 ± 0,11	3,72 ± 0,08	0,92 ± 0,02	0,129	0,300 ± 0,002	43,01 ± 1,25	14	42,78±0.83	427,46 ± 03,32
M05	19,55 ± 0,13	4,03 ± 0,01	0,31 ± 0,10	0,232	0,839 ± 0,017	02,99 ± 2,59	14	22,05±0.74	514,95 ± 27,68
M06	16,15 ± 0,48	3,64 ± 0,12	0,61 ± 0,06	0,493	0,306 ± 0,034	36,43 ± 2,29	10	71,10±1.12	428,57 ± 63,12
M07	17,44 ± 0,21	3,83 ± 0,06	0,29 ± 0,03	0,065	0,776 ± 0,050	33,93 ± 3,46	34	40,37±0.18	357,70 ± 07,75
M08	16,90 ± 0,01	3,65 ± 0,12	0,55± 0,03	0,237	0,357 ± 0,001	45,41 ± 2,29	21,6	37,97±0.56	200,10 ± 13,84
M09	16,32 ± 0,44	3,77 ± 0,13	1,88 ± 0,05	0,068	0,525 ± 0,031	0	34	40,56±0.56	305,28 ± 30,49
M10	16,39 ± 0,05	3,82 ± 0,06	1,50 ± 0,00	0,134	0,543 ± 0,014	51,90 ± 2,29	8,4	41,11±1.67	287,37 ± 17,16
M11	17,59 ± 0,20	3,82 ± 0,15	0,90± 0,05	0,105	0,593 ± 0,005	30,94 ± 1,73	14	40,00±0.18	592,47 ± 45,40

C.E : conductivité électriques

Les valeurs sont représentées en moyennes ± écart type, excepté pour les cendres et l'acidité

Résumé

Le but de ce travail est d'étudier l'origine florale, la qualité physicochimique et l'activité antioxydante de quelques échantillons de miels. Pour cela, onze (11) échantillons de miels ont été collectés en 2013, auprès des apiculteurs dans quelques régions de Béjaia pour la plupart. La détermination de l'origine florale a été réalisée par une analyse pollinique. Les miels étudiés ont montré la prédominance de trois espèces florales (*Myrtaceae*, *Ericaceae* et *Fabaceae*), tandis que le reste des échantillons étaient Multifloraux. L'analyse des paramètres de l'origine botanique (pH, conductivité électrique, teneur en cendres et couleur) a permis de confirmer que les miels étudiés ont pour origine le nectar. Globalement, la plupart des critères de qualité analysés répondent aux normes exigées par le Codex Alimentarius. En effet, la teneur en eau et en proline témoignent de la maturité des échantillons. D'autre part, les valeurs de l'acidité révèlent que les échantillons n'ont pas subi de fermentation. L'estimation de la teneur en HMF qui est considéré comme un critère de fraîcheur a, cependant, révélé des valeurs dépassant les normes pour certains échantillons (M 1, M2, M4, M8 et M10), ceci a été relié au vieillissement de ces derniers. Les résultats de l'activité antioxydante ont montré que les échantillons présentaient une activité antiradicalaire élevée, justifiée par des concentrations intéressantes en composés phénoliques totaux et flavonoïdes.

Mots clés : miel, qualité, analyse pollinique, antioxydants.

Abstract

The aim of this work is to study the floral origin, the physicochemical quality and the antioxidant activity of some Béjaia honeys. For this, eleven (11) honey samples were collected from beekeepers from some regions of Béjaia in 2013. The determination of the floral origin was carried out by a pollen analysis. The analyzed honeys showed the predominance of three floral species (*Myrtaceae*, *Ericaceae* and *Fabaceae*), while the rest of the samples were Multiflorals. The analysis of the botanical origin parameters (pH, electrical conductivity, ash content and color) confirmed that the studied honeys were originated from nectar. Overall, the most analyzed quality criteria meet the standards required by the Codex Alimentarius. Indeed, water content and proline reflects the maturity of the samples. On the other hand, the values of acidity indicate that the samples were not fermented. HMF which is considered as freshness criterion has, however, revealed values exceeding the standards for certain samples (M 1, M2, M4, M8 et M10). This can be linked to the aging of the latter. The results of antioxidant activity showed that the samples had high radical scavenging activity, justified by interesting concentrations of total phenolic compounds and flavonoids.

Key words : honey, quality, pollinic analysis, antioxidants.