



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mohamed Khider- Biskra -
Faculté des Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de magistère en Biologie

Option : Biologie appliquée

Thème

**Analyses polliniques et caractérisations des
composés phénoliques du miel naturel de la
région d'Ain zaâtout**

Présenté par : M^{elle} CHOUIA Amel

Devant le jury composé de :

Président :	Mr BELHAMRA Mohamed	Professeur
Examineur :	Mr BARKAT Djamel	Professeur
Examineur :	Mr BENAZIZA Adbelaziz	Maitre de conférences A
Promoteur :	Mr TARAI Nacer	Maitre de conférences A

Année universitaire : 2013/2014

Remerciements

Tous mes remerciements vont à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail en particulier, je tiens à remercier en premier lieu Dieu le Tout Puissant de m'avoir donné courage et santé pour achever ce travail.

Je tiens à remercier aussi tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à élaborer ce modeste travail.

Je tiens à remercier particulièrement :

Mr. TARAÏNacer, Maitre de conférences Grade A pour avoir encadré patiemment ce travail, pour leurs précieuses remarques constructives et leur suivi pour mener à terme ce travail.

Que mes vifs remerciements aillent à Mr. le Professeur BELHAMRA Mohamed, qui m'a fait l'honneur de présider ce travail, à Mr. le Professeur BARKAT Djamel et Mr. BENAZIZA Adbelaziz, Maitre de conférences Grade A pour avoir acceptés d'examiner cette thèse.

Un grand merci à Mr. GUIMER, chef de département d'agronomie, pour son aide précieuse.

J'exprime ma reconnaissance à laborantines attachées aux Département des Sciences de la Nature et de la Vie, Département de chimie et chimie industriel et Département de mécanique pour l'aide qu'ils m'ont apporté à mon travail au niveau du laboratoire.

Dédicaces

A mes très chers parents

A mes très chers frères

A mes très chères sœurs

A mes très chères belles-sœurs

A mes très chers amis

A tous ceux qui me sont chers

Résumé

En vue de déterminer les caractéristiques physico-chimiques du miel, espèces végétales mellifères et concentrations des composés phénoliques du miel naturel. Une étude a été menée dans la région d'Ain Zaâtout sur des échantillons du miel prélevés au hasard ont été collectés puis analysés. L'analyse des paramètres physico-chimiques du miel étudié, montre une teneur en eau de $16,1 \pm 0,2$ (%), la teneur en cendre est de $0,217 \pm 0,01$ (%), un pH acide de $3,86 \pm 0,008$, une acidité de $37,42 \pm 0,096$ (meq/Kg) et une conductivité électrique de $0,47 \pm 0,096$ (mS/Cm). Ces caractéristiques sont plus fréquemment utilisées comme meilleurs indicateurs de la qualité et stabilité du miel, et ayant une grande influence sur ses propriétés organoleptiques. La méliissopalynologie a permis l'identification de 25 familles et 69 espèces végétales, le miel de la région d'Ain Zaatout est caractérisé par une dominance de 2 familles ; Asteraceae et Fabaceae (11,59 %), 23 familles végétales sont moyennement et faiblement représentées, concluant l'existence de relation entre espèces végétales butinées par l'abeille soit en fonction de la couleur ou l'odeur spécifique fournie par les fleurs. La concentration des phénols totaux du miel est de $17,9 \pm 2,37$ et $41,33 \pm 1,34$ (mg GAE/100 g) respectivement à 0,2 et 0,4 (g/ml) du miel, alors que la concentration des flavonoïdes est de $14,97 \pm 0,55$ et $24,39 \pm 1,03$ (mg QE/100 g) respectivement à 0,2 et 0,4 (g/ml) du miel. Les différentes concentrations du miel permettent d'augmenter significativement les composés phénoliques totaux, ils varient significativement en fonction de l'origine florale.

Mots clés : miel naturel, ain zaâtout, analyse pollinique, caractéristiques physico-chimiques, composés phénoliques, origine florale.

Abstract

Honey is appreciated everywhere as sweet and palatable food. In order to determine the physico-chemical characteristics, honey plant species and concentration of phenolic compounds of natural honey. A study was conducted in the region of Ain zaâtout, a sample of honey taken at random were collected and analyzed. Analysis of physico-chemical properties of honey studied shows a water content of 16.1 ± 0.2 (%), ash content of 0.217 ± 0.01 (%), pH of 3.86 ± 0.008 , an acidity of 37.42 ± 0.096 (meq/kg) and electrical conductivity of 0.47 ± 0.096 (mS/cm). These characteristics are more frequently used as the best indicators of the quality and stability of honey, and having a great influence on organoleptic properties. Melissopalynology allowed the identification of 25 families and 69 plant species, honey from the region of Ain zaatout is characterized by a dominance of Asteraceae and Fabaceae (11.59 %), with 23 plant families medium and low represented, finding the existence of relationship between the plant species visited by bee or according to the specific odor or color provided by flowers. The concentration of total phenols honey is 17.9 ± 2.37 and 41.33 ± 1.34 (mgGAE/100g) respectively to 0.2 and 0.4 g/ml of honey, while the concentration of the flavonoids is 14.97 ± 0.55 and 24.39 ± 1.03 (mg QE/100mg) respectively to 0.2 and 0.4 g/ml of honey. The total phenolics were significantly increased as a function of the concentrations of honey, these compounds vary significantly depending on the floral source.

Keywords: natural honey, Ain zaatout, pollen analysis, physico-chemical characteristics, phenolic compound, floral origin.

ملخص

العسل مقدر في كل مكان كغذاء حلو و ذو مذاق رائع. من أجل تحديد الأنواع النباتية للعسل الطبيعي، وخصائصه الفيزيائية والكيميائية و المركبات الفينولية ، أجريت دراسة في منطقة عين زعطوط وقد تم جمع عينة من العسل عشوائيا ثم تم تحليلها.

تحليل الخصائص الفيزيائية و الكيميائية للعسل المدروس بينت ان كمية الماء هي 16.1 ± 0.2 (%), كمية الرماد هي 0.217 ± 0.01 (%), درجة الحموضة هي 3.86 ± 0.008 , كمية الاحماض 37.42 ± 0.096 (meq/Kg) و الناقلية الكهربائية هي 0.47 ± 0.096 (mS/Cm). هذه الخصائص كثيرا ما تستخدم كمؤشرات النوعية و الاستقرار للعسل, كما ان لها تأثير كبير على خصائصه الحسية. سمح تحليل حبوب الطلع بتحديد 25 عائلة و 69 نوع من النباتات، و منه تبين ان عسل منطقة عين زعطوط يتميز بهيمنة عائلتي Asteraceae و Fabaceae (11,59%) مع وجود 23 عائلة نباتية اخرى بنسب متوسطة و ضعيفة, مع الاستنتاج بوجود علاقة بين انواع النباتات التي يزورها النحل و ذلك وفقا للرائحة المنبعثة من الزهور او الوانها. قدرت تراكيز الفينول الكلية ب 17.9 ± 2.37 و 41.33 ± 1.34 (mg GAE/100 g) على التوالي الي 0,2 و 0,4 (g/ml) من العسل, بينما تراكيز الفلافونويد قدرت ب 14.97 ± 0.55 و 24.39 ± 1.03 (mg QE/100 g) على التوالي الي 0,2 و 0,4 (g/ml) من العسل. و قد ارتفع المحتوى الاجمالي من المركبات الفينولية و الفلافونويد بصفة كبيرة مع ارتفاع تراكيز العسل, هذه المركبات تختلف اختلافا كبيرا من عسل لأخر حسب المصدر النباتي.

كلمات مفتاحية : عسل طبيعي، عين زعطوط، تحليل حبوب اللقاح، خصائص فيزيائية وكيميائية، مركبات فينولية، مصدر نباتي.

Liste des abréviations

g : gramme

mg : milligramme

kg : kilogramme

Km² : kilomètre carré

Cm³ : centimètre cube

% : pourcent

ml : millilitre

µl : microlitre

aw : activité water

pH : potentiel d'hydrogène

max : maximum

min : minimum

s : seconde

C° : degré Celsius

mS : milliSemens

Cm : centimètre

HPLC : chromatographie liquide à haute performance

CE : électrophorèse capillaire

DAD : détection par barrette dediodes

HO• : radicaux hydroxyles

O₂⁻ : superoxyde

HMF : hydroxymethylfurfuraldehyde

tpm : tour par minute

N : normalité

V : volume

nm : nanomètre

UV-VIS : ultraviolet – visible

ANOVA : analysis of variance

SD : standard déviation

CE : conductivité électrique

H : hypothèse

F_{ob} : valeur observé

F_{cri} : valeur critique

ddl : degré de liberté

SCE : somme des carrés

P : probabilité

r : coefficient de corrélation

CM : carré moyen

GAE : équivalent d'acide gallique

TP : phénols totaux

QE : équivalent quercétine

Na₂CO₃ : carbonate de sodium

AlCl₃ : chlorure d'aluminium

NaOH : hydroxyde de sodium

Liste des tableaux

Numéro	Tableau	Page
1	Principales classes de composés phénoliques	19
2	Composés phénoliques identifiés dans le miel.....	24
3	Caractéristiques physico-chimiques du miel de la région d'Ain Zaâtout....	43
4	Espèces végétales trouvées dans le miel de la région d'Ain Zaâtout.....	47
5	Nombre de grains de pollens trouvés dans le miel étudié.....	54
6	Contenu phénolique total en mg d'équivalent d'acide gallique /100g du miel d'Ain Zaâtout.....	57
7	Flavonoïdes en mg d'équivalent quercétine /100g du miel d'Ain Zaâtout..	59
8	Relation entre la teneur en eau et l'indice de réfraction du miel	Annexe I

Liste des figures

Numéro	Figure	Page
1	Morphologie de l'abeille.....	8
2	Description d'une ruche d'abeille.....	11
3	Processus de pollinisation.....	17
4	Forme des grains de pollen	17
5	Acides phénoliques, squelette benzoïque (I) et squelette cinnamique (II)	20
6	Les acides phénoliques.....	21
7	2-phénylchromane.....	21
8	Structures des différentes classes des Flavonoïdes	22
9	Flacon de conservation du miel.....	30
10	Mesure de la teneur en cendre.....	32
11	Mesure de pH et l'acidité libre du miel.....	34
12	Mesure de la conductivité électrique du miel	34
13	Préparation de l'échantillon du miel pour une étude méliissopalynologique.....	36
14	Etapas de dosage des composés phénolique du miel.....	37
15	Teneur en eau du miel étudié et miels d'origines différentes.....	41
16	Teneur en cendre du miel étudié et miels d'origines différentes.....	42
17	pH du miel étudié et miels d'origines différentes.....	43
18	Acidité libre du miel étudié et miels d'origines différentes.....	44
19	Conductivité électrique du miel étudié et miels de différentes origines.....	45
20	Pourcentage des familles végétales trouvées dans le miel d'Ain Zaâtout.....	51
21	Corrélation entre espèces végétales mellifères signalées (pollens analysés) dans le miel d'Ain Zaâtout	55

22	ANOVA à une dimension pour mesures répétées.....	55
23	Taux de phénols totaux du miel étudié et miels d'origines différents.....	58
24	Taux des composés phénoliques en fonction de la concentration du miel.....	60
25	Taux de flavonoides totaux du miel étudié et miels d'origines différentes.....	61

Plan

Introduction

Chapitre I : Généralités sur le miel

1.1- Définition.....	2
1.2- Caractéristiques du miel.....	2
1.2.1- Caractéristiques physico-chimiques.....	2
1.2.1.1- Densité.....	2
1.2.1.2- Viscosité.....	2
1.2.1.3- Activité de l'eau.....	3
1.2.1.4- pH.....	3
1.2.1.5- Abaissement du point de congélation.....	3
1.2.1.6- Conductivité électrique.....	3
1.2.1.7- Indice de réfraction.....	4
1.2.1.8- Hygroscopicité.....	4
1.2.2- Caractéristiques nutritionnelles.....	4
1.2.3- Caractéristiques organoleptiques.....	5
1.2.3.1- Cristallisation.....	5
1.2.3.2- Couleur.....	5
1.2.3.3- Odeur et goût.....	6
1.3- Origine du miel.....	6
1.4- Fabrication du miel.....	6
1.4.1- Fabrication du miel par les abeilles.....	6
1.4.1.1- Concentration.....	9
1.4.1.2- Protection.....	9
1.4.1.3- Transformation.....	9
1.4.2- Fabrication industrielle du miel.....	10
1.4.2.1- Récolte.....	10
1.4.2.2- Extraction.....	12
1.4.2.3- Maturation.....	12
1.4.2.4- Conservation.....	13
1.5- Différents types du miel.....	13
1.5.1- Origine florale.....	13
1.5.1.1- Miels monofloraux.....	13
1.5.1.2- Miels polyfloraux.....	14
1.5.2- Origine géographique.....	14
1.6- Utilisation de miel et consommation.....	14
Chapitre II : Méliissopalynologie et composés phénolique du miel	
2.1- Méliissopalynologie.....	16
2.1.1- Définition.....	16
2.1.2- Origine du pollen.....	16
2.1.3-Détermination.....	16

2.2- Composés phénoliques.....	18
2.2.1-Généralité biochimiques.....	18
2.2.2- Classification.....	18
2.2.2.1- Acides phénoliques.....	20
2.2.2.2- Flavonoides.....	20
2.2.2.3- Tannins et Lignines.....	22
2.2.3- Composés phénoliques trouvés dans le miel.....	22
2.3- Effets des composés phénoliques du miel.....	25
2.3.1- Effets antimicrobiennes, antiviraux et antiparasitiques.....	25
2.3.2- Effets antioxydants.....	25
2.3.3- Effets anti tumoraux et antimutagènes.....	25
2.3.4- Autres effets sur la santé.....	26
Chapitre III : Matériels et Méthodes	
3.1- Choix du miel de la région d'Ain Zaatout.....	28
3.1.1- Situation géographique de la région d'étude.....	28
3.1.2- Végétation.....	29
3.2- Méthodologie.....	29
3.2.1- Echantillon du miel.....	29
3.2.2- Réactifs chimiques et instruments.....	29
3.2.3- Caractéristiques physico-chimique.....	30
3.2.3.1- Teneur en eau et l'indice de réfraction.....	30
3.2.3.2- Teneur en cendre.....	31
3.2.3.3- pH et acidité libre.....	33
3.2.3.4- Conductivité électrique.....	33
3.2.4- Analyse pollinique du miel (Melissopalynologie).....	34
3.2.4.1- Détermination de l'origine botanique.....	34
3.2.4.2- Collection de références.....	35
3.2.5- Composés phénoliques du miel.....	35
3.2.5.1- Dosage des phénols totaux.....	35
3.2.5.2- Dosage des flavonoides totaux.....	37
3.3- Analyse statistique.....	38
3.3.1- Analyse de la variance.....	38
3.3.2- Etude de la similarité.....	38
Chapitre IV : Résultats et Discussions	
4.1- Caractéristiques physico-chimiques.....	40
4.1.1- Teneur en eau.....	40
4.1.2- Teneur en cendre.....	40
4.1.3- pH.....	41
4.1.4- Acidité.....	42
4.1.5- Conductivité électrique.....	44
4.2- Mélissopalynologie.....	46
4.2.1- Familles mellifères trouvées dans le miel.....	46
4.2.2- Corrélation entre espèces végétales trouvées dans le miel.....	52

4.3- Analyses des composés phénoliques.....	56
4.3.1- Phénols totaux.....	56
4.3.2- Flavonoïdes totaux.....	59

Conclusion

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

ANNEXES

Introduction

Introduction générale

Le miel a constitué pendant des millénaires en occident, la seule source abondante de matières sucrées dont on pouvait disposer (CANINI *et al.*, 2005). Toutefois, le miel est caractérisé par un certains groupes de substances sont toujours présents mais en quantité variable selon la source, eau, glucides, protides ou substances azotées, acides organiques, lactones, substances minérales, oligo-éléments, vitamines, lipides, produits polluants comme le plomb, le cadmium et l'hydroxyméthylfurfural (BOGDANOV, 1996). En effet, la composition du miel varie en fonction de la source florale utilisée par les abeilles, la période de la récolte et les conditions géo-climatiques des régions concernées. Le miel est également précieux comme produit à valeur marchande tant sur les marchés nationaux qu'internationaux et joue un rôle important dans certaines traditions culturelles (CANINI *et al.*, 2005). Il constitue de ce fait une source potentielle non négligeable de revenus pour la population rurale, en même temps qu'il peut contribuer à l'amélioration de l'alimentation humaine (NIJA, 1998). La production africaine du miel est en nette progression, elle est passée de 109.000 t en 1991 à 145.000 t en 2001. La production du miel camerounais était de 2.300 t, contre une production mondiale estimée à un million de tonnes pour la même période. Ce produit de plus en plus sollicité au Cameroun pour ses multiples utilisations, se trouve cependant être en quantité limitée pour couvrir les besoins de la population (APAN, 2002). En Algérie, qui dispose d'un climat chaud et ensoleillé favorable à l'éclosion et à l'essaimage des abeilles, mise sur une production de miel de plus en plus importante; avec comme objectif d'atteindre les 100 000 tonnes de miel par an d'ici 2014 grâce à un programme de proximité de développement rural. C'est ce que soutiennent les responsables de la filière apicole et les apiculteurs algériens. Ils n'ont pas manqué de souligner, lors de la tenue de la première foire nationale du miel, organisée à Alger, "une évolution significative de la production de cette filière au cours de ces deux dernières années avec une production de 48.000 tonnes en 2009 contre 33.000 tonnes en 2008" (HABIB, 2009). Dans le cadre du programme de proximité de développement rural intégré (PPDRI), il est prévu d'atteindre 1,5 million de

ruches supplémentaires modernes à l'horizon 2014, ce qui permettra de doubler le nombre de ruches disponibles (LACHAL, 2013).

Les deux principales zones actuelles de production de miels en Algérie, l'Atlas tellien et les Hauts plateaux, se distinguent par leurs caractéristiques géo-climatique et floristiques qui influent sur la qualité du miel. Ainsi, l'objectif du présent travail est de définir les caractéristiques physico-chimiques, analyses polliniques et caractérisation des composés phénoliques du miel de la région d'Ain Zaâtout. Cette étude permettra de vérifier l'hypothèse suivant laquelle, il existe des variations et des spécificités des caractéristiques précitées et la composition de miel.

Dans la démarche globale de cette étude, En premier lieu un constat général sur le miel, ses caractéristiques physico-chimiques, nutritionnelles et organoleptiques, son origine, sa fabrication et ses différents types. En second lieu une description sur la méliissopalynologie et les composés phénoliques du miel.

Dans la partie expérimentale ; une étude basée sur les caractéristiques physico-chimiques, la méliissopalynologie et analyses des composés phénoliques du miel de la région d'Ain Zaâtout illustrée avec des photos montrant les procédés mis en œuvre.

Enfin, la présentation des résultats de la recherche et leurs comparaisons avec des travaux précédents.

Chapitre I

Généralités sur le miel

1.1- Définition

Le miel est la substance naturelle sucrée produite par l'abeille *Apis mellifera* (L.1758) (Apidae), à partir du nectar de plantes ou à partir d'excrétions d'insectes butineurs laissées sur les parties vivantes de plantes, que les abeilles butinent, transforment en les combinant avec des substances spécifiques qu'elles sécrètent elles-mêmes, déposent, déshydratent, emmagasinent et laissent affiner et mûrir dans les rayons de la ruche (CODEX ALIMENTARIUS, 2001). Le miel est défini comme étant la denrée produite par les abeilles mellifiques à partir du nectar des fleurs ou de certaines sécrétions provenant de parties vivantes de plantes. En effet, elles butinent, transforment, combinent avec des matières propres, emmagasinent et laissent mûrir dans les rayons de la ruche. Cette denrée peut-être fluide, épaisse ou cristallisée (BLANC, 2010).

1.2- Caractéristiques du miel

1.2.1- Caractéristiques physico-chimiques

Les caractéristiques physicochimiques, densité, viscosité, activité de l'eau, pH, abaissement du point de congélation, conductivité électrique, indice de réfraction et hygroscopicité du miel sont présentées.

1.2.1.1- 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).

1.2.1.2- Viscosité

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

1.2.1.3- Activité de l'eau

L'activité de l'eau (et non la teneur en 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 al* (1981). Les valeurs a_w du miel varient entre 0,55 et 0,75. Les miels dont l' a_w est $< 0,60$ 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).

Auparavant, la mesure de l'activité de l'eau était longue et frustrante. Les nouvelles technologies de mesure ont grandement amélioré la rapidité, la précision et la fiabilité des mesures.

L'activité de l'eau dans un produit est le rapport entre la pression de vapeur d'eau à la surface du produit et la pression de vapeur de l'eau pure (vapeur saturée) à la même température T du produit. La valeur de l'activité de l'eau varie entre 0 (produit sec au point que toute l'eau est liée à l'aliment, et donc sans qualité réactive) et 1 (eau pure et sans soluté, difficile à atteindre et surtout à maintenir) (*AMROUCHE*, 2010).

1.2.1.4- 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 (sapin = max 5,3). Les miels à pH bas (type lavande = min 3,3) se dégradent plus facilement : il faudra alors prendre un soin particulier à leur conservation (*GONNET et VACHE*, 1985).

1.2.1.5- Abaissement du point de congélation

Il dépend de la proportion en sucres. Il serait de 1.42°C à 1.53°C en solution aqueuse à 15% et 2.75°C à 3.15°C en solution aqueuse à 25% (*EMMANUELLE et al.*, 1996).

1.2.1.6- Conductivité électrique

La conductivité électrique est intéressante, car elle permet de distinguer aisément des miels de miellat 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. Récemment, des données complètes relatives à la conductivité de milliers de miels commercialisés ont été publiées, les miels de nectar (à l'exception *Banksia, Erika, Eucalyptus, Eucryphia, Leptospermum, Melaleuca, Tilia*) et les mélanges du miel de nectar et miel de miellat aient une conductivité inférieure à 0,8 mS/cm et que le miel de miellat et le miel de châtaignier sont supérieurs à 0,8 mS/cm (BOGDANOV *et al.*, 2001).

1.2.1.7- Indice de réfraction

Il est couramment utilisé par les 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 pour les autres méthodes (EMMANUELLE *et al.*, 1996).

1.2.1.8- 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).

1.2.2- Caractéristiques 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 (BLANC, 2010). Si sa composition précise peut varier en fonction de son origine florale, le miel reste un produit riche en nutriments. Il contient :

- Des glucides qui représentent 95 à 99% de la matière sèche. La plupart sont des sucres simples dont le fructose (environ 40% de la matière sèche) et le glucose (environ 30 à 40% de la matière sèche).
- Des acides aminés.
- Des vitamines et minéraux : vitamine C, vitamine B, potassium, calcium, cuivre, fer, zinc, manganèse, phosphore...(TOMCZAK, 2010).

1.2.3-Caractéristiques organoleptiques

1.2.3.1- Cristallisation

La cristallisation du miel est un processus naturel, sa vitesse dépend surtout de la teneur en glucose du miel. Les miels dont la teneur en glucose est < 28 g/100 g ou dont le rapport glucose/eau est $< 1,7$ restent plus longtemps liquides. Les miels à cristallisation rapide se cristallisent le plus souvent très finement, alors que les miels à cristallisation lente ont tendance à avoir une cristallisation grossière (BOGDANOV *et al.*, 2003). La cristallisation se fait à partir de cristaux primaires de glucose qui sont présents dès la récolte et faciles à mettre en évidence en lumière polarisée sous le microscope. La croissance de ces cristaux aboutit à la formation de 2 phases : une phase solide constituée de glucose cristallisé et une phase liquide enrichie en eau.

La cristallisation est la plus rapide à la température de 14°C . Les basses températures retardent la croissance des cristaux. Les hautes températures entraînent la dissolution des cristaux qui disparaissent totalement à 78°C (EMMANUELLE *et al.*, 1996).

1.2.3.2- Couleur

La couleur constitue un critère de classification notamment d'un point de vue commercial. Plus il est clair, moins il est riche en minéraux et inversement (BLANC, 2010). La couleur du miel est un autre paramètre de qualité. Les miels sont divisés en sept catégories de couleurs (ALVAREZ, 2010), elle va du jaune très pâle (presque blanc) au brun très foncé (presque noir) en passant par toute la gamme des jaunes, oranges, marrons et même parfois des verts ;mais le plus souvent le miel est blond (DONADIEU, 2008). Elle est due aux matières minérales qu'il contient. La teneur en cendres des miels est inférieure à 1%, la

moyenne étant 0.1%, la variabilité est grande puisque les miels les plus pauvres en matières minérales contiennent 0.02% de cendres. Il s'agit du miels très clairs; les plus foncés étant les plus minéralisés (EMMANUELLE *et al.*, 1996).

1.2.3.3- Odeur et goût

L'odeur du miel est variable (BLANC, 2010). L'arôme, le goût et la couleur du miel dépendent des plantes où les abeilles ont récolté le nectar. Les tournesols, par exemple, donne un miel jaune d'or ; le trèfle donne un miel sucré et blanc. Le miel foncé a généralement un goût plus prononcé et sa teneur en sels minéraux est élevée ; le miel clair a une saveur plus délicate (BRADBEAR, 2005).

1.3- Origine du miel

Les abeilles produisent le miel à partir du nectar recueilli dans les fleurs au niveau de petites glandes végétales nommées nectaires (se situant le plus souvent au fond de la corolle) ou à partir du miellat recueilli sur les plantes, le miellat étant une sécrétion issue de parties vivantes de ces plantes ou se trouvant sur elles et liée alors à l'excrétion de certains insectes suceurs de sève (pucerons principalement) (GONNET et VACHE, 1985).

Il existe donc deux grandes variétés du miel selon l'origine sécrétoire :

- Le miel de nectar est le miel qui provient des nectars de plantes.
- Le miel de miellat est le miel qui provient principalement d'excrétions d'insectes butineur (Hemiptera) laissées sur les parties vivantes de plantes.

Le nectar et le miellat sont des liquides sucrés composés essentiellement de saccharose dissous dans de l'eau à une concentration variant entre 5 et 25% (DONADIEU, 2008).

1.4- Fabrication du miel

1.4.1- Fabrication du miel par les abeilles

Les abeilles appartiennent à l'ordre des Hyménoptères qui regroupent 20000 espèces d'abeilles. Toutes collectent du nectar et du pollen, s'en nourrissent et participent sans relâche à la pollinisation des plantes et au maintien des équilibres naturels. C'est l'abeille

mellifère et ses races que l'on retrouve un peu partout à travers le monde, car c'est la plus intéressante à élever, c'est elle qui assure les meilleurs rendements. De nombreux rôles sont définis à l'intérieur de la ruche comme gardiennes, ouvrières, butineuses... Chaque abeille accomplira au cours de sa vie toutes ces fonctions.

Une butineuse effectue entre 20 et 50 voyages par jour, chacun demandant environ 15 minutes. Le rayon d'action moyen se situe entre 500 mètres et 2 kilomètres, d'où l'importance, en plus des conditions climatiques et de la nature du sol, de la végétation des alentours du rucher. Les abeilles butineuses ajoutent de la salive au nectar ou au miellat qu'elles recueillent, ce qui le rend fluide et surtout l'enrichit en enzymes, catalyseurs biochimiques à l'origine de la transformation des sucres dans le miel. Elles remplissent leur jabot puis transportent miellat ou nectar jusqu'à leur ruche. Là, elles distribuent aux ouvrières d'intérieur et aux mâles. Miellat et nectar passent à plusieurs reprises d'une abeille à une autre en subissant chaque fois une addition de salive qui transforme les sucres.

De retour à la ruche, Déposé dans les alvéoles, le miel sera concentré, protégé ; il achèvera sa transformation biochimique (ALVAREZ, 2010).

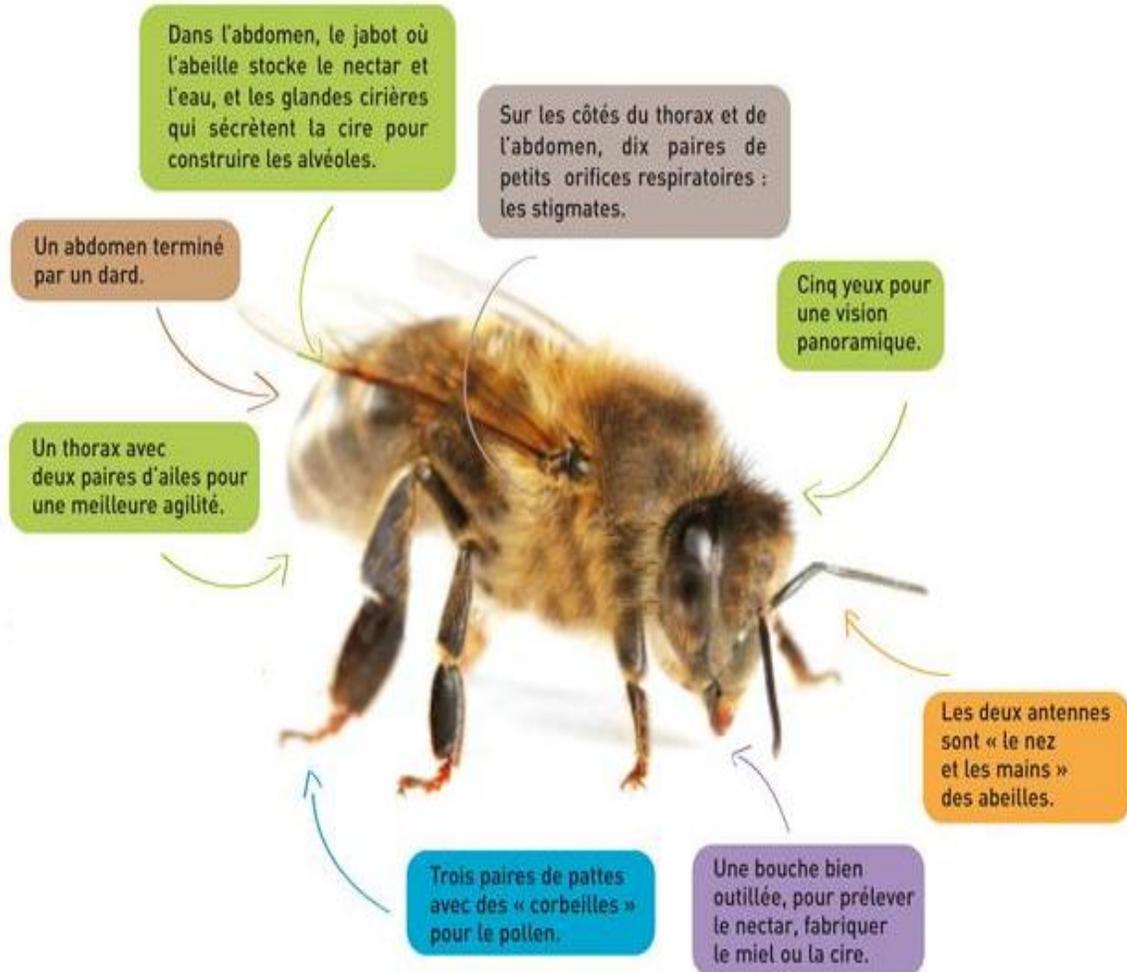


Fig. 1 : Morphologie de l'abeille (<http://www.lebonmiel.fr>)

1.4.1.1- Concentration

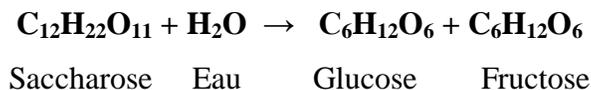
Elle s'opère en deux temps. Une abeille refoule le contenu de son jabot dans une alvéole ; la goutte de liquide sucré s'étale et perd de l'eau par évaporation ; elle est resucée, refoulée, resucée, etc. plusieurs fois pendant 15 à 20 min. Ces manœuvres étalent la goutte et la concentrent jusqu'à une teneur en eau de 40 à 50%. Dans les rayons, pendant plusieurs jours, le liquide laisse évaporer passivement son eau ; sa concentration croît jusqu'à atteindre 70 à 80% de sucres pour 14 à 25% d'eau (GONNET et VACHE, 1985).

1.4.1.2- Protection

Les abeilles recouvrent le miel suffisamment concentré d'un opercule de cire. Malgré cette protection, des miels contenant 21% d'eau ou davantage peuvent fermenter dans les rayons, sous les opercules. Seuls se conservent bien les miels à moins de 18% d'eau (GONNET et VACHE, 1985).

1.4.1.3- Transformation

Les sucres se transforment. En particulier, le saccharose devient un mélange de glucose (dextrose) et de fructose (levulose) sous l'action d'une enzyme, l'invertase, incorporée au nectar par la salive des abeilles. Ceci représente 90% des sucres totaux du miel (GONNET et VACHE, 1985). La transformation, ou inversion, s'exprime par l'équation suivante :



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

1.4.2- Fabrication industrielle du miel

L'évolution générale s'est faite dans un sens favorable à l'hygiène du miel et à l'amélioration du rendement du travail de l'apiculteur grâce à une mécanisation plus importante. Ainsi, le miel étant un produit acide, il est susceptible de corroder les parties métalliques des appareils. C'est pourquoi tous les appareils destinés à le recevoir sont confectionnés en matière plastique alimentaire ou en métal inoxydable (EMMANUELLE *et al.*, 1996).

1.4.2.1- Récolte

La récolte du miel peut se pratiquer dès la fin de la miellée quand la ruche est devenue très lourde (mi-avril, mi-mai). En pratique, il est conseillé de ne récolter que les rayons entièrement garnis et operculés, on peut retirer un cadre operculé au $\frac{3}{4}$ (ANCHLING, 2009). L'apiculteur retire les cadres du miel, il laisse que les provisions nécessaires pour que les abeilles puissent nourrir les jeunes larves et éventuellement passer l'hiver. C'est pourquoi la ruche est divisée en deux parties : une partie inférieure, le corps, qui contient de hauts rayons garnis non seulement du miel, mais aussi de pollen et de couvain, il ne faut pas y toucher. Au-dessus est placée la hausse garnie de cadres moitié moins hauts, qui ne contient en général que du miel : c'est d'elle que l'apiculteur va obtenir sa récolte.

Ruche de type Dadant

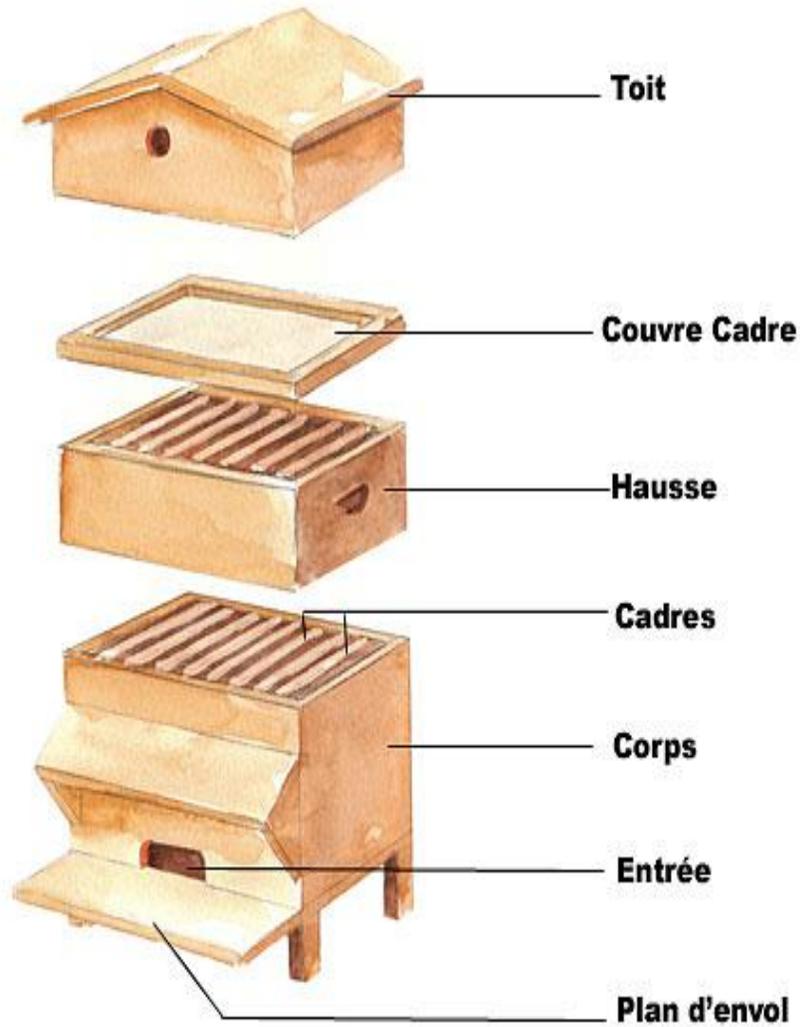


Fig. 2 : Description d'une ruche d'abeille (KOUDEGNAN, 2012)

Après avoir chassé les abeilles par enfumage, les hausses sont transportées dans la miellerie, les opercules ensuite enlevées à l'aide d'un couteau à désoperculer (EMMANUELLE *et al.*, 1996). Il est préférable de choisir une journée calme, ensoleillée. On peut intervenir soit le matin, les butineuses sont encore nombreuses dans la ruche mais le calme règne, soit en fin d'après-midi (ANCHLING, 2009).

1.4.2.2- Extraction

Le miel est extrait des cellules par la force centrifuge et séparé ensuite de ses impuretés par une épuration qui s'effectue généralement par filtration, centrifugation, ou décantation (EMMANUELLE *et al.*, 1996). Les rayons récoltés sont transportés à la miellerie pour être extraits de suite, pendant que le miel est encore chaud. La miellerie est un local propre, sec, bien ventilé avec possibilité de chauffage et de déshumidification. Il devra posséder une source d'eau si possible chaude et être inaccessible aux abeilles. Ce local doit être aménagé de façon à faciliter le travail de l'apiculteur au maximum. L'outillage minimum comprend un extracteur en inox, des seaux inox ou en plastique alimentaire, un bac à désoperculer, un maturateur inox ; des éponges et chiffons pour nettoyer les bavures de miel.

Les cadres sont désoperculés sur les deux faces avec une herse ou un couteau électrique, placés dans l'extracteur et centrifugés sur les deux faces également. Le miel recueilli passera par un tamis à double filtre : un premier à mailles larges pour recueillir les plus grosses impuretés (des fragments de cire), un second à mailles plus fines permet de retenir les plus petites particules (ANCHLING, 2009).

1.4.2.3- Maturation

La maturation a lieu dans de grands conteneurs cylindriques, maintenus à 25°C au moins, de manière que les bulles d'air et les impuretés cireuses montent à la surface pour que l'on puisse les enlever. Mais les impuretés microscopiques, comme les grains de pollen ne remontent qu'au bout de quelques mois; or il est impraticable de laisser le miel quelques mois dans les maturateurs. Aussi, les Américains préfèrent-ils filtrer le miel sous haute pression, ce qui donne un produit parfaitement limpide. Il existe une pratique qui tend à se répandre largement : c'est la pasteurisation du miel.

Cette pasteurisation, très rapide, n'altère aucunement le miel et a l'avantage de détruire les levures, agents de fermentation (ANCHLING, 2009).

1.4.2.4- 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 conservation du miel nécessite l'humidité, la chaleur et la lumière. La température élevée provoque la dégradation des sucres, une perte d'arôme et une augmentation de l'acidité (BLANC, 2010).

1.5-Différents types du miel

Le miel est classé en fonction de plusieurs critères ;

1.5.1- Origine florale

La majorité des miels proviennent d'une flore bien diversifiée. Il est courant que les abeilles visitent à la fois une dizaine ou une vingtaine d'espèces végétales fleurissant en même temps dans leur secteur de butinage. EMMANUELLE *et al.* (1996) indiquent que chaque abeille est intéressée à une seule espèce végétale, mais en considère l'ensemble de la population d'une ruche, qui comporte des milliers de butineuses.

Le miel peut avoir une origine florale mais aussi animale. Par exemple, la présence de mélézitose est caractéristique du miellat, absente chez les miels de fleurs (BLANC, 2010).

1.5.1.1- Miels monofloraux

Les miels monofloraux sont élaborés à partir du nectar et/ou du miellat provenant d'une seule espèce végétale et cela nécessite d'installer les ruches à proximité de la plante recherchée. Par exemple ; le miel d'acacia, d'oranger et de lavande (ROSSANT, 2011).

1.5.1.2- Miels polyfloraux

Ces miels sont élaborés à partir du nectar et/ou du miellat provenant de plusieurs espèces végétales. Pour valoriser leur spécificité et permettre au consommateur de reconnaître leur caractère dominant, les apiculteurs indiquent leur origine géographique. Celle-ci indique soit l'aire de production (région, département, massif...) (ROSSANT, 2011).

1.5.2- Origine géographique

Certains miels polyfloraux ont acquis une réputation particulière qui est liée à leur origine géographique, qu'il s'agisse d'une petite région, d'une province d'un continent. Par contre, il n'est pas impossible qu'une origine florale soit associée avec une région (EMMANUELLE *et al.*, 1996).

1.6- Utilisation de miel et consommation

Le miel, un des premiers aliments de l'homme, déjà connu depuis l'antiquité, a toujours été considérée comme un produit à part. Actuellement le miel est surtout utilisé comme substance d'aromatisation. En effet, il est très difficile à un arôme artificiel de remplacer le goût et l'arôme que le miel apporte. Le miel est également un bon édulcorant, de goût spécial, pour diversifier les préparations. Il peut tout édulcorer, et s'utilise dans les boissons ou comme la confiture : en tartine, en pâtisserie. Dans tous les pays, chez tous les peuples, les préparations à base de miel sont légion; elles jouent même, pour beaucoup, un rôle nutritionnel de premier ordre. Des centaines de milliers de tonnes sont, chaque année, utilisées. Pâtisserie, biscuiterie et confiserie se trouvent bien sûr en bonne place : pains d'épice, gâteaux (maqueron) et nougats qui dominent largement. D'autres usages secondaires mais économiquement non négligeables, concernent les préparations industrielles pour petit déjeuner, aliments pour sportif ... (EMMANUELLE *et al.*, 1996).

Chapitre II

Mélassopalynologie et composés phénoliques du miel

2.1- Mélissopalynologie

2.1.1- Définition

La palynologie est l'étude du pollen, gamète mâle des plantes à fleurs, (LEZINE, 2011). La mélissopalynologie est l'étude des grains de pollen dans le miel, Elle permet d'identifier les plantes butinées à l'origine de la production du miel (SUC et DEFER, 2003).

2.1.2- Origine du pollen

D'après MEYER *et al* (2004), Le grain du pollen est un mot d'origine grec, palè : farine ou poussière, constitue chez les végétaux supérieurs l'élément fécondant mâle de la fleur. Ce sont de minuscules grains de forme plus ou moins ovoïde (le diamètre est à l'échelle micrométrique), initialement contenus dans l'anthère à l'extrémité des étamines (Fig. 3).

La composition chimique de son enveloppe externe, la sporopollénine est un polymère complexe. Elle rend le grain de pollen très résistant à toute forme de corrosion (LEZINE, 2011). Les formes de pollen sont très variées (Fig. 4).

2.1.3- Détermination

L'identification du pollen ne peut se faire que par comparaison de la morphologie observée avec celles de grains connus qui constituent des références (SCHWEITZER, 2009). Celles-ci peuvent être des microphotographies, soit sur papier, soit numérisées : elles constituent une banque de données que l'on peut consulter pour comparaison.

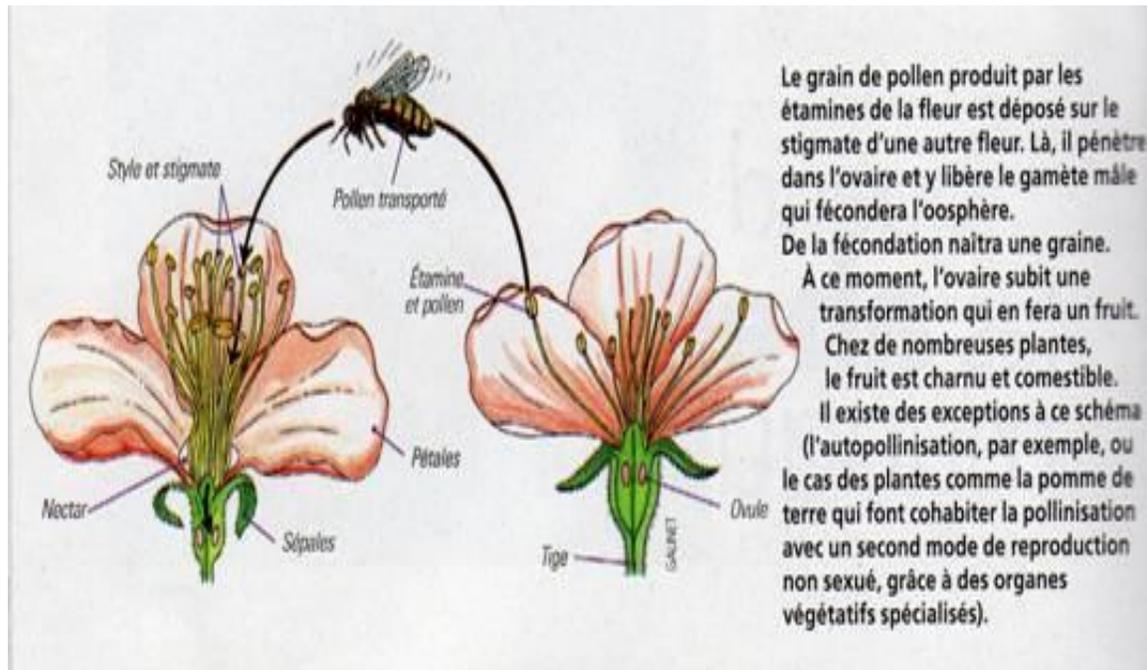


Fig. 3 : Processus de pollinisation (<http://www.lesfousdubois.fr>)

Monades	Tétrades	Polyades	Grains à ballonnets
Type 1: monoporé ou monocolpé	Type 2: diporé ou dicolpé	Type 3: triporé ou tricolpé	Périporé ou péricolpé, stéphanoporé ou stéphanocolpé

Fig. 4 : Formes des grains de pollen (LEZINE, 2011)

2.2- 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 ; ils ont la capacité de moduler l'activité d'un grand nombre d'enzymes et de certains récepteurs cellulaires. En outre, *in vitro*, un grand nombre de polyphénol 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·) et superoxyde (O₂⁻) (NKHILI, 2009).

2.2.1- Généralité biochimiques

Les polyphénols constituent une famille de molécules très largement répandues dans le règne végétal, On les trouve dans les plantes. Les polyphénols sont des métabolites secondaires, ce qui signifie qu'ils n'exercent pas de fonctions directes au niveau des activités fondamentales de l'organisme végétal, comme la croissance, ou la production (NKHILI, 2009). Les polyphénols sont des molécules très diversifiées, constituées d'un ou plusieurs cycles benzéniques portant une ou plusieurs fonctions hydroxyles. Ils peuvent être regroupés en de nombreuses classes suivant la complexité du squelette de base (noyau C₆), le degré de modification de ce squelette (oxydation, hydroxylation...) et enfin suivant les molécules auxquelles ils sont associés (glucides, lipide, protéines, autres métabolites). Les formes les plus simples sont représentées par deux principaux groupes dont dérivent de nombreux composés : les acides phénoliques et les flavonoïdes. Les formes complexes sont issues de la condensation de certaines formes simples et renferment, entre autre, les tannins et les lignines (BENARD, 2009).

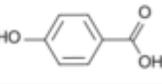
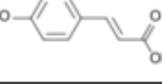
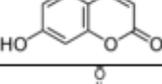
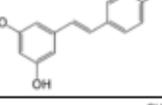
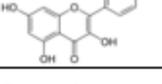
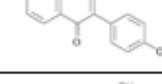
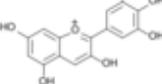
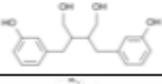
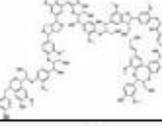
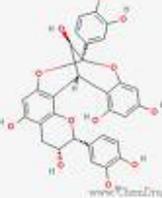
2.2.2- Classification

En distingue trois principales classes (Tab. 1) :

- Les acides phénoliques (acides hydroxybenzoïques, acides hydroxycinnamiques)
- Les flavonoïdes.

-Les tanins et lignines, Plus rares, les coumarines, les stilbènes (NKHILI, 2009).

Tab. 1 : Principales classes de composés phénoliques (HARBORNE, 1989).

COMPOSES PHENOLIQUES				
Squelette carboné	Classe	Exemple	Formule	Origine
C6	<u>Phénols simples</u>	Hydroquinone		<u>Busserole</u>
C6-C1	<u>Acides hydroxybenzoïques</u>	Acide p-hydroxybenzoïque		Epices, fraises
C6-C3	<u>Acides hydroxycinnamiques</u>	Acide p-coumarique		Tomates, ail
	<u>Coumarines</u>	Ombelliférone		Carottes, coriandre
C6-C4	<u>Naphtoquinones</u>	Juglone		Noix
C6-C2-C6	<u>Stilbénoides</u>	Trans-resvératrol		Raisin
C6-C3-C6	<u>Flavonoïdes</u>	Kaempférol		Fraises
	<u>Isoflavonoïdes</u>	Daidzéine		Graines de soja
	<u>Anthocyanes</u>	Delphinidol		Raisin Cabernet-Sauvignon
(C6-C3) ₂	<u>Lignanes</u>	Entérodol		Bactéries intestinales
(C6-C3) _n	<u>Lignines</u>			Bois, fruits à noyaux
(C6-C3-C6) _n	<u>Tanins condensés</u>	Procyanidol		Raisins, kaki

2.2.2.1- Acides phénoliques

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.5) (Fig. 6).

-Les acides hydroxycinnamiques, dont les plus abondants sont l'acide caféique et l'acide férulique (NKHILI, 2009) (Fig.5) (Fig. 6).

2.2.2.2- 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 (Fig. 7) (PORTET, 2007). BARBONI, (2006) indique que les flavonoïdes se répartissent en plusieurs classes de molécules dont les plus importantes sont les flavones, les flavonols, les flavanones, les flavanols, les flavan-3-ols (Fig. 8)

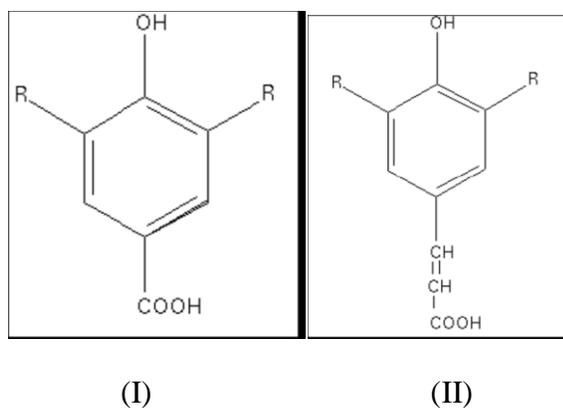


Fig. 5 : Acides phénoliques, squelette benzoïque (I) et squelette cinnamique (II) (BARBONI, 2006).

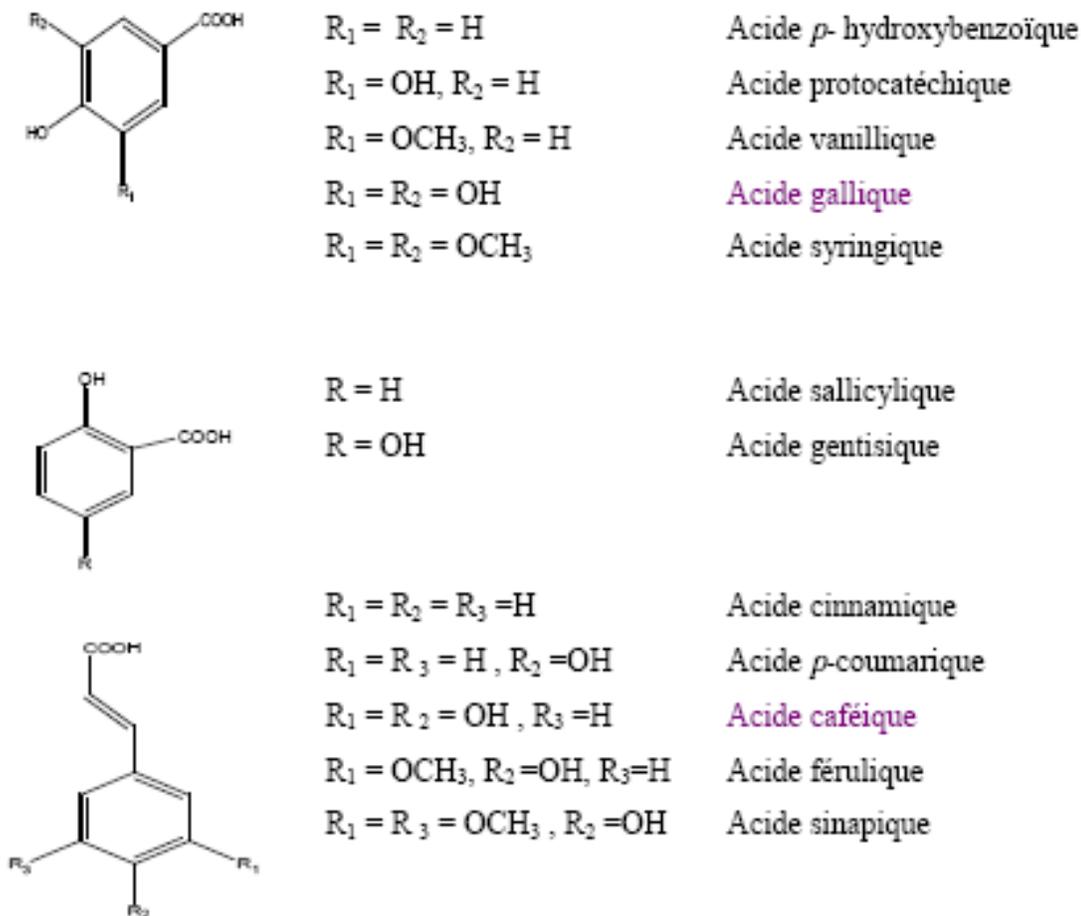


Fig. 6 : Les acides phénoliques (NKHILI, 2009).

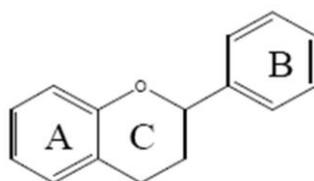


Fig. 7 : 2-phénylchromane (BRUNETON, 1999).

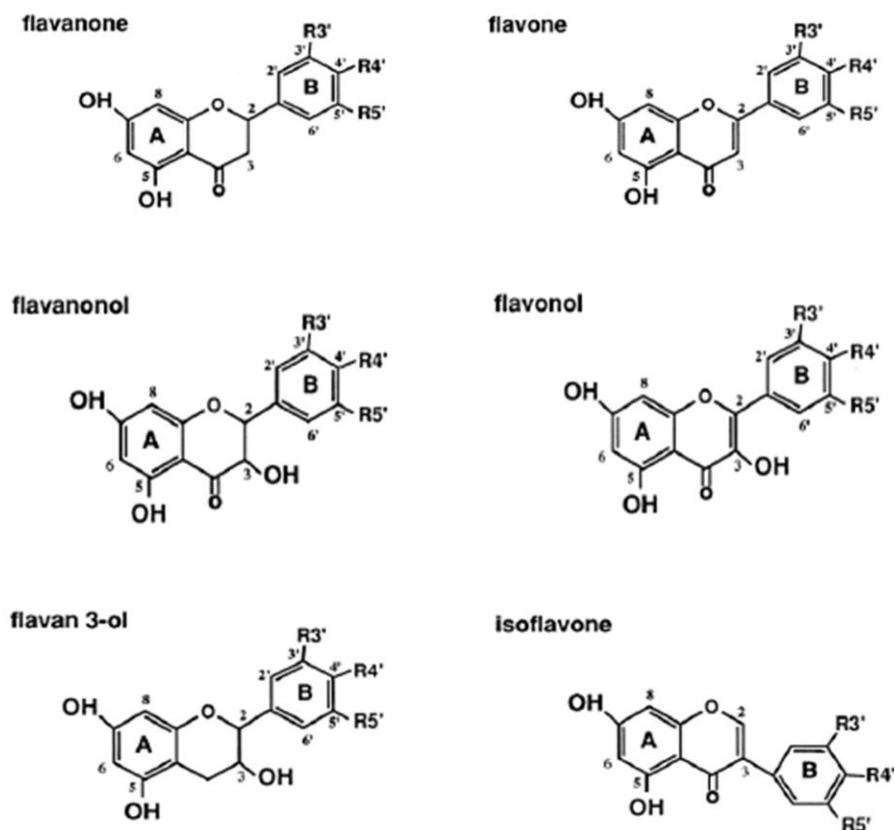


Fig. 8 : Structures des différentes classes des Flavonoïdes (GAMET *et al.*, 1999).

2.2.2.3- Tannins et Lignines

Les tannins sont des polyphénols polaires de haut poids moléculaire (>3000 Da) d'origine végétale existant dans presque toutes les parties de la plante : écorce, bois, feuilles, fruits et racines. Ils sont divisés en 2 groupes : tannins hydrolysables (qui donne après hydrolyse soit de l'acide gallique soit de l'acide ellagique) et tannins condensés ou catéchiques (constitués de la condensation des dérivés flavane). Des tannins peuvent également être constitués par condensation d'unités quinone (HADJ SALEM, 2009).

2.2.3- Composés phénoliques du miel

Le peroxyde d'hydrogène, qui a été décrit dans le miel, est considéré comme le principal facteur antibactérien du miel, mais la présence de facteurs non-peroxyde était également remarquable.

DAVID *et al* (2011), ont été analysé des différents types de miel a pour but de définir clairement la composition phénolique de miel car il est une excellente source de polyphénols différents, soit par la méthode **HPLC** (chromatographie liquide à haute performance) ou par électrophorèse capillaire (**CE**) avec des techniques de détection par barrette de diodes (**DAD**). Le tableau 2 résume certains des composés phénoliques identifiés dans les différents types du miel analysés.

Tab. 2: Composés phénoliques identifiés dans le miel (DAVID *et al.*, 2011)

Type du miel	Technique	Composés phénoliques identifiés
Eucalyptus, bruyère, châtaigne, lavande, tournesol, romarin acacia, orange	HPLC-DAD	L'acide 4-hydroxybenzoïque acide protocatéchuique, acide gallique, acide syringique, acide vanillique acide férulique, acide caféique, acide p-coumarique
Miel d'eucalyptus (australien)	HPLC-DAD	acide chlorogénique, acide ellagique, acide gallique, acide caféique, acide p-coumarique, acide férulique
Agrumes, lavande, thym, romarin	CE-DAD	acide gallique, acide caféique, acide p-coumarique, acide syringique, acide chlorogénique, acide férulique, acide cinnamique
Miel d'eucalyptus	HPLC-DAD	Myricétine, tricetin quercétine, lutéoline éther, quercetine-3-méthyl, Kaempferol, pinocenbrin chrysin, pinobanksine genkwanine, isorhamnétine
Miel de romarin	CE-DAD	Kaempferol, chrysin, acide p-coumarique, pinocenbrin acide férulique

2.3- Effets des composés phénoliques du miel

La composition du miel en composés phénoliques lui confère des propriétés antimicrobiennes, notamment des bactéricides et bactériostatiques, des virucides et des antiparasites, antioxydants, anti tumoral et antimutagènes et des différents effets sur la santé.

2.3.1- Effets antimicrobiens, antiviraux et antiparasitiques

Il est à noter que ces composés agissent principalement sur les bactéries à gram positif. Finalement, le pH bas et la faible quantité d'eau du miel lui confèrent des propriétés naturelles de bactéricides et de bactériostatiques (ANSO, 2012).

2.3.2- Effets antioxydants

Les antioxydants présents dans le miel sont : oxydases du glucose, catalases, acide ascorbique, flavonoïdes, acides phénoliques, caroténoïdes, acides organiques, acides aminés et protéines (ANSO, 2012). L'action des antioxydants consiste à neutraliser les radicaux libres, molécules hautement réactives causant des dommages importants aux protéines, à l'ADN cellulaire et aux membranes cellulaires (TOMCZAK, 2010).

2.3.3- Effets anti tumoraux et antimutagènes

Dans notre vie quotidienne, nous sommes en permanence au contact de composés dangereux et toxiques. Certains de ces composés dit tumoraux, participent au développement et à la prolifération anarchique des cellules, pour aboutir au cancer. Ces composés mutagènes attaquent le code génétique, ce qui peut entraîner des mutations dangereuses voire létales pour l'organisme.

Le miel montre des propriétés anti-cancéreuses. Les composés du miel limitent la prolifération des cellules cancéreuses mais également, leur propagation par voie sanguine ou lymphatique. Également prouvé, le miel lutte efficacement contre le cancer de la vessie (ANSO, 2012).

2.3.4- Autres effets sur la santé

Il existe d'autres effets du miel sur l'organisme, notamment l'augmentation de plusieurs éléments du sérum sanguin: + 50 % de monocytes (acteurs du système immunitaire), + 20 % de fer, + 33 % de cuivre et plus légèrement de lymphocyte16 (d'autres acteurs majeurs du système immunitaire) (ANSO, 2012). Grâce aux fortes propriétés anti-bactériennes, le miel inhibe la prolifération des bactéries responsables des caries (effet carioprotecteur). Cependant, ce résultat est à nuancer, car d'autres études ont montré un effet cariogène (développement des caries). Le miel agit également contre le développement de la plaque dentaire et des gingivites (ANSO, 2012 ; BOGDANOV *et al.*, 2008).

En gastroentérologie, le miel est particulièrement actif puisqu'il agit sur les diarrhées, les gastrites et les ulcères. Pour les gastrites et les ulcères, le miel va lutter directement contre *Helicobacter pylori* qui est le responsable de ces maladies.

Le miel est également de plus en plus utilisé dans les cosmétiques. Doux pour la peau et les cheveux, il les nourrit en profondeur grâce à son abondance en minéraux, vitamines et antioxydants essentiels à leur beauté et leur jeunesse

Chapitre III

Matériels et Méthodes

3.1- Choix du miel de la région d'Ain Zaatout

L'analyse de la flore des Aurès montre qu'elle est très riche en espèces médicinales dont la récolte ou la culture peut procurer un certain nombre d'emplois. L'étude des espèces végétales utilisées en médecine traditionnelle doit être encouragée. L'analyse de quelques tisanes importées et disponibles sur le marché local, montre que ces dernières peuvent être produites en grande partie sur place (ABDESSEMED, 1985). Pour cette raison, l'étude est basée sur le miel de la région d'Ain Zaâtout à cause de sa richesse en plantes médicinales mellifères.

3.1.1- Situation géographique de la région d'étude

La partie méridionale des Aurès est marquée par la transition du domaine montagneux de l'Atlas saharien vers la plateforme saharienne. Le passage entre ces deux ensembles morphologiques se fait par une ligne brutale, forme de longs reliefs sub-verticaux de calcaires blancs, qui marquent la fin de la montagne atlasique et le début de la plateforme désertique (MITARD, 1941). C'est dans cette partie méridionale que se situe la zone d'étude, entre les méridiens 35,14° Nord et 5,83° Est. Ain Zaâtout est le nom administratif du village Beni Ferah. Le village est situé entre les wilayas de Biskra et Batna au sud du massif montagneux des Aurès. Ain zaâtout (Beni Ferah) a une population d'environ 5 000 habitants. Essentiellement peuplé de Chaouis, peuple berbère, la langue courante est le Chaoui, dans une variante distinctive. Elle a une superficie totale de 171.19 km² (O.N.S, 2008).

3.1.2- Végétation

Dans la région des Aurès il existe plusieurs conifères et arbres : Cedre de l'Atlas, *Cedrus atlantica*, Pins noir, *Pinus nigrasp*, Pin d'Alep, *Pinus alepensis*, Sapin de Numidie, *Abies numidica*, Chêne vert, *Quercus ilex*, Acacia, *Acacia seyal*, Palmier dattier, *Phoenix dactylifera*, Genévrier, *Juniperus sp*, Jujubier, *zizyphus vulgaris*, Tamarinier, *Tamarindus indica*, arbres fruitiers (Pommier, Grenadier, Abricotier, Poirier, Figuier, Olivier, Amandier) (DERRIDJ, 2011).

3.2- Méthodologie

3.2.1- Echantillon du miel

L'échantillon du miel récolté est conservé dans un flacon en verre stérile, hermétiquement fermé et gardé à la température ambiante, cette technique est utilisée pour protéger les composés sensibles à la chaleur et à la lumière (Fig. 9)

3.2.2- Réactifs chimiques et instruments

Les appareils de mesure utilisés sont représentés comme suit;

Spectrophotomètre UV-VIS (SHIMADZU, mini 1240), Refractomètre (Abbé), Conductivimètre (Multi-range HI 9033), pH mètre (HANNA instruments, pH 211), Centrifugeuse (Ortoalresa, digicen 21R), Four à moufle (DEKRA, Nabertherm D 2804), Incubateur (nüve EN 055), Balance de précision (OHAUS AR223CN), Bain marie, Bain de sable, Agitateur magnétique-plaque chauffante (DAIHAN Lab Tech Co.,LTD, Multi-Position LMS-3003), Microscope (OPTIKA B350) avec camera (DIGITAL).

Les réactifs utilisés sont ;

Réactif de Folin-Ciocalteu, acide gallique, carbonate de sodium (Na_2CO_3), chlorure d'aluminium (AlCl_3), quercétine, hydroxyde de sodium (NaOH), méthanol, glycérine-gélatine.

3.2.3- Caractéristiques physico-chimiques

Durant la période d'échantillonnage, six paramètres physico-chimiques sont déterminées ; la teneur en eau, l'indice de réfraction, la teneur en cendre, le pH, l'acidité libre et la conductivité électrique

3.2.3.1- Teneur en eau et l'indice de réfraction

La teneur en eau du miel est le critère de qualité qui détermine la capacité du miel à rester stable et à résister à la détérioration par fermentation de la levure : la teneur en eau influe sur la fermentation du miel pendant le stockage, cette dernière est mesurée avec le réfractomètre d'Abbé (I.H.C, 2002). Le réfractomètre (Abbé) est réglé à 20 °C, il est étalonné avec de l'eau distillée (1,3330). L'échantillon du miel est placé dans un flacon fermé après homogénéisation, le flacon est placé dans un bain marie à 50 °C jusqu'à ce que les cristaux des sucres sont dissous, il faut assurer la propreté du prisme du réfractomètre, la surface de ce dernier est couvert par une goutte du miel, l'indice est affiché après 2 minutes. Les mesures sont prises 2 fois et prendre la moyenne (I.H.C, 2002).



Fig 9 : Flacon de conservation du miel

3.2.3.1.1 : Relation entre la teneur en eau et l'indice de réfraction

La relation entre la teneur en eau et l'indice de réfraction est montrée d'après la formule développée par Wedmore (I.H.C., 2002) (Tab. 8, Annexe I). La formule de Wedmore ;

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

W : contenant d'eau en g dans 100 g du miel (**water**) ; **R.I** : indice de réfraction

3.2.3.2- Teneur en cendre

La teneur en cendre est un critère de qualité pour l'origine du miel, les miels de fleurs ayant une faible teneur en cendre que les miellats (I.H.C, 2002). La teneur en cendres du miel est obtenue par une procédure définie, Le miel est incinéré à une température ne dépassant pas 600°C et le résidu pesé et exprimée en pourcentage (Fig. 10). L'échantillon du miel est chauffé à 50 °C dans un bain marie (lorsqu' il contient des cristaux), 5 ou 10 g (P) sont déposés dans une capsule de platine préalablement lavé et séché, le poids calculé est P₁. La capsule est déposé dans un bain de sable à 100 °C jusqu'à ce que l'échantillon devienne noir et sec. Le résidu obtenu est incinéré dans un four à moufle à 600 °C pendant 5 heures, suivies par l'opération de refroidissement, P₂ est le résidu obtenu. La teneur en cendre (%) est calculée selon la formule suivante (J.O.L, 1970) :

$$\text{Cendre \%} = (P_2 - P_1 / P) * 100$$



A



B



C

Fig. 10 : Mesure de la teneur en cendre

A : Incinération d'un échantillon du miel dans un bain de sable

B : Echantillon du miel incinéré

C : Incinération de l'échantillon du miel dans un four à moufle.

3.2.3.3- pH et acidité libre

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

Les étapes de calcul du pH et acidité libre sont ;

- Dissolution de 10 g du miel dans 75 ml d'eau distillée ;
- L'échantillon est remué par un agitateur magnétique, le pH est noté par des électrodes déposés au niveau de l'échantillon ;
- L'échantillon du miel est titré avec une solution d'hydroxyde de sodium (0,1 N), en présence de 4 ou 5 gouttes de phénolphtaléine. Le virage final de la coloration doit persister pendant 10 secondes. Dans le cas des échantillons foncés, recourir à un pH-mètre et titrer jusqu'à pH 8.3.

Les résultats sont exprimés en milliéquivalent/Kg du miel = ml de NaOH 0,1 M x 10 (I.H.C, 2002 ; J.O.L, 1970).

3.2.3.4- Conductivité électrique

La conductivité électrique est un bon indicateur de l'origine botanique du miel, très souvent utilisé dans le contrôle de routine du miel. Cette mesure nécessitant seulement instrumentation peu coûteux, c'est une méthode très facile et rapide (I.H.C, 2002). Elle est déterminée par une conductivité mètre à 20°C d'une solution du miel à 20% (1V/5V), la lecture est faite directement après l'immersion de la cellule dans la solution. Les résultats sont exprimés en milliSimens/Cm (BENAZIZA et SCHWEITZER, 2010).



Fig. 11 : Mesure de pH et acidité libre du miel



Fig. 12 : Mesure de la conductivité électrique du miel

3.2.4- Analyse pollinique du miel (Melissopalynologie)

3.2.4.1- Détermination de l'origine botanique

La source florale de l'échantillon du miel est déterminée par la melissopalynologie. La détermination de l'origine botanique du miel est basée sur la fréquence relative du pollen de nectar sécrété par les plantes (BALTRUSAITYTE *et al.*, 2007). Dans l'estimation des fréquences des différents pollens, les termes suivants sont utilisés :

- pollens dominants, représentent plus de 45 % de pollen dénombrés.
- pollens secondaires, la fréquence des grains de pollen comprise entre 16 et 45 %.

- pollens tertiaires, la fréquence des grains de pollen comprise entre 3 et 15 %.
- pollens rares ou isolés, la fréquence des grains de pollen inférieure à 3 %.

Un miel est considéré comme étant monofloral lorsque le nombre de pollens dominants provenant d'une espèce de fleur est supérieur ou égal à 45 % (BENAZIZA et SCHWEITZER, 2010).

La méthode utilisée est comme suit :

-10 g du miel bien homogénéisé sont verser dans un tube à essai placé au bain marie à 45°C et diluer dans 20 ml d'eau distillée froide.

-La solution est centrifugée à 3000 trm pendant 3-5 minutes.

-Le liquide superflu est jeté et ne conserver que le culot.

-Le culot est remué avec une pipette pasteur, une goutte de l'échantillon est étalée sur une lame.

- Le frottis est séché à l'étuve à 35°C, puis il est inclus dans une goutte de glycérine gélatine déposée préalablement sur une lamelle (Fig.13) (LOUVEAUX et MAURIZIO, 1963).

3.2.4.2- Collection de références

L'identification de grains de pollens trouvés dans le miel, nécessite la création d'une banque de données. Cette collection est indispensable pour la détermination des pollens présents dans le miel, elle facilite aussi la détermination de l'origine botanique. (Annexe II).

3.2.5- Composés phénoliques du miel

3.2.5.1- Dosage des phénols totaux

La teneur en phénols est déterminée selon la méthode de VELIOGLU *et al* (1998). Cette dernière est basée sur la réaction colorée des composés phénoliques avec le réactif de Folin-Ciocalteu (acide phosphotungstique et acides phosphomolybdique) qui est utilisée pour déterminer les phénols totaux dans l'échantillon. Lors de la réaction avec des

phénols, le réactif de Folin-Ciocalteu est réduit à un oxyde de couleur bleue. La coloration bleue produite possède un maximum d'absorbance à 725 nm (Fig.14) (CHAABI *et al.*, 2008 ; SARIC *et al.*, 2012).

- 100 μ l du miel (0,1-0,4 g/ml) dans l'eau distillée a été mélangé avec le réactif de Folin-Ciocalteu (0,75ml) et incubé pendant 5 minutes à 22°C, puis la solution de carbonate de sodium (0,75ml, 60 g/ml) est ajoutée ;

- après 90 minutes à 22°C, l'absorbance a été mesurée à 725 nm.

-la gamme d'étalonnage d'acide gallique (Annexe III) permet de déterminer la quantité des phénols totaux, les résultats sont exprimés en mg d'équivalent acide gallique / g du miel (SABA *et al.*, 2011).



Fig. 13 : Préparation de l'échantillon du miel pour une étude méliissopalynologique



Fig. 14 : Etapes de dosage des composés phénoliques du miel.

3.2.5.2- Dosage des flavonoïdes totaux

La teneur de flavonoïdes est déterminée selon DJERIDANE *et al* (2006). Cette méthode est basée sur la formation du complexe flavonoïde-aluminium avec un maximum d'absorption à 430 nm. La quercétine est utilisée pour la courbe d'étalonnage (Annexe III).

- 1 ml du miel (0,1-0,4 g/ml) dilué dans l'eau distillée est mélangé avec 1 ml de chlorure d'aluminium (2%) dilué dans le méthanol. L'échantillon est incubé pendant 15minute à une température ambiante ;

- l'absorbance est mesuré à 430 nm avec un spectrophotomètre UV-VIS ;

- avec une gamme d'étalonnage de quercétine permet de déterminer la quantité de flavonoïdes totaux, les résultats sont exprimés en mg d'équivalent quercétine/ g du miel (SABA et *al.*, 2011).

3.3- Analyse statistique

3.3.1- Analyse de la variance

Pour vérifier que la moyenne d'une variable quantitative varie significativement, il est important de réaliser une analyse de variance dans des conditions paramétriques (ANOVA) (FARAWAY, 2002). En outre, les analyses de variance sont des techniques permettant de savoir si une ou plusieurs variables dépendantes sont en relation avec une ou plusieurs variables dites indépendantes. Dans des conditions non paramétriques, il est utilisé les tests de Kruskal-Wallis et de Leven. En effet le test de Leven est moins sensible que le test de Bartlett pour un échantillonnage aléatoire simple (LEVEN, 1960).

3.3.2- Etude de la similarité

Dans un milieu déterminé, les organismes réagissent les uns sur les autres de manières très diverses. Et ce phénomène de coaction mène généralement à une compétition qui aboutit à l'exclusion de certains organismes et à la cohabitation de certains autres (LEGENDRE et LEGENDRE, 1984).

Chapitre IV

Résultats et Discussions

L'étude du miel de la région d'Ain Zaâtout est basée sur les caractéristiques physico-chimiques, la méliissopalynologie et analyses des composés phénoliques.

4.1- Caractéristiques physico-chimiques

La teneur en eau, cendre, pH, acidité libre et conductivité électrique du miel sont présentées.

4.1.1- Teneur en eau

La moyenne de la teneur en eau du miel d'Ain zaâtout est de $16,1 \pm 0,2$ (Tab.3), ce dernier est dans les normes internationales. En effet les normes de CODEX ALIMENTARIUS (2001) fixent une teneur en eau maximale de 20 g/100 g. L'étude effectuée par AMROUCHE et KESSI (2003) sur les miels algériens a révélés des valeurs comprises entre 15 et 22,6 % avec une moyenne de 17,68 %. BOGDANOV *et al* (2008) indiquent que la teneur en eau du miel varié entre 15 de 20 %. D'après IBRAHIM *et al* (2012), la teneur en eau est très importante pour la durée de vie du miel lors du stockage et peut conduire à leur fermentation indésirable. Le miel d'Ain zaâtout est proche de celui du miel d'acacia produit en Croatie (Fig. 17). En effet, la variation de l'humidité peut s'expliquer par la composition et l'origine florale du miel. La forte interaction de sucre avec les molécules d'eau réduire l'eau disponible au développement des micro-organismes. Le miel est une solution de sucre 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 (MALIKA *et al.*, 2005). D'après ZERROUK *et al* (2011), l'eau et la teneur en sucre du miel sont strictement corrélées. La teneur en eau dépend de divers facteurs tels que la saison de récolte, le degré de maturité atteint dans la ruche et les facteurs climatiques. La valeur obtenue indiquant un bon degré de maturité est inclus dans la gamme de l'eau approuvée par le Codex Alimentarius (CODEX ALIMENTARIUS, 2001).

4.1.2- Teneur en cendre

La teneur en cendre du miel naturel de la région d'Ain Zaâtout présente une moyenne de $0,217 \pm 0,01$ (Tab.3). Nos résultats sont conformes aux normes proposées par la Commission du Codex Alimentarius dont le maximum est de 0.50 g/100 g pour le miel d'*A. mellifera*, *Melipona sp.*, *Scaptotrigona sp.* et *Trigona sp.* La teneur en cendre du miel d'Ain zaâtout est proche de celle obtenue en zone cultivée au Pakistan, cela veut dire

que le miel étudié est d'origine arboricole ou forestière. D'après FUENMAYOR *et al* (2012), la cendre du miel dépend fortement de l'origine botanique et l'espèce d'abeille.

4.1.3- pH

Le miel de la région d'Ain Zaâtout est caractérisé par un pH de $3,86 \pm 0,008$ (Tab.3). Les résultats obtenus sont identiques à ceux obtenus par ESTI *et al* (1997) en Italie et d'AZERDO *et al* (2003) au Brésil. MALIKA *et al* (2005) signalent que les valeurs de pH du miel analysé au Maroc sont 3,2 à 4,5. Les résultats obtenus en Egypte par BADAWEY *et al* (2004) indiquent que les valeurs du pH du miel varient entre 4,1 et 5,2.

IBRAHIM *et al* (2012), indiquent que le miel est naturellement acide indépendamment de son origine géographique, qui peut être due à la présence d'acides organiques qui contribuent à sa saveur et sa stabilité contre la détérioration microbienne. Le pH des échantillons du miel est important au cours du processus d'extraction, car elle affecte la texture, la stabilité et la durée de vie. Le pH du miel est suffisamment bas pour ralentir ou empêcher la croissance de nombreuses espèces de bactéries (MALIKA *et al.*, 2005).

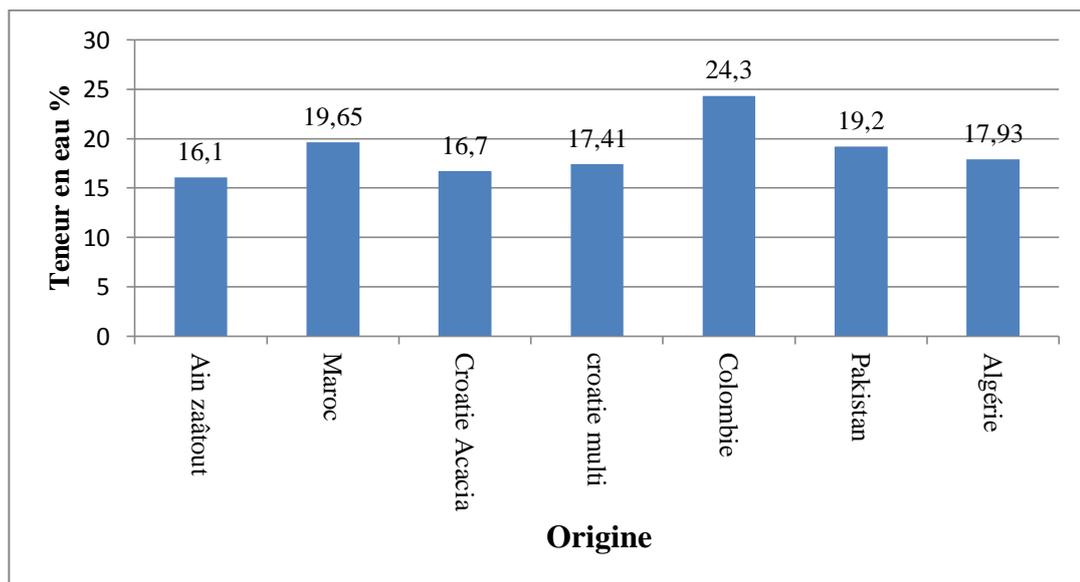


Fig. 15 : Teneur en eau du miel étudié et miels d'origines différentes

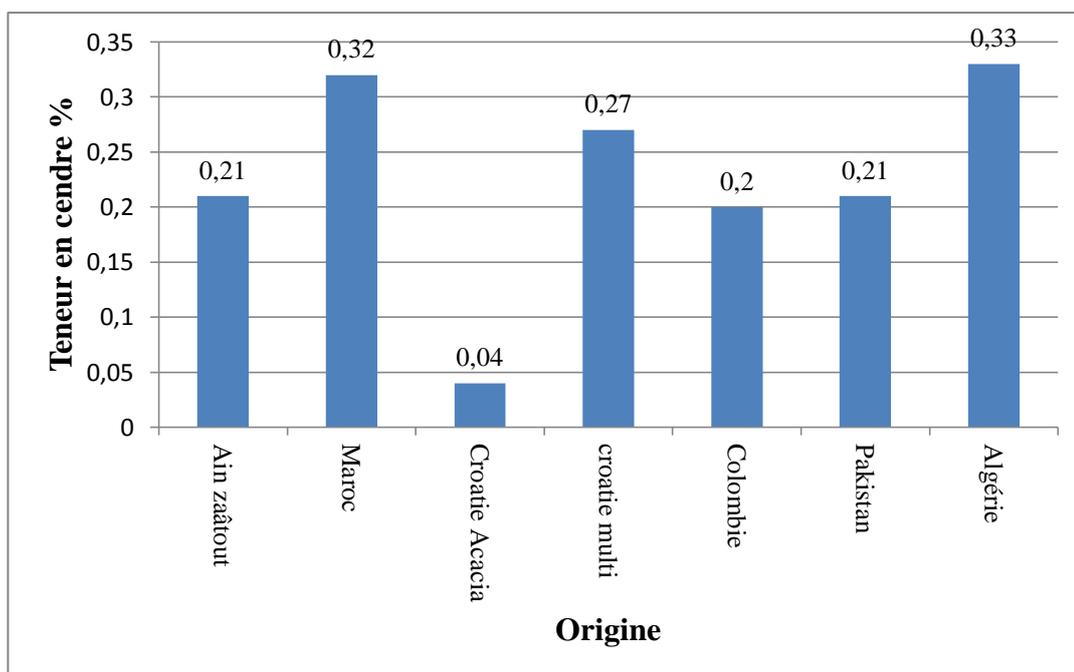


Fig. 16 : Teneur en cendre du miel étudié et miels d'origines différentes

Le pH de tous types de miels présentés est inférieur à 4,5 (Fig. 17), cela confirme qu'ils sont de nectar, par contre celui de l'Égypte présente un pH de 4,7 qui est peut être un miel de miellat. ALVAREZ (2010), indique que le pH acide du miel dépend de la quantité d'acide gluconique produite par l'enzyme glucose oxydase lors de l'oxydation du glucose. D'autres composés comprennent les acides non aromatiques et aromatiques, respectivement. Il a été également suggéré que les acides phénoliques sont présentés en grande quantité dans les miels sombres qui contribuent à leurs acidités. Le pH du miel varie entre 3,2 et 5,5. Il est généralement inférieur à 4 dans le miel de nectar et supérieur à 5 dans ceux de miellat (sapin = max 5,3). Le miel à pH bas (lavande = min 3,3) se dégrade plus facilement : il faudra alors prendre un soin particulier à leur conservation. En outre, la valeur de pH de notre échantillon est typique au miel de fleurs à nectar analysé par GONNET et VACHE (1985).

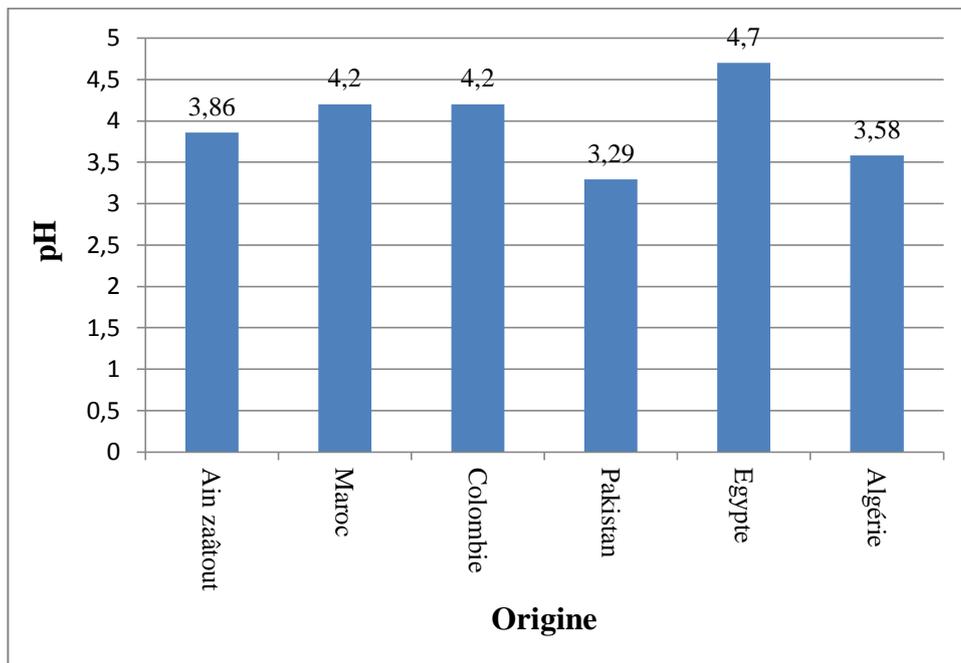
4.1.4- Acidité

L'acidité de l'échantillon du miel étudié présente une teneur de $37,42 \pm 0,096$ (Tab. 3), cette teneur est similaire à celles rapportées par ZERROUK *et al* (2011) et MALIKA *et al* (2005). En effet, MALIKA *et al* (2005), montrent que l'acidité du miel contribue à sa stabilité contre les micro-organismes. Les travaux signalés précédemment rapportent des valeurs d'acidité moyenne varie de 30,40 à 48,27 meq/kg du miel.

Tab. 3 : Caractéristiques physico-chimiques du miel de la région d'Ain Zaâtout

Echantillon du miel	Teneur en eau (g/100g)	Teneur en cendre (%)	pH	Acidité libre (meq/Kg)	Conductivité électrique (mS/cm)
M1	15,8	0,21	3,85	37,30	0,4
M2	16,2	0,22	3,86	37,50	0,6
M3	16,2	0,21	3,87	37,50	0,5
M4	16,2	0,23	3,86	37,40	0,4
Moyenne ± SD	16,1 ±0,2	0,217±0,01	3,86±0,008	37,42±0,096	0,47 ± 0,096

SD : Standard Deviation

**Fig. 17** : pH du miel étudié et miels d'origines différentes

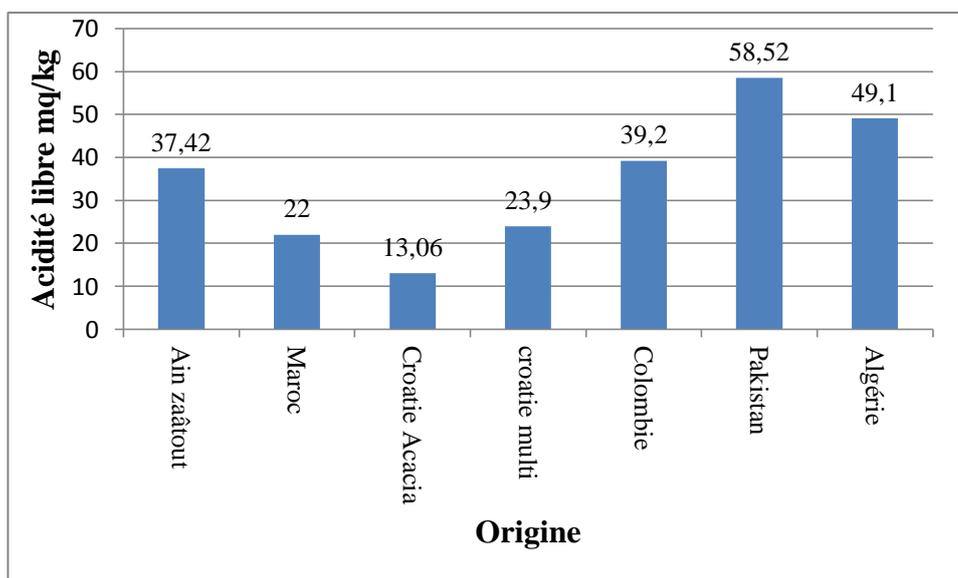


Fig. 18 : Acidité libre du miel étudié et miels d'origines différentes

L'acidité libre du miel d'Ain zaâtout est proche du miel de Colombie et d'Algérie (échantillon standard), supérieure à celle du Maroc et du miel d'Acacia de la Croatie mais elle est inférieure au miel du Pakistan dont l'acidité est de 58,52 meq/kg, supérieure aux normes du commerce international. L'acidité est déterminée essentiellement par la teneur en acide gluconique et glucolactone. ZERROUK *et al* (2011), montrent que l'acidité totale est inférieure à la limite révélée satisfaisante dans le commerce international (50 meq/kg du miel). Durant la période d'étude aucune fermentation n'est signalée.

4.1.5- Conductivité électrique

La valeur de la conductivité électrique du miel analysé est de $0,47 \pm 0,096$ mS/Cm (Tab.3). Cette teneur est semblable à certains miels marocains qui est de 0,4 mS/Cm mais elle est déférente de d'autres miels qui sont respectivement, 0,2, 0,5, 0,6 et 0,7 mS/Cm (MALIKA *et al.*, 2005). Les valeurs de la conductivité électrique sont inférieurs à 0,8 mS/Cm cela veut dire que ce sont des miels à nectars. ZERROUK *et al* (2011), signalent que la conductivité électrique du miel est étroitement liée à la concentration des sels minéraux, d'acides organiques et de protéines, elle est considérée comme étant un paramètre de grande variabilité selon l'origine florale et l'un des meilleurs paramètres de différenciation entre miels à fleurs et miellats. En outre, la valeur de CE de l'échantillon étudié est semblable au miel à fleurs. MALIKA *et al* (2005), montrent que la conductivité est un bon critère de qualité lié à l'origine botanique du miel et très souvent utilisé dans la routine de contrôle. Il est facile à évaluer la teneur en cendre, cette dernière

étant plus longue, coûteuse et comporte des erreurs plus élevées. La teneur en cendre représente une mesure directe de résidu inorganique après carbonisation du miel, tandis que la conductivité électrique mesure toutes substances organiques et inorganiques.

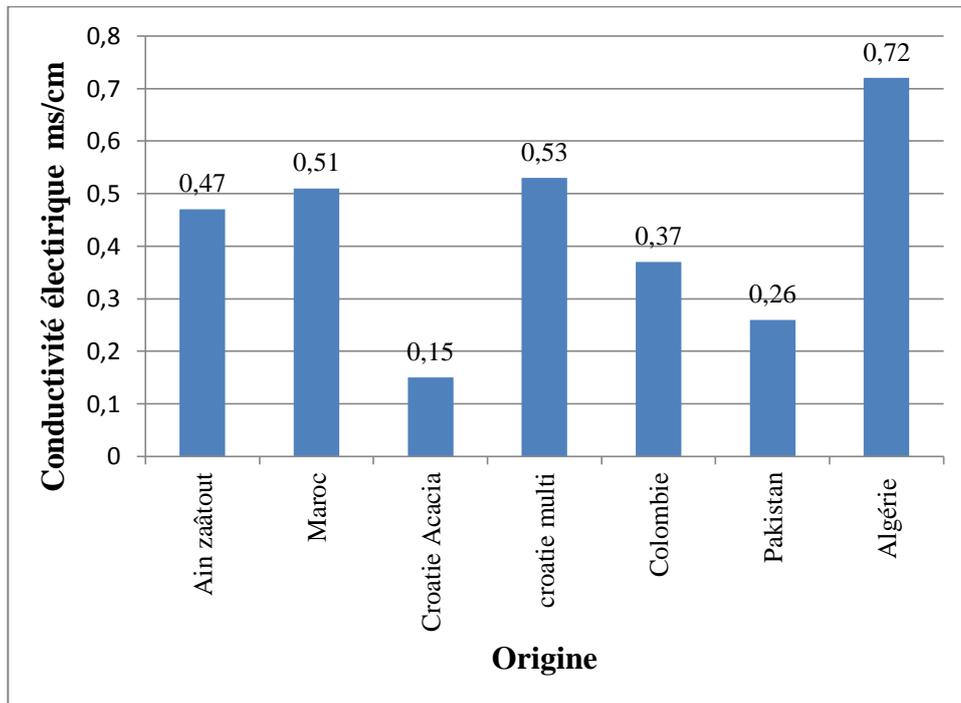


Fig. 19 : Conductivité électrique du miel étudié et miels de différentes origines

4.2- Méliissopalynologie

La Méliissopalynologie a permis l'identification de 25 familles et 69 espèces végétales.

4.2.1- Familles mellifères trouvées dans le miel

Les familles végétales mellifères les plus représentées sont : Asteraceae et Fabaceae (11,59%), Brassicaceae, Malvaceae et Geraniaceae (8,69%), Ranunculaceae et Papaviraceae avec 7,24 % chacune (Tab. 4). Les familles végétales moyennement représentées sont, Caryophyllaceae (5,79 %). Le pourcentage des Resedaceae est de 4,43 %. Alors que le pourcentage des Synantheraceae et Boraginaceae est de 2,89%. Les familles végétales faiblement représentées sont Campanulaceae, Primulaceae, Frankiniaceae, Caprifoliaceae, Linaceae, Myrtaceae, Polemoniaceae, Hypericaceae, Papilionaceae, Zygophyllaceae, Solanaceae, Nyctagenaceae, Verbinaceae et Violaceae (Fig. 22). En effet, le miel de la région d'Ain Zaatout est caractérisé par une dominance de 2 familles, Asteraceae et Fabaceae.

D'après CRANE (1991), Fabaceae, Myrtaceae et Asteraceae sont les familles végétales mellifères qui prédominent les miels des différentes régions du monde. L'étude réalisée par NGUEMO *et al* (2004), au niveau de la zone soudano-guinéenne de l'ouest de Cameroun montre que les familles fortement représentées sont Asteraceae, Solanaceae et Euphorbiaceae avec respectivement 12,9 ; 8,6% et 7,6%. Les familles moyennement représentées (5 à 8%) concernent Malvaceae et Myrtaceae avec 6,4% et Mimosaceae, Fabaceae avec 5,1% chacune. Les familles faiblement représentées avec moins de 5% des plantes mellifères recensées. Dans cette catégorie recrutent les Convolvulaceae (4,1%), les Poaceae (4,1%), les Anacardiaceae, les Apocynaceae, les Araliaceae, les Arecaceae, les Cucurbitaceae, les Hypericaceae, les Rubiaceae avec chacune (2,8%) et enfin 1,2% pour les autres familles : Bignoniaceae, Boraginaceae, Burseraceae, Caricaceae, Casuarinaceae, Cupressaceae, Cyperaceae, Lauraceae, Liliaceae, Musaceae, Myrsinaceae, Nympheaceae, Pinaceae, Rosaceae, Rutaceae, Sterculiaceae, Verbenaceae.

Tab. 4 : Espèces végétales trouvées dans le miel de la région d'Ain Zaâtout

Familles	Espèces
Asteraceae	<p><i>Helianthus annuus</i> (L., 1753), (Annexe II)</p> <p><i>Sonchus arvensis</i> (L., 1753), (Annexe II)</p> <p><i>Centaurea cyanus</i> (L., 1753), (Annexe II)</p> <p><i>Crepis tectorum</i> (L., 1753), (Annexe II)</p> <p><i>Anthemis austriaca</i> (Jacq.), (Annexe II)</p> <p><i>Hieracium aurantiacum</i> (L., 1753), (Annexe II)</p> <p><i>Tragopogon dubius</i> Scop (Annexe II)</p> <p><i>Senecio aquaticus</i> Huds (Annexe II)</p>
Ranunculaceae	<p><i>Adonis microcarpa</i> (Webb et Berth.) (Nyman, 1878)</p> <p><i>Adonis aestivalis</i> = <i>Adonis dentata</i> (Delile, 1813)</p> <p><i>Dephinium consolida</i> (L., 1753), (Annexe II)</p> <p><i>Ranunculus arvensis</i> (L., 1753)</p> <p><i>Ranunculus muricatus</i> (L., 1753)</p>
Campanulaceae	<i>Campanula barbata</i> (L. 1753) (Annexe II)
Papaveraceae	<p><i>Papaver hybridum</i> (L., 1753)</p> <p><i>Papaver rhoeas</i> (L., 1753)</p> <p><i>Roemeria hybrida</i>=<i>Roemeria latiloba</i> (Fedde, 1909)</p> <p><i>Glaucium corniculatum</i> (L., 1753)</p> <p><i>Hypecum pectinata</i> (L., 1753)</p>
Brassicaceae	<i>Malcolmia africana</i> (L.) Br. et Aiton, 1812***

	<p><i>Brassica napus</i> (L., 1753), (Annexe II)</p> <p><i>Dentaria bulbifera</i> (L. 1753)</p> <p><i>Sisymbrium officinale</i> (L., 1763)</p> <p><i>Sisymbrium irio</i> (L., 1753)</p> <p><i>Sisymbrium runcinatum</i> (Lag., ex D.C., 1821)</p>
Primulaceae	<i>Primula elatior</i> (L., 1753), (Annexe II)
Polemoniaceae	<i>Peletonium caeruleum</i> (L., 1753), (Annexe II)
Resedaceae	<p><i>Reseda alba</i> (L., 1753)***</p> <p><i>Reseda phyteuma</i> (L., 1753)</p> <p><i>Reseda lutea</i> (L., 1753)</p>
Frankiniaceae	<i>Frankinia pulverulenta</i> (L., 1753)
Caprifoliaceae	<i>Lonicera periclymenum</i> (L., 1753), (Annexe II)
Caryophyllaceae	<p><i>Stellaria media</i> = <i>Stellaria alpicola</i> (Lamotte, 1877)***</p> <p><i>Spergula arvensis</i> = <i>Stellaria arvensis</i> (L.) Scop., 1771</p> <p><i>Spergularia media</i> = <i>Stellaria media</i> (L.) Vill., 1789</p> <p><i>Pteranthus echinatus</i> (L., 1755)***</p>
Linaceae	<i>Linum strictum</i> (L., 1753)
Malvaceae	<p><i>Malva sylvestris</i> (L., 1753)</p> <p><i>Malva nicaeinsis</i> = <i>Malva circinnata</i> (Viviani., 1825)</p> <p><i>Malva parviflora</i> = <i>Malva flexuosa</i> (Hornem., 1815)***</p> <p><i>Althaea ludwigii</i> (L., 1767)</p> <p><i>Hibiscus rosa sinensis</i> (L., 1753), (Annexe II)</p>

	<i>Hibiscus trionum</i> (L., 1753)
Myrtaceae	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> (Dehnh., 1832), (Annexe II)
Hypericaceae	<i>Hypericum tomentosum</i> (L., 1753)***
Papilionaceae	<i>Hippocrepis comosa</i> (L.), (Annexe II)
Geraniaceae	<i>Geranium dissectum</i> (L., 1755) <i>Erodium laciniatum</i> (Cav.) Willd., 1800 <i>Erodium ciconium</i> (L., 1789)*** <i>Erodium cicutarium</i> (L.) Hér.ex Aiton, 1789 <i>Erodium moschatum</i> (L., 1789) <i>Erodium malachoides</i> (L.) Willd., 1800
Zygophyllaceae	<i>Tribulus terrestris</i> = <i>Tribulus bimucronatus</i> (Kralik., 1849)***
Fabaceae	<i>Acacia cyanophylla</i> (Lindley), (Annexe II) <i>Medicago lupulina</i> = <i>Medica lupulina</i> (L.) Scop., 1772*** <i>Medicago apiculata</i> = <i>Medica apiculata</i> (Willd.) Greene, 1894 <i>Medicago denticulate</i> (Willd., 1802) <i>Medicago pentacycla</i> = <i>M. polymorpha</i> (L.) Cadevall & Sallent, 1913 <i>Medicago tribuloides</i> (Desr., Lam., 1792) <i>Medicago ciliaris</i> (L.) All., 1785 <i>Kentrophyllum lanatum</i> (L.) Duby., 1828***
Synantheraceae	<i>Bellis annua</i> (L., 1753) <i>Micropus supinus</i> (L., 1753)

Boraginaceae	<i>Heliotropium europaeum</i> (L., 1753)*** <i>Heliotropium supinum</i> (L., 1753)
Solanaceae	<i>Solanum nigrum</i> (L., 1753)
Nyctaginaceae	<i>Bougainvillea spectabilis</i> (Willd., 1799)
Verbinaceae	<i>Lantana camara</i> (L., 1753), (Annexe II)
Violaceae	<i>Viola tricolor</i> (L., 1753), (Annexe II)

*** Espèces mellifères trouvées dans le miel étudié (Annexe IV).

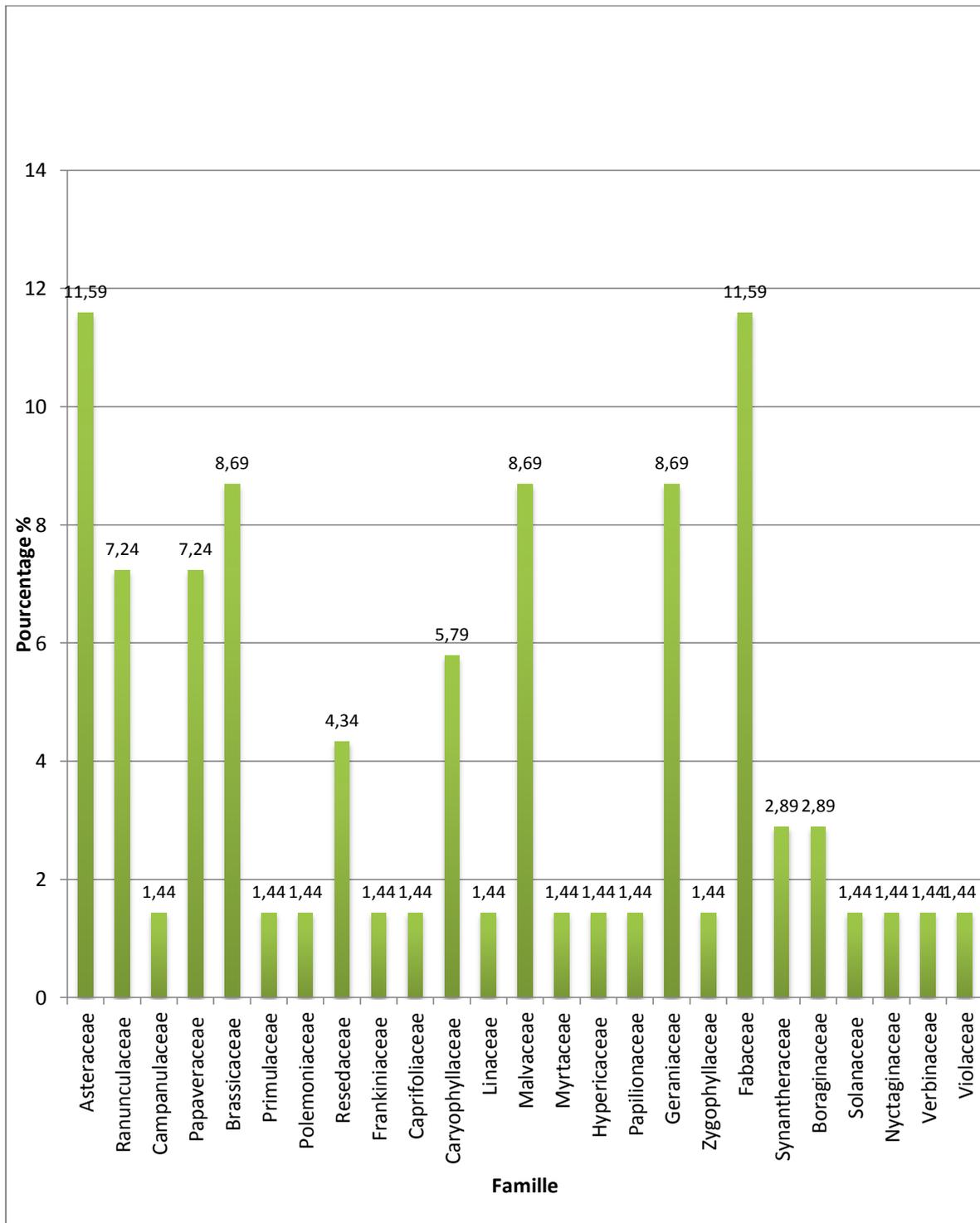


Fig. 20 : Pourcentage des familles végétales trouvées dans le miel d’Ain Zaâtout.

Par ailleurs, le travail réalisé par KOUDEGNAN (2012) au niveau de la zone ecofloristique du Togo a montré que, Euphorbiaceae, Asteraceae, Rubiaceae, et Leguminosae (Caesalpiniaceae, Fabaceae, Mimosaceae) sont les familles les plus représentées en taxons mellifères.

L'étude réalisée par DALUZ (2010) dans deux colonies à Pará de Minas et Minas Gerais au Brésil indique la présence de 9 familles végétales mellifères ; Mimosaceae (8 %), Asteraceae (6%), Arecaceae (3%), Euphorbiaceae (3%), Fabaceae (3%), Rubiaceae (3%), Caesalpiniaceae (2%), Moraceae (2%) et Myrtaceae (2%).

Les analyses polliniques réalisées par SAJWANI et al (2007) sur le miel d'Oman indiquent que *Ziziphus spina-christi*, *Prosopis juliflora*, *Prosopis cineraria* et constituent les principales sources de nectar et de pollen pour les abeilles au cours de l'hiver. En revanche durant l'été, *Acacia tortilis*, *Maerua crassifolia*, *Phoenix dactylifera*, *Prosopis cinerea*, et *Prosopis juliflora* sont les sources de nectar les plus importants.

Par ailleurs, l'étude réalisée sur le miel portugais par FIAS et al (2010) indique que les familles végétales mellifères, Fabaceae et Rosaceae, fourni le plus grand nombre de types de pollen avec respectivement (*Acacia*, *Cytisus*, *Chamaespartium*, *Genista*, *Lotus*, *Medicago*, *Trifolium* et *Vicia*) et (*Prunus*, *Pyrus* et *Rubus*).

4.2.2- Corrélation entre espèces végétales trouvées dans le miel

L'analyse de 10 échantillons de miel choisis au hasard (Tab. 5) indique l'existence d'une corrélation entre espèces végétales butinées par l'abeille.

L'hypothèse H zéro posée suppose que les moyennes sont égales et que de ce fait le choix de l'abeille des espèces végétales bien déterminées est absent ou négatif. L'hypothèse H zéro est rejetée si F est supérieure à la valeur théorique. Le carré moyen entre espèces végétales choisis est égal à 68,93. Il est beaucoup plus grand que le carré moyen de groupe de variétés (à l'intérieur des groupes), soit 24,16 (Fig. 22). Ce rapport entre les groupes quadratiques moyens et au sein des groupes quadratiques moyens, F observé est égal à 2,85. Il existe une variabilité beaucoup plus élevé entre les groupes d'espèces végétales butinées par l'abeille, qu'au sein de groupes des mêmes espèces végétales. Ainsi l'hypothèse H 0 est rejetée tandis que l'hypothèse H1 est acceptée, concluant l'existence de relation entre espèces végétales butinées par l'abeille soit en fonction de la couleur ou bien l'odeur spécifique fournie par les fleurs soit la densité des

fleurs. Par ailleurs, la comparaison entre les moyennes des espèces végétales butinées, par le test de Levene, indique que $F_{ob.}$ (Valeur observée) = 2,85, supérieure à $F_{cri.}$ (Valeur critique) = 2,06 à 5% et 2,74 à 1% pour un ddl égal à 8 et $p = 0,0076$. Le risque d'erreur est généralement égal 0,05. L'inégalité des variances est donc significative.

Tab. 5 : Nombre de grains de pollens trouvés dans le miel étudié

Espèces végétales mellifères	<i>Malva parviflora</i>	<i>Stellaria media</i>	<i>Malcolmia africana</i>	<i>Reseda alba</i>	<i>Tribulus terrestris</i>	<i>Pteranthus echinatus</i>	<i>Hypericum tomentosum</i>	<i>Medicago lupulina</i>	<i>Kentrophyllum lanatum</i>	<i>Heliotropium europaeum</i>	<i>Erodium ciconium</i>	TOT
Ech1	0	15	23	12	10	2	4	0	0	0	0	66
Ech 2	0	10	32	6	5	1	1	3	1	0	0	59
Ech3	0	20	23	7	18	2	1	3	3	0	0	77
Ech 4	2	16	28	10	15	0	2	1	2	2	0	78
Ech 5	2	18	47	15	20	0	3	5	1	0	2	113
Ech6	0	16	56	15	32	0	0	0	0	0	0	119
Ech 7	3	18	36	10	30	0	2	4	5	0	1	109
Ech 8	0	8	18	3	4	0	1	2	0	1	0	37
Ech 9	2	9	26	9	6	0	4	5	3	3	2	69
Ech 10	0	7	19	5	7	2	0	0	0	0	0	40

	Malva parviflora	Stellaria media	Malcolmia africana	Reseda alba	Tribulus terrestris	Pteranthus echinatus	Hypericum tomentosum	Medicago lupulina	Kentrophyllum lanatum	Heliotropium europaeum	Erodium cicutarium
Malva parviflora	1	0,2340	0,1731	0,2807	0,3128	-0,5786	0,4330	0,5776	0,7071	0,3651	0,6944
Stellaria media	0,2340	1	0,3854	0,5612	0,7568	0,2527	-0,0811	-0,0475	0,3364	-0,5041	-0,0072
Malcolmia africana	0,1731	0,3854	1	0,7781	0,7428	-0,4184	-0,2855	-0,0029	-0,1146	-0,3671	0,2454
Reseda alba	0,2807	0,5612	0,7781	1	0,6544	-0,1535	0,2431	-0,1179	-0,1083	-0,2236	0,3425
Tribulus terrestris	0,3128	0,7568	0,7428	0,6544	1	-0,2277	-0,3301	-0,0972	0,3018	-0,4426	0,0573
Pteranthus echinatus	-0,5786	0,2527	-0,4184	-0,1535	-0,2277	1	0,1002	-0,2755	-0,1091	-0,4226	-0,4464
Hypericum tomentosum	0,4330	-0,0811	-0,2855	0,2431	-0,3301	0,1002	1	0,3183	0,1531	0,3953	0,6013
Medicago lupulina	0,5776	-0,0475	-0,0029	-0,1179	-0,0972	-0,2755	0,3183	1	0,5817	0,2109	0,8184
Kentrophyllum lanatum	0,7071	0,3364	-0,1146	-0,1083	0,3018	-0,1091	0,1531	0,5817	1	0,1936	0,3819
Heliotropium europaeum	0,3651	-0,5041	-0,3671	-0,2236	-0,4426	-0,4226	0,3953	0,2109	0,1936	1	0,3381
Erodium cicutarium	0,6944	-0,0072	0,2454	0,3425	0,0573	-0,4464	0,6013	0,8184	0,3819	0,3381	1

Fig. 21 : Corrélation entre espèces végétales mellifères signalées (pollens analysés) dans le miel d'Ain Zaâtout

Résultat de l'analyse de variance

TABLEAU DE L'ANALYSE DE VARIANCE							
Sources	SCE	ddl	CM	F	F limite à 5%	F limite à 1%	p
Entre sujets	8976,32	10					
Mesures	551,41	8	68,93	2,85	2,06	2,74	0,00767
Erreur	1932,59	80	24,16				
Totale	11460,32	98					

Fig. 22 : ANOVA à une dimension pour mesures répétées

De l'analyse des résultats obtenus (Fig. 21) on peut dire qu'il existe une relation étroite entre *Medicago lupulina* et *Erodium ciconium* avec $r = 0,81$, de même pour *Malcolmia africana* et *Reseda alba*, *Stellaria media* et *Tribulus terrestris*, *Malcolmia africana* et *Tribulus terrestris*, *Kentrophyllum lanatum* et *Malva parviflora*, dont le coefficient de corrélation r est respectivement, 0,77, 0,75, 0,74 et 0,70.

4.3- Analyses des composés phénoliques

Les composés phénoliques sont abondants dans les fruits et boissons. Ils sont également présents dans le miel, leur contenu dépend de l'origine botanique du miel (SARIC *et al*, 2012).

4.3.1- Phénols totaux

Le tableau 6 montre le contenu total des phénols du miel de la région d'Ain Zaâtout. La méthode de Folin Ciocalteu est largement utilisée pour évaluer les composés phénoliques totaux. Le réactif de Folin peut réagir avec d'autres composés réducteurs non-phénoliques et conduire à une surévaluation du contenu phénolique. Autres substances réductrices telles que certains sucres et acides aminés pourraient aussi interférer avec le test. En outre, les résultats doivent être exprimés en équivalents d'un composé de type particulier comme la catéchine, l'acide gallique ou de l'acide tannique.

Tab. 6 : Contenu phénolique total en mg d'équivalent d'acide gallique /100g du miel d'Ain Zaâtout.

Echantillon du miel	Concentration (g/ml)	
	0,2	0,4
M1	16,63	40,81
M2	21,36	43,24
M3	17,5	41,13
M4	16,13	40,15
Moyenne ± SD	17,9±2,37	41,33±1,34

SD : Standard Deviation

La valeur moyenne du contenu phénolique total du miel d'Ain Zaâtout est de $17,9 \pm 2,37$ pour une concentration du miel de 0,2 g/ml et de $41,33 \pm 1,34$ pour une concentration de 0,4 g/ml. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par SARIC *et al* (2012), ces derniers montrent que la valeur de contenu phénolique total du miel multifloral varie entre 141,14 et 247,81 mg GAE/ Kg avec la valeur moyenne est de 201,14 mg GAE/ kg du miel. IBRAHIM *et al* (2011) déterminent une valeur moyenne de 485.82 mg GAE/kg pour le miel de Tualang, et une valeur de $449,71 \pm 1,84$ mg GAE/Kg pour le miel de Gelam. IBRAHIM *et al* (2012) ont été trouvés que la concentration moyenne de polyphénols pour 4 échantillons de miel algérien a été établi à $459,83 \pm 1,92$ mg GAE/ kg.

Des résultats inférieurs mentionnés par SARIC *et al* (2012) avec une gamme de 69,71 à 112,57 mg GAE/ kg du miel d'acacia d'une valeur moyenne de 86,26 mg GAE/ kg. Les travaux réalisés par IBRAHIM *et al* (2011) sur le miel des régions tropicales indiquent que la moyenne des composés phénoliques est $166,97 \pm 3,12$ mg GAE/Kg. MOHAMED *et al* (2010) mentionnent que la moyenne des composés phénoliques totaux du miel de Tualang en Malaisie est de $251,7 \pm 7,9$ mg GAE/Kg.

L'étude de PILJAC-ŽEGARAC *et al* (2009) a montré des valeurs fortement supérieures à celles obtenues dans la région d'Ain Zaâtout dont le contenu de TP pour le miel d'Arbousier est de 78,96 mg GAE/100 g et 114,75 mg GAE/100 g pour le miel de miellat.

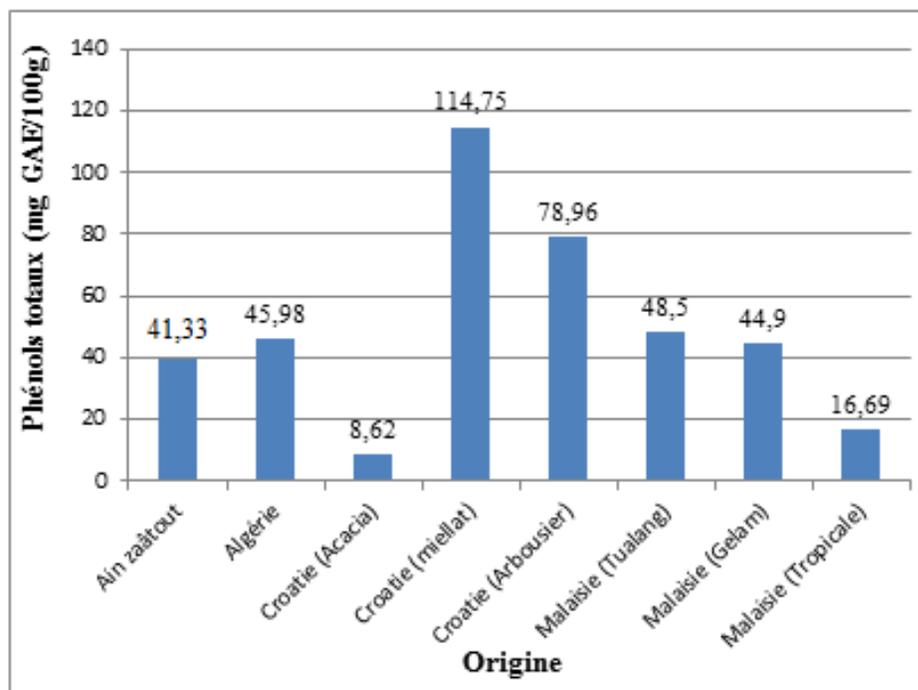


Fig. 23 : Taux de phénols totaux du miel étudié et miels d'origines différents.

La teneur en phénols totaux du miel d'Ain zaâtout est similaire à ceux du miel d'Algérie (échantillon standard), Malaisie (Tualang) et Malaisie (Gelam) (Fig. 23) , elle est supérieure au miel tropicale de Malaisie et miel d'Acacia de Croatie. Le miel de miellat et d'Arbousier de Croatie présentent une teneur en phénols totaux très élevés. SABA *et al* (2011), montrent que les teneurs totales phénoliques varient en fonction de la localisation géographique des différentes sources florales, comme la Malaisie, le Burkina Faso et la Turquie. La teneur moyenne de TP obtenue durant la période d'échantillonnage est liée positivement au contenu TP des miels provenant de diverses sources florales rapportés dans la littérature.

La teneur en polyphénols totaux du miel d'Ain Zaâtout testée est supérieure à celle obtenue pour les deux miels de Malaisie, miel de Tualang et miel tropical, ainsi que celle

d'Acacia (*Robinia pseudoacacia L.*), qui sont plus légers en couleur. Le niveau élevé de polyphénols dans le miel d'Ain Zaâtout explique leur capacité anti oxydante élevée.

L'activité anti oxydante du miel naturel dépend largement de leur composition chimique, tels que les composés phénoliques, flavonoïdes, enzymes, acides organiques, acides aminés, l'acide ascorbique, caroténoïdes, et leurs origines. Ainsi, les composés phénoliques ou polyphénols sont l'une des plus importantes classes de composés trouvés dans le miel. (IBRAHIM *et al.*, 2012).

4.3.2- Flavonoïdes totaux

Les résultats obtenus durant la période d'échantillonnage (Tab. 7) (Fig. 24) montrent la différence en contenu total des composés phénoliques dans le miel d'Ain zaâtout en fonction des concentrations étudiées. La teneur en composés phénolique augmente de façon significative avec la concentration du miel.

Tab. 7 : Flavonoïdes en mg d'équivalent quercétine /100g du miel d'Ain Zaâtout

Echantillon du miel	Concentration (g/ml)	
	0,2	0,4
M1	15,52	25,81
M2	14,42	23,44
M3	15,36	24,45
M4	14,57	23,87
Moyenne ± SD	14,97 ± 0,55	24,39 ± 1,03

SD : Standard Deviation

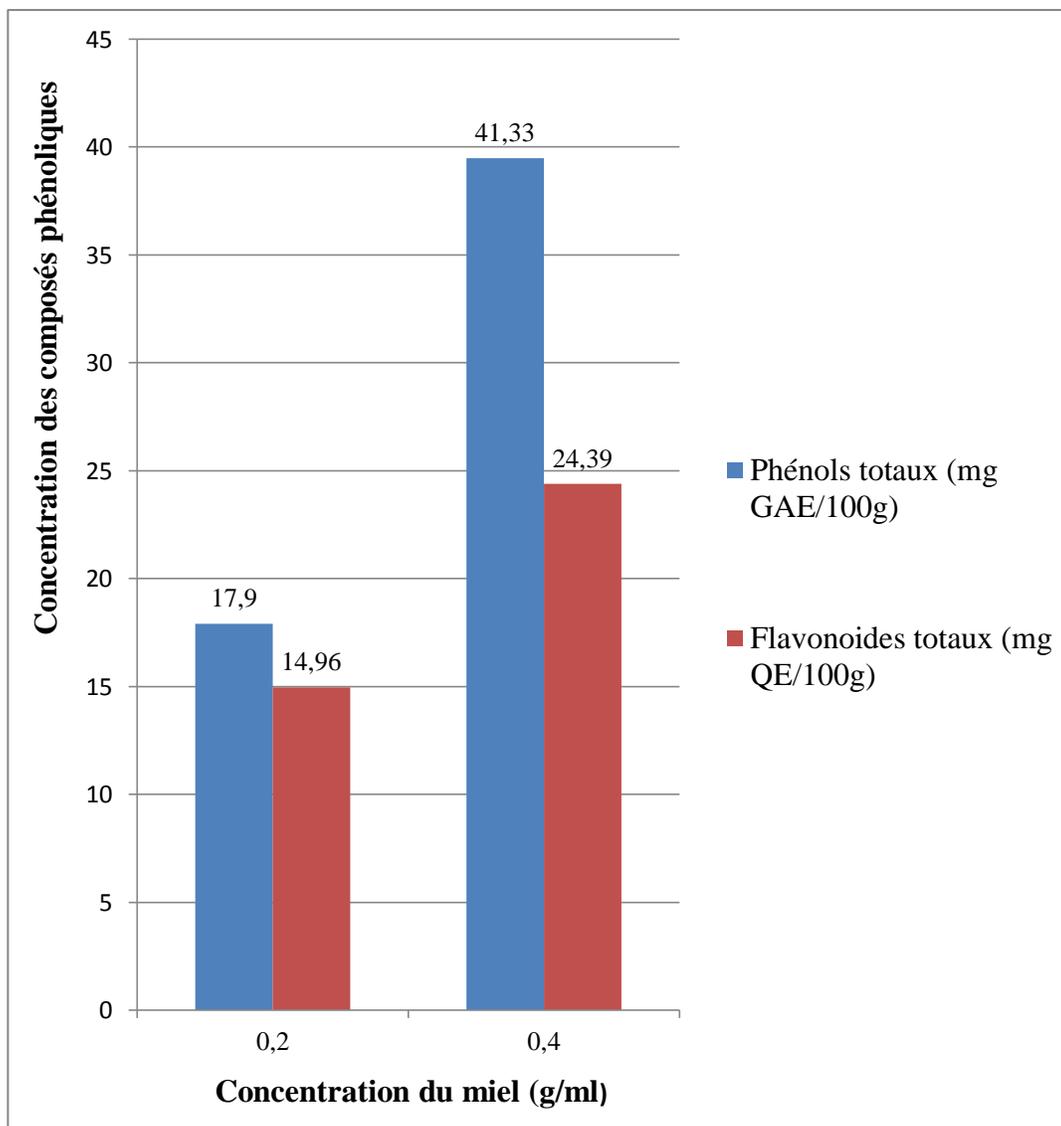


Fig. 24 : Taux des composés phénoliques en fonction de la concentration du miel.

La valeur moyenne de la teneur en flavonoïdes totaux du miel d'Ain Zaâtout est de $14,97 \pm 0,55$ pour une concentration du miel de 0,2 g/ml et de $24,39 \pm 1,03$ pour 0,4 g/ml (Tab. 7). Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par SARIC *et al* en 2012. Ces derniers déterminent les valeurs initiales de la teneur en flavonoïdes totaux du miel d'Acacia, qui varient de 8,29 à 29,65 mg QE/100 g par rapport à la valeur moyenne, 15,26 mg QE /g. Les valeurs initiales du miel multi floral varient de 19,92 à 28,65 mg QE/100 g par rapport à la valeur moyenne, 25,37 mg QE/100 g. Pour le miel de Tualang, IBRAHIM *et al* (2011) montrent que la teneur en flavonoïdes totaux est de $233,99 \pm 2,81$ mg QE/kg et $227,57 \pm 2,91$

mg QE/Kg. Selon IBRAHIM KHALIL *et al* (2012), les flavonoïdes sont des composés phénoliques de faible poids moléculaire qui sont des éléments essentiels pour l'arôme et ses propriétés antioxydantes du miel. Ils ont déterminé une valeur moyenne de $5,42 \pm 0,62$ mg CEQ/Kg, ce qui est très faible par rapport à nos résultats.

La teneur en flavonoïdes totaux du miel de Malaisie, Algérie (échantillon standard) et Turquie est très faible par rapport au miel d'Ain zaâtout (Fig. 25). En effet, la teneur en flavonoïdes du miel d'Ain zaâtout (24,39 mg QE/100g) est plus élevée que celles de la Turquie et de Malaisie qui sont respectivement 2,28 et 2,53 mg QE/100g.

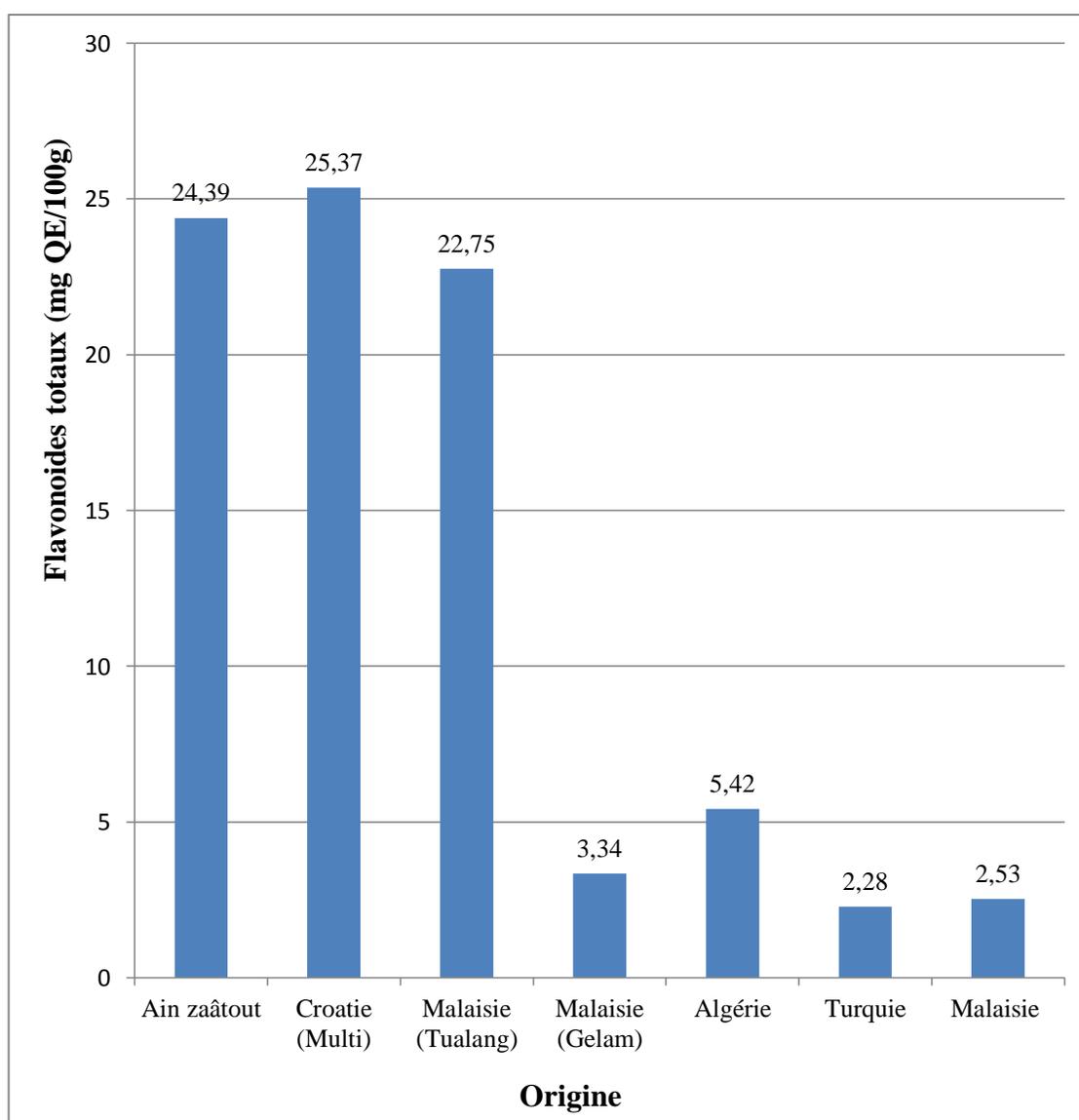


Fig. 25 : Taux de flavonoïdes totaux du miel étudié et miels d'origines différentes.

Les flavonoïdes sont reconnus par leurs hautes activités pharmacologiques comme piègeurs de radicaux. L'intérêt récent pour ces substances a été stimulé par les avantages potentiels pour la santé découlant de leurs activités antioxydantes et antiradicalaires contre les maladies coronariennes et le cancer (SABA *et al.*, 2011). Le miel de la région d'Ain zaâtout est caractérisé par un taux élevé en composés phénoliques, ce qui explique leur capacité antioxydante. Il existe une relation étroite entre la concentration en composés phénolique du miel et origine des espèces végétales visitées par l'abeille.

Conclusion

Conclusion générale

Les caractéristiques physico-chimiques du miel d'Ain zaâtout, sa teneur en eau, sa teneur en cendre, son pH, son acidité libre et sa conductivité électrique sont conformes aux normes proposées par la commission du Codex Alimentarius.

La teneur en eau est très importante pour la durée de vie du miel lors du stockage et peut conduire à leur fermentation indésirable. En effet, le miel d'Ain zaâtout est proche de celui du miel d'Acacia produit en Croatie. La teneur en cendre du miel d'Ain zaâtout est proche de celle obtenue en zone cultivée au Pakistan, cela veut dire que le miel étudié est d'origine arboricole ou forestière. La valeur du pH des échantillons du miel analysés est typique au miel de fleurs à nectar. Par ailleurs, l'acidité libre du miel d'Ain zaâtout est proche du miel de Colombie et d'Algérie (échantillon standard), supérieur à celle du Maroc et du miel d'Acacia de Croatie mais elle est inférieure au miel du Pakistan.

Les valeurs de la conductivité électriques sont inférieurs cela veut dire que ce sont des miels à nectars.

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

La Méliissopalynologie a permis l'identification de 25 familles et 69 espèces végétales. Les familles végétales mellifères les plus dominantes sont Asteraceae et Fabaceae, Brassicaceae, Malvaceae, Geraniaceae, Ranunculaceae et Papaviraceae. Les familles végétales moyennement représentées sont Caryophyllaceae, Resedaceae, Synantheraceae et Boraginaceae. Les familles végétales faiblement représentées sont Campanulaceae, Primulaceae, Frankiniaceae, Caprifoliaceae, Linaceae, Myrtaceae, Polemoniaceae, Hypericaceae, Papilionaceae, Zygophyllaceae, Solanaceae, Nyctagenaceae, Verbinaceae et

Violaceae. En effet, le miel de la région d'Ain Zaatout est caractérisé par la dominance de 2 familles, Asteraceae et Fabaceae.

Il existe une relation étroite entre espèces végétales mellifères *Medicago lupulina* et *Erodium ciconium*, de même pour *Malcolmia africana* et *Reseda alba*, *Stellaria media* et *Tribulus terrestris*, *Malcolmia africana* et *Tribulus terrestris*, *Kentrophyllum lanatum* et *Malva parviflora*, dont le coefficient de corrélation est important.

Le miel de la région d'Ain zaâtout est caractérisé par un taux élevé en composés phénoliques, ce qui explique leur effet antioxydant. Il existe une relation étroite entre la concentration en composés phénolique du miel et origine des espèces végétales visitées par l'abeille.

L'étude des caractéristiques physicochimique, la Méliissopalynologie et composés phénoliques du miel de la région sud des Aurès et plus spécifiquement, celui de la région d'Ain zaâtout mérite d'être poursuivie pour identifier et quantifier les composants biologiquement actifs, utilisées pour le traitement des plusieurs maladies.

*Références
bibliographiques*

ABDESSEMED K., 1985 - Les problèmes de la dégradation des formations végétales dans l'Aurès (Algérie). Institut de Technologie Forestière, forêt méditerranéenne, T.VII, N° 1.

ALVAREZ L.M., 2010 - Honey Proteins and their Interaction with Polyphenols. Submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science, Univ. Brock, 93 p.

AMROUCHE L. et KESSI L., 2003 - Etude de la qualité physico-chimique de quelques miels. Mémoire. Ingénieur. U.S.T.H.B. ALGER. 49 p.

AMROUCHE Y., 2010 – Les brèves du réseau Alimentation et Technologies Agro-Alimentaires, Brèves du 10 au 24 Avril 2014.

ANCHLING F., 2009 - Raconte-moi le miel. L'abeille de France. APISERVICES, Galerie Apicole Virtuelle.

ANSO J., 2012 - Du miel à volonté. D2A, N°. 1, 23 p.

APAN A., 2002 - Caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques des miels de quelques marchés des Hauts Plateaux de l'Ouest Cameroun. Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur Agronome, Option Productions Animales, Université de Dschang, FASA, 40 p.

AZERDO L.C., AZERDO M.A.A., SOUZA S.R., DUTRA V.M.L., 2003 - Protein contents and physicochemical properties in honey samples of *Apis mellifera* of different floral origins. Food Chemistry, 80, 249-254.

BADAWY O.F.H., SHAFII S.S.A., THARWAT E.E. and KAMAL A.M., 2004 - Antibacterial activity of bee honey and its therapeutic use fullness against *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella typhimurium* infection. Rev. sci. tech. Off. int. Epiz, Vol. 23, N°. 3, 1019-1022.

BALTRUSAITYTE V., VENSKUTONIS P.R. and CEKSTERYTE V., 2007 - Antibacterial Activity of Honey and Bee bread of Different Origin Against *S. aureus* and *S. epidermidis*. Food Technol, Biotechnol, 45 (2), 201–208.

BARBONI T., 2006 - Contribution de méthodes de la chimie analytique à l'amélioration de la qualité de fruits et à la détermination de mécanismes (EGE) et de risques d'incendie. Thèse de doctorat, Univ. Bretagne, 292 p.

BENARD C., 2009 - Etude de l'impact de la nutrition azotée et des conditions de culture sur le contenu en polyphénols chez la tomate. Thèse de doctorat, Univ. France, 265 p.

BENAZIZA B.D. et SCHWEITZER P., 2010 - Caractérisation des principaux miels des régions du Nord de l'Algérie ; Cahier Agricultures, Vol. 19, N° 6, 432-8.

BLANC M., 2010 - Propriétés et usage médical des produits de la ruche. Thèse de doctorat, Univ. Limoges, 142 p.

BOGDANOV S., VIT P. et KILCHENMANN V., 1996 - Sugar profiles and conductivity of stingless bee honeys from Venezuela , Apidologie, 27,445-450.

BOGDANOV S., LÜLLMANN C., MARTIN P., WERNER V.O., HARALD R., GÜNTHER V., LIVIA P.O., ANNA G.S., MARCAZZAN G.L., PIRO R., FLAMINI C., MORLOT M., LHERITIER J., BORNECK R., MARIOLEAS P., TSIGOURI A., KERKVLIT J., ORTIZ A., IVANOV T., D'ARCY B., MOSSEL B. et VIT P., 2001 - Qualité Du Miel et Normes Internationales Relatives Au Miel. RAPPORT DE LA COMMISSION INTERNATIONALE DU MIEL. APISERVICES, Galerie Apicole Virtuelle.

BOGDANOV S., BIERI K., GREMAUD G., IFF D., KANZIG A., SEILER K., STOCKLI H. et ZURCHER K., 2003 - Produits Apicoles. 23 A Miel, 1-37.

BOGDANOV S., JURENDIC T., SIEBER R. et GALLMANN P., 2008 - Honey for Nutrition and Health: a Review. American Journal of the College of Nutrition, 27, 677-689.

BRADBPEAR N., 2005 - Apiculture et moyens d'existence durables. Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. ISSN 1813-6001, Rome, 64 p.

BRUNETON J., 1999 - Pharmacognosie : phytochimie, plantes médicinales. Paris.

CANINI A., DE SANTIS L., LEONARDI D., DI GIUSTINO P., ABBALE F., DAMESSE E. et COZZANI R., 2005 - Qualificazione dei miele e piante nettariifere del Camerun Occidentale. La Rivista di Scienza dell'Alimentazione, anno 34 n, 4.

CHAABI M., 2008 - Etude phytochimique et biologique d'espèces végétales africaines : *Euphorbia stenoclada* Baill. (Euphorbiaceae), *Anogeissus leiocarpus* Guill. & Perr. (Combretaceae), *Limoniastrum feei* (Girard) Batt. (Plumbaginaceae). Thèse de doctorat, Univ. Louis Pasteur, 266 p.

CODEX ALIMENTARIUS., 2001 - PROGRAMME MIXTE FAO/OMS SUR LES NORMES ALIMENTAIRES. Commission du Codex Alimentarius. ALINORM 01/25, 1-31.

COUNCIL DIRECTIVE OF THE EUROPEAN UNION., 2002 - Council Directive 2001/110/EC of 20 December 2001 relating to honey. Official Journal of the European Communities. L10, 47-52.

CRANE E., 1991 - Bees and Beekeeping: Science, Practice and World Resources Heinemann Newnes, Oxford.

DALUZ F., 2010 - Antibacterial Activity of Honey and Bee bread of Different Origin Against *S. aureus* and *S. epidermidis*. Food Technol, Biotechnol, 45 (2), 201–208.

DAVID H., CARLOS A. U. and GOMEZ-CORDOVES C., 2011- Role of honey polyphenols in health. Journal of Api Product and Api Medical Science, 3 (4), 141 – 159.

DERRIDJ A., 2011- La Biodiversité en Algérie face aux impacts anthropiques et aux risques biotiques et abiotiques. Mistrals International Workshop, La Valette, Malte, Univ. Tizi-ouzou, 61 p.

DJERIDANE A., YOUSFI M., NADJEMI B., BOUTASSOUNA D., STOCKER P. and VIDAL N., 2006 - Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compound. Food Chem, 97, 654-660.

DONADIEU Y.,1978 - Les Produits De La Ruche. Thérapeutiques naturelles. Edit, Maloine S. A, Paris.

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.

ESTI M., PANFILI G., MARCONI E. and TRIVISONO M.C., 1997- Valorization of the honeys from Molise region trough physico-chemical, organoleptic and nutritional assessment. Food Chemistry, 58, 1-2, 12-128.

FARAWAY J., 2002 - Regression Modeling of Motion with Endpoint Constraints. *J. Visualization and Computer Animation*, Vol. 1: 31 - 41.

FUENMAYOR C.A., ZULUAGA-DOMINGUEZ C.M., DIAZ-MORENO A.C. and QUICAZAN M.C., 2012 - 'MIEL DE ANGELITA': Nutritional Composition and Physicochemical Properties of *Tetragonisca angustula* HONEY. *FEB*, Vol. 37, N° 2, 142-147.

GAMET-PAYRASTRE L., MANENTI S., GRATACAP M.P., TULLIEZ J., CHAP H. and PAYRASTRE B., 1999 - Flavonoids and the inhibition of PKC and PI 3-kinase. *General Pharmacology*. 32, 279-286.

GONNET M. and VACHE G., 1985 - Le goût du miel. Edit, U.N.A.F, Paris, 146 p.

HABIB A., 2009 - La production de miel en Algérie, www.djazairess.com

HADJ SALEM J., 2009 - Extraction, identification, caractérisation des activités biologiques de flavonoïdes de *Nitrariaretusa* et synthèse de dérivés acyles de ces molécules par voie enzymatique. Thèse de doctorat, Univ. France, 270 p.

HARBORNE B., 1989 - Methods in plant biochemistry, plant phenolics. Academic press, London, UK.

HARMONISED METHODS OF THE INTERNATIONAL HONEY COMMISSION (I.H.C.), 2002 - International Honey Commission, Swiss Bee Research Centre, 62 p.

IBRAHIM KHALIL Md., MOHAMED M., JAMALULLAIL S.M.S., ALAM N. and SULAIMAN S.A., 2011- Evaluation of Radical Scavenging Activity and Colour Intensity of

Nine Malaysian Honeys of Different Origin. *Journal of Api Product and Api Medical Science*, 3 (1), 04 – 11.

IBRAHIM KHALIL MD., MONIRUZZAMAN M., BOUKRAA L., BENHANIFIA M., ASIFUL ISLAM MD., NAZMUL ISLAM MD., SULAIMAN S.A. and HUA GAN S., 2012 - Physicochemical and Antioxidant Properties of Algerian Honey. *Journal molecules*, 17, 11199-11215.

JOURNAL OFFICIEL DU GRAND-DUCHE DE LUXEMBOURG (J.O.L.), 1970 - Règlement ministériel du 5 février 1970 fixant les méthodes d'analyse de référence en matière de miel et des produits similaires. Le Ministère de la santé Publique, N°. 12, 292-321.

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, 169 p.

KOUDEGNAN., 2012- La ruche d'abeille, www.laruchequiditoui.fr/394

LACHAL M., 2013- La production de la ruche d'abeille en Algérie, <http://www.algerie360.com/>

LEGENDRE L. et LEGENDRE P., 1984 – Ecologie numérique - le traitement multiple des données écologiques. Ed. Masson, Paris, coll. « Presses Univ. Québec », T. 1, 260 p.

LEZINE A.M., 2011 - Introduction à la Palynologie. Edit, Société Géologie Nancy, France.

LOUVEAUX J. et MAURIZIO A., 1963 -Méthodes d'analyse pollinique du miel. Commission Internationale de Botanique Apicole (U. I. S. B).Ann, Abeille, 6 (I), 75-76.

MALIKA N., FAID M. and EL ADLOUNI C., 2005 - Microbiological and Physico-Chemical Properties of Moroccan Honey. *International Journal Of Agriculture &Biology*, Vol. 7, N°.5, 773–776.

MEYER S., REEB C. et BOSDEVEIX R., 2004 - Biologie et physiologie végétales. Botanique. Edit, Maloine S. A, Paris, 461 p.

MITARD A., 1941 - Aperçu des grands traits géographiques de l'Aurès, Algérie. Rev. Géol. Alpine, Vol. 29 : 557 - 578.

MOHAMED M., SIRAJUDEEN K.N.S., SWAMY M., YAACOB N.S. and SULAIMAN M., 2010 - Studies on the Antioxidant Properties of Tualang Honey of Malaysia. Afr. J. Trad. CAM, 7 (1), 59 – 63.

NGUEMO DD., FOKO J., PINTA JY., NGOUO LV., TCHOUMBOU J. et ZANGO P., 2004 - Inventaire et identification des plantes mellifères de la zone soudano-guinéenne d'altitude de l'ouest Cameroun. Tropicultura, 22(3): 139-145

NJIA N.M., 1998 - Caractéristiques socio-économique et technique de l'apiculture dans les Hauts Plateaux de l'Ouest Cameroun. Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur Agronome. Université de Dschang, FASA, 75 p.

NKHILI EZ., 2009 - Polyphénols de l'Alimentation : Extraction, Interactions avec les ions du Fer et du Cuivre, Oxydation et Pouvoir antioxydant. Thèse de doctorat, Univ. Marrakech, 320 p.

O.N.S., 2008 - Algérie en quelques chiffres, Office National des statistiques.

PILJAC-ŽEGARAC J., STIPCEVIC T. and BELSCAK A., 2009 - Antioxidant properties and phenolic content of different floral origin honeys. Journal of Api Product and Api Medical Science, 1 (2), 43 – 50.

PORTET B., 2007- Recherche bioguidée de molécules antipaludiques d'une plante guyanaise *Piper hostmannianum var. Berbicense*. Thèse de doctorat, Univ. Toulouse, 270 p.

ROSSANT A., 2011- Le miel, un composé complexe aux propriétés surprenantes. Thèse de doctorat, Univ. Limoges, 132 p.

RUEGG M. and Blanc B., 1981 - The water activity of honey and related solutions, Lebensmitt. Wiss. Technol. 14, 1-6.

SABA Z.H., YUSOFF K.M., MAKPOL S. and YUSOFF M.A. Y., 2011- Antioxidant Capacities and Total Phenolic Contents Increase with Gamma Irradiation in Two Types of Malaysian Honey. *Journal molecules*, 16, 6378-6395.

SAJWANI A., FAROOQ S.A., PAZELT A., EITAYEB E.A. et BRYANT V.M., 2007 - Melissopalynological studies from Oman. *Palynology*, 31: 63–79.

ŠARIC G., MARKOVIC K., MAJOR N., KR PAN M., URSULIN-TRSTENJAK N., HRUSKAR M. and VAHCIC N., 2012 - Changes of Antioxidant Activity and Phenolic Content in Acacia and Multifloral Honey During Storage. Original scientific paper, FTB-ms 2946.

SCHWEITZER P., 2009 - Laboratoire d'Analyses et d'Écologie Apicole.

SUC J. P. et DEFER J., 2003 - L'outil palynologique. Publications de l'APBG, Paris, 199 p.

TOMCZAK C., 2010 - Utilisation du miel dans le traitement des plaies. Thèse de doctorat, école nationale vétérinaire, Univ. Lyon, 185 p.

VELIOGLU, Y. S., MAZZA, G., GAO, L. and OOMAH, B. D., 1998 – Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. *Journal of Agricultural Food & Chemistry*, 46, 4113–4117.

VILLIERS B., 1987- Le point sur l'apiculture en Afrique tropicale, 220 p.

ZERROUK H.S., FALLICO B.G., ARENA E.A., GABRIELE F.B. and LARBI A.B., 2011- Quality Evaluation of Some Honey from the Central Region of Algeria. *Jordan Journal of Biological Sciences*, Vol. 4, N°. 4, 243-248.

<http://www.lebonmiel.fr>

<http://www.lesfousdubois.fr>

Annexes

Tab. 8 : Relation entre la teneur en eau et l'indice de réfraction du miel (I.H.C, 2002)

W (g /100g)	R.I (20°C)	W (g /100g)	R.I (20°C)	W (g /100g)	R.I (20°C)
13.0	1.5044	17.2	1.4935	21.4	1.4830
13.2	1.5038	17.4	1.4930	21.6	1.4825
13.4	1.5033	17.6	1.4925	21.8	1.4820
13.6	1.5028	17.8	1.4920	22.0	1.4815
13.8	1.5023	18.0	1.4915	22.2	1.4810
14.0	1.5018	18.2	1.4910	22.4	1.4805
14.2	1.5012	18.4	1.4905	22.6	1.4800
14.4	1.5007	18.6	1.4900	22.8	1.4795
14.6	1.5002	18.8	1.4895	23.0	1.4790
14.8	1.4997	19.0	1.4890	23.2	1.4785
15.0	1.4992	19.2	1.4885	23.4	1.4780
15.2	1.4987	19.4	1.4880	23.6	1.4775
15.4	1.4982	19.6	1.4875	23.8	1.4770
15.6	1.4976	19.8	1.4870	24.0	1.4765
15.8	1.4971	20.0	1.4865	24.2	1.4760
16.0	1.4966	20.2	1.4860	24.4	1.4755
16.2	1.4961	20.4	1.4855	24.6	1.4750
16.4	1.4956	20.6	1.4850	24.8	1.4745
16.6	1.4951	20.8	1.4845	25.0	1.4740
16.8	1.4946	21.0	1.4840		
17.0	1.4940	21.2	1.4835		

Catalogue de quelques espèces végétales récoltées dans la région d'Ain zaâtout et leurs pollens



Campanula barbata(L.)(Campanulaceae)



Primula elatior (L.) (Primulaceae)



Dentaria bulbifera (L.) (Brassicaceae)



Helianthus annuus (L.) (Asteraceae)



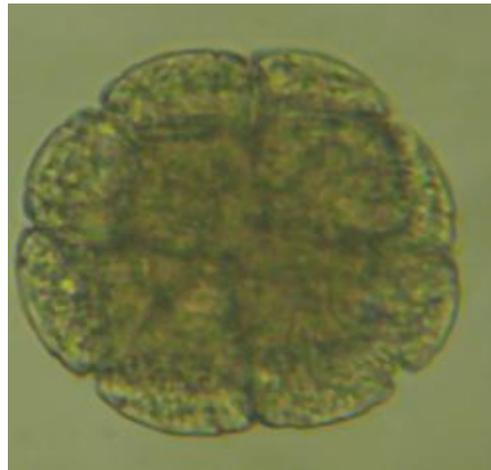
Hibiscus rosa sinensis (L.) (Malvaceae)



Bougainvillea spectabilis (Willd., 1799)



Sonchus arvensis (L.) (Asteraceae)



Acacia cyanophylla (Lindley) (Fabaceae)



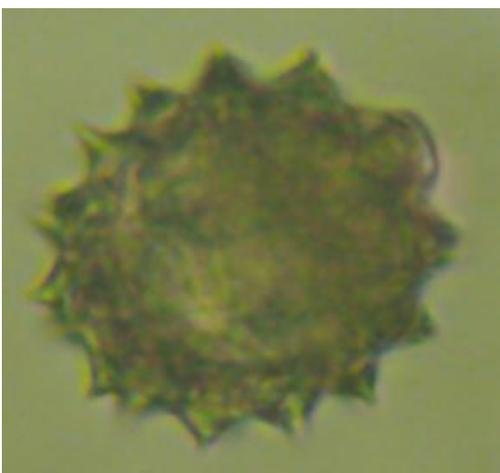
Lantana camara (L.) (Verbinaceae)



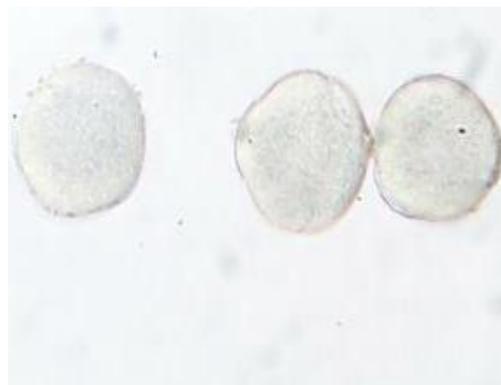
Eucalyptus camaldulensis (Dehnh., 1832) (Myrtaceae)



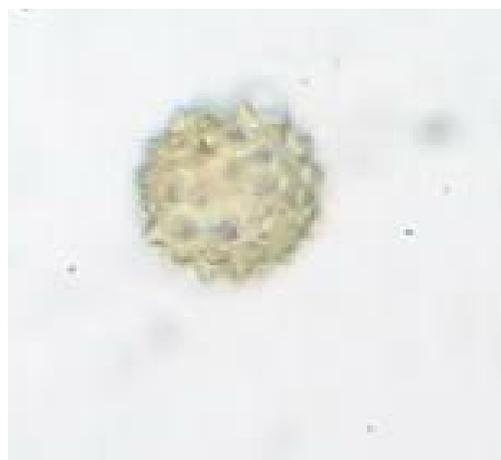
Centaurea cyanus (L.) (Asteraceae) (Compositae)



Anthemis austriaca (Jacq.) (Asteraceae)



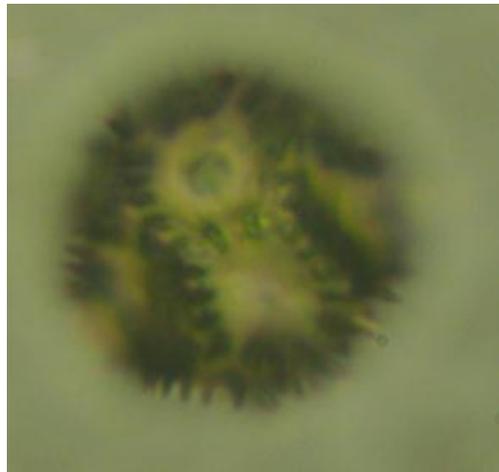
Hippocrepis comosa (L.) (Papilionaceae)



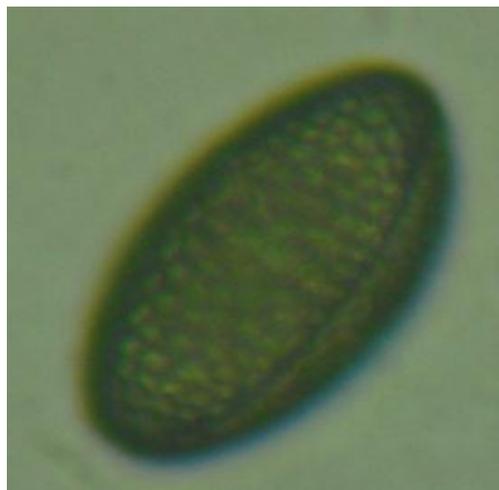
Espèce végétale indéterminée



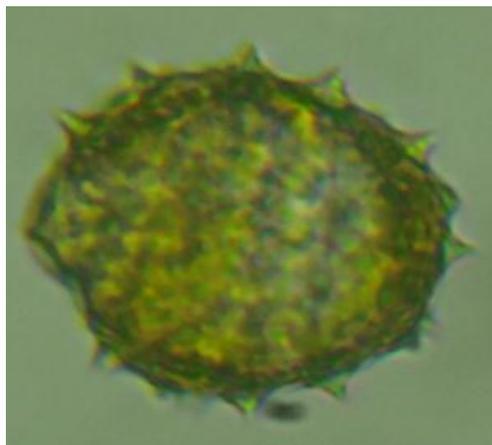
Dephinium consolida (L.) (Ranunculaceae)



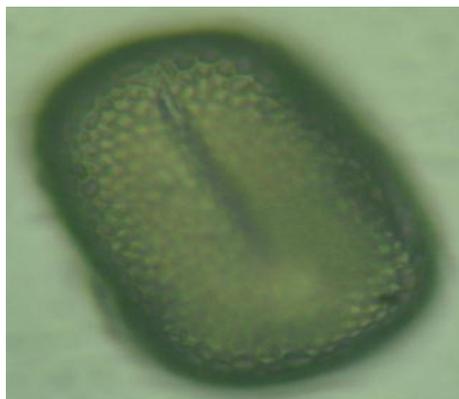
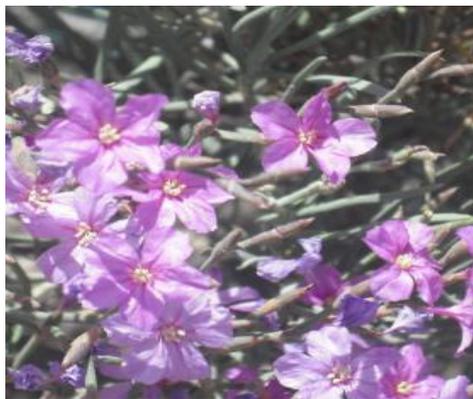
Hieracium aurantiacum (L.) (Asteraceae)



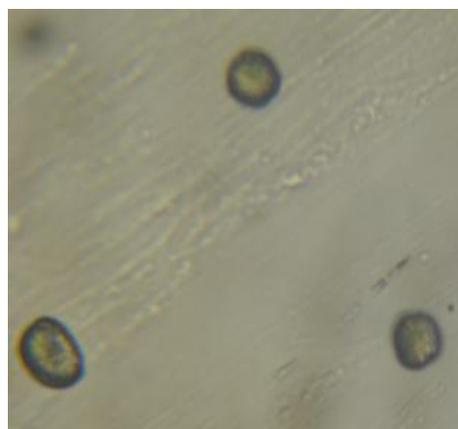
Brassica napus (L.) (Cruciferae) (Brassicaceae)



Tragopogon dubius (Scop.) (Asteraceae) (Compositae)



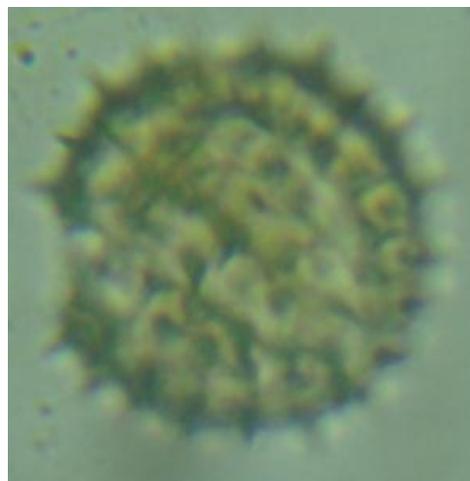
Pelemonium caeruleum (L.) (Polemoniaceae)



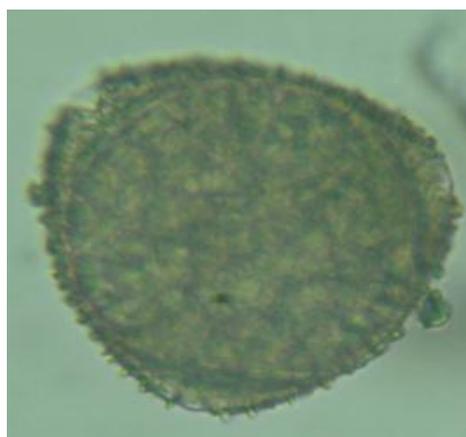
Espèce végétales indéterminée



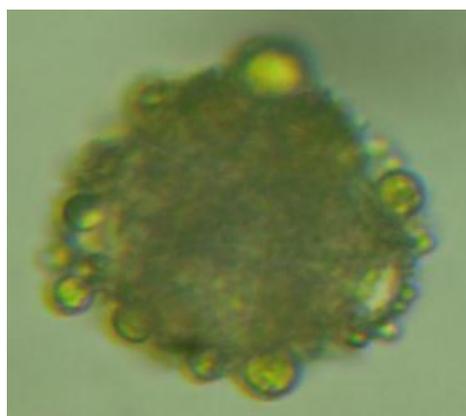
Viola tricolor (L.) (Violaceae)



Senecio aquaticus (Huds.) (Asteraceae) (Compositae)

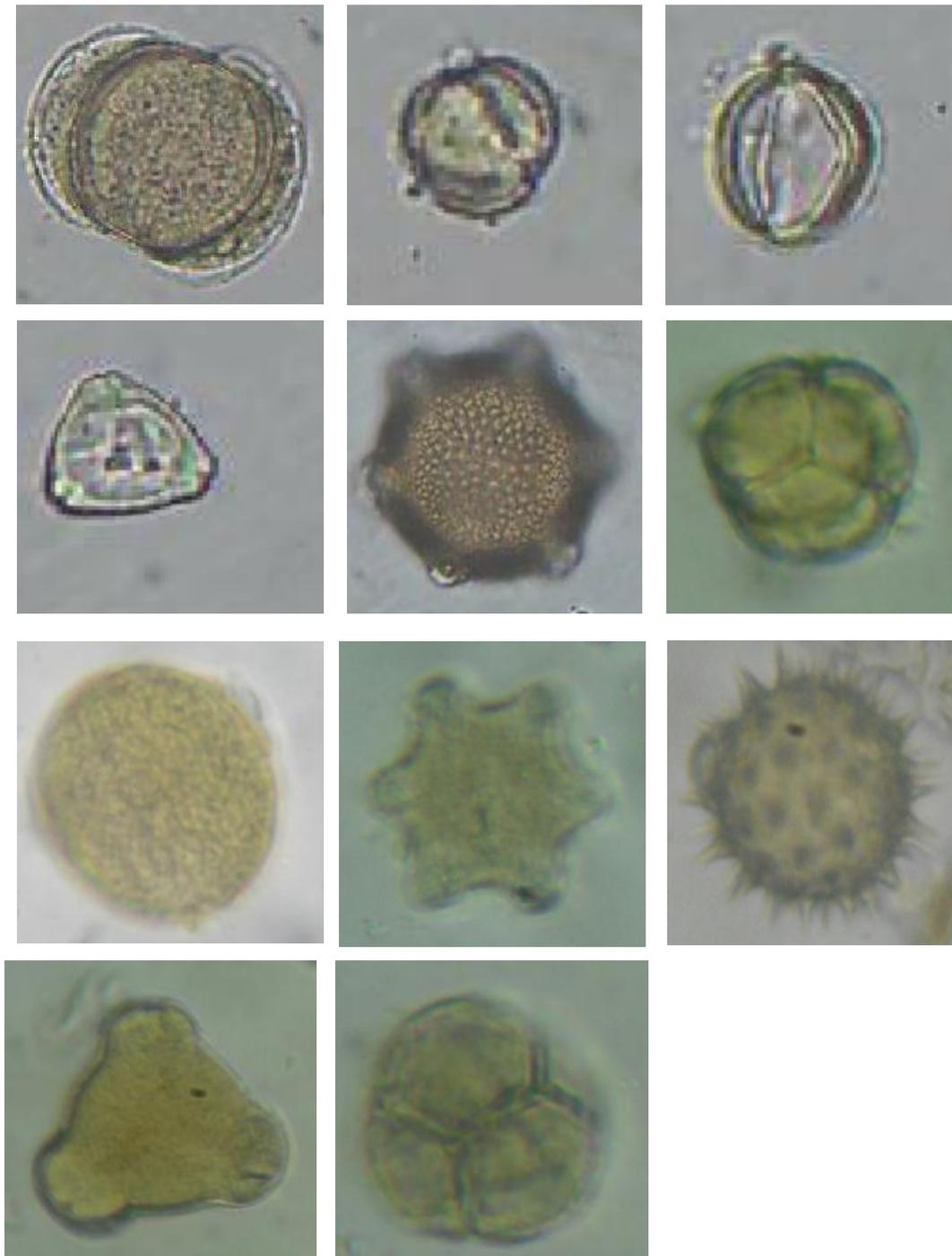


Lonicera periclymenum (L.) (Caprifoliaceae)

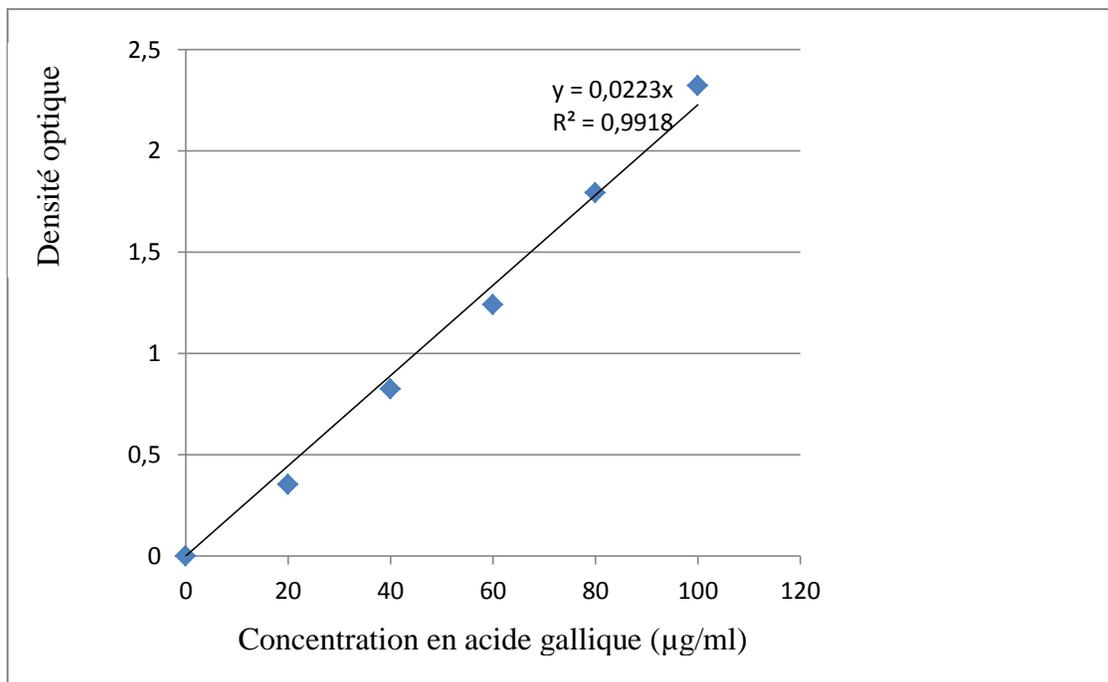


Crepis tectorum(L.) (Asteraceae) (Compositae)

Autres types de grains de pollens identifiés dans le miel étudié.



Courbe d'étalonnage pour le dosage des polyphénols.



Courbe d'étalonnage pour le dosage des flavonoïdes.

