

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche

جامعة محمد الصديق بن يحيى - جيجل

Faculté des sciences de la Nature et de la Vie

Département : Microbiologie Appliquée et
sciences alimentaires



كلية علوم الطبيعة والحياة

قسم الميكروبيولوجيا التطبيقية

وعلوم التغذية

Mémoire de Master

Filière : Sciences Alimentaires

Option : Agroalimentaire et Contrôle de Qualité

THÈME

Intérêt de la méliissopalynologie dans le repérage de miel

Membres de jury

Président : Pr. Idoui T

Examineur : Mr. Rahmoune Y

Encadreur : Dr. Laib E

Présenté par :

Ben daali Yasmina

Radjeh Ghada

Rechrech Asma

Année Universitaire 2018-2019

Numéro d'ordre :...../.....

Remerciements

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au plusieurs personnes à qui nous voudrions témoigner toute notre gratitude.

Nous voudrions tout d'abord adresser toute notre reconnaissance à l'encadrant de ce mémoire, Dr. Laïb Essaid pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter notre mémoire.

Nous désirons aussi remercier les professeurs de l'Université de Mohammed Seddik Ben Yahya de Jijel, Qui nous ont fourni les outils nécessaires à la réussite de nos études universitaires.

Nous voudrions exprimer notre reconnaissance envers les amis et collègues qui nous ont apporté leur soutien moral et intellectuel tout au long de notre démarche.

Dédicaces

*À mes chers parents, pour leurs sacrifices, leur amour, leur
tendresse, leur soutien et leurs prières toute au long de mes
études,*

*À mes chères sœurs Manal, Selsebile Pour leurs encouragements
permanents, et leur soutien moral,*

*À mes chers frères, Hamza, Mouhamed, Youcef, Soufien Pour
leur appui et leur encouragements,*

*À toutes ma famille pour leur soutien tout au long de mon
parcours universitaire,*

*Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux, et le fruit de
votre soutien infailible,*

Merci d'être toujours là pour moi.

Asma.

Dédicaces

À mes chers parents, pour leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières toute au long de mes études,

À mes chères sœurs, Amel, Mouna, Wiam, pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral,

À mes chers frères, pour leur appui et leur encouragements,

À toutes ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux, et le fruit de votre soutien infailible,

Merci d'être toujours là pour moi

Yasmina.

Liste des abréviations

CETAM : Centre d'Etude Techniques Apicoles de Moselle

HFCS: High Fructose Corn Syrup

HMF : Hydroxyméthylfurfural

RDI: Rapport journalier recommandé

SAA : Spectrophotométrie d'Absorption Atomique

UE: Union Européenne

Liste des figures

Figure 1 : structure de grains de pollen	13
Figure 2 : Image des échantillons étudiés	19
Figure 3 : Préparation des échantillons du miel pour l'étude méliissopalynologique.....	20
Figure 4 : Représentation graphique des valeurs de pH.....	31
Figure 5 : Représentation graphique des valeurs de l'acidité	32
Figure 6 : Représentation graphique des valeurs d'humidité.....	33
Figure 7 : Représentation graphique des valeurs des cendres	34
Figure 8 : Représentation graphique des valeurs d'intensité de couleur (ABS)	34
Figure 9 : Représentation graphique des valeurs de la conductivité électrique (ms/cm)	35

Liste des tableaux

Tableau 1 : Composition des miels	4
Tableau 2 : Principales plantes nectarifères et pollinifères cultivées dans le monde	12
Tableau 3 : Caractéristiques des miels étudiés.....	18
Tableau 4 : Classification des pollens des échantillons de miel	22
Tableau 5 : Origines florales des miels étudiés	29
Tableau 6 : La couleur des miels étudiée.....	30
Tableau 7 : Teneur en métaux lourds des échantillons de miels en mg/kg.....	36

Introduction

Le miel, un édulcorant populaire dans le monde entier, est fait par les abeilles, généralement à partir de nectars des fleurs. A l'antiquité, le miel était utilisé à la fois comme édulcorant naturel et comme agent de guérison. La composition et la saveur du miel varie principalement en fonction de la source du nectar d'où il provient et dans une moindre mesure étendue sur certains facteurs externes (**Adebiyi et al., 2004**). Naturellement, le miel a toujours été reconnu comme une source précieuse d'énergie. Ce produit a été consommé il y a longtemps en raison de sa valeur nutritionnelle et de ses bienfaits pour la santé. Il est une source riche de sucres facilement disponibles (fructose, glucose, maltose, saccharose) ainsi que de nombreuses autres substances telles que des antioxydants, des minéraux, des protéines et des vitamines (**Boussaid et al., 2018**).

Des analyses sont réalisées afin d'évaluer la qualité des miels, cette dernière se définit par la mise en évidence de dégradations du produit, liées au processus de récolte et de conditionnement (chauffage excessif, fermentation, présence de résidus, etc...). Par conséquent, pour garantir l'authenticité, il est nécessaire d'analyser le miel en détail. Nombreuses études ont été menées sur l'analyse des miels à travers le monde (**Terrab et al., 2002**).

L'origine botanique des miels signifie les plantes mellifères butinées par les abeilles (source d'alimentation). Ces plantes sont identifiées par leurs grains de pollen retrouvés dans le miel.

Ainsi, la présence des grains de pollen dans le miel est considérée comme un outil biologique précieux, permettant d'identifier la source végétale (**Braun et al., 2012**).

L'analyse quantitative et qualitative des grains de pollen des miels est connue sous le nom de méliissopalynologie. Elle permet de caractériser et de contrôler l'origine géographique et botanique des miels, d'évaluer leur valeur nutritive et thérapeutique et de tester leur authenticité. En effet, cette analyse révèle les espèces en rapport avec le couvert végétal, correspondant au climat de la région de provenance de l'échantillon (**Reille, 2013**).

Dans le but d'éviter la falsification et de conserver la qualité des miels, la commission internationale du miel, créée en 1990 la standardisation de certaines méthodes d'analyses du miel (humidité, taux des sucres réducteurs, pH, acidité, conductivité électrique et HMF). Ces paramètres sont utilisés comme critères de qualité du miel (**Bogdanov, 2002**).

Notre thème de travail qui se divise en trois parties. Dans la première partie, les différentes connaissances bibliographiques seront abordées sur l'origine de miel, sa fabrication, ses différents types, sa composition, ainsi que les plantes mellifères, les pollens et la méliissopalynologie sa définition et son but. Dans la deuxième partie, notre objectif est de savoir l'intérêt de l'analyse

pollinique et l'étude des caractéristiques physicochimiques (PH, acidité, conductivité électrique, humidité, couleur...), pour l'évaluation de la bonne qualité du miel. La troisième partie sera consacrée à la présentation des résultats obtenus et leurs discussions.

Sommaire

Introduction	1
--------------------	---

I. Généralités sur le miel

I.1. Définition du miel	3
I.2. Origine du miel	3
I.2.1. Nectar	3
I.2.2. Pollen	3
I.2.3. Miellat.....	3
I.2.4. Autres origines du miel	4
I.3. Composition moyenne du miel	4
I.3.1. Eau	4
I.3.2. Glucides	5
I.3.3. Acides organiques	5
I.3.4. Substances azotées	5
I.3.5. Lipides	5
I.3.6. Sels minéraux	6
I.3.7. Vitamines.....	6
I.3.8. Polyphénols	6
I.3.9. Pigments	6
I.3.10. Autres composants.....	6
I.4. Préparation du miel	6
I.5. Technologie de miel.....	7
I.5.1. Récolte de miel	7
I.5.2. Enlèvement des cadres	7
I.5.3. Extraction.....	7
I.5.4. Filtration.....	8
I.5.5. Remplissage	8
I.5.6. Etiquetage	8
I.5.7. Entreposage.....	8
I.6. Différents types de miel	8
I.6.1. Origine florale	8
I.6.1.1. Miels monofloraux	8
I.6.1.2. Miels polyfloraux	9
I.6.2. Origine géographique	9

1.6.3. Mode d'extraction et production.....	9
I.6.4. Couleur	9
I.7. Types de fraude de miel.....	9
I.8. Qualité de miel.....	10

II. Plantes mellifères

II.1. Définition	11
II.2. Types des plantes mellifères.....	11
II.3 Principales plantes mellifères	11

III. Pollen

III.1. Définition du pollen	12
III.2. Origine du pollen.....	12
III.3. Structure des pollens	12
III.4. Caractères microscopiques	14
III.4.1. Forme	14
III.4.2. Taille	14
III.4.3. Couleur.....	14
III.4.4. Apertures.....	14
III.5. Composition chimique des grains de pollen	15
III.6. Palynologie.....	17
III.6.1. Définition de la palynologie	17
III.6.2. Application de la palynologie	17

IV. Matériel et méthodes

IV.1. Choix des échantillons de miel	18
IV.2. Méliissopalynologie	19
IV.3. Couleur.....	20
IV.4. Analyse physicochimique	20
IV.4.1. pH	20
IV.4.2. Acidité	20
IV.4.3. Teneur en humidité.....	20
IV.4.4. Teneur en Cendre.....	21
IV.4.5 conductivité électrique.....	21
IV.4.6 Intensité de la couleur.....	21
IV.4.7. Métaux lourds	21

V. Résultats et discussion

V.1. Méliissopalynologie	22
V.2. Couleur	30
V.2. Analyses physicochimiques	31
Conclusion et perspectives	38
Références	39
Annexe	

I. Généralités sur le miel

I.1. Définition du miel

Le **Codex Alimentarius (2001)** définit le miel comme suit :

Le miel est une substance naturelle sucrée produite par l'abeille *Apis mellifera* (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.

I.2. Origine de miel

La fabrication du miel résulte du travail des abeilles, les éléments de base de la nourriture des abeilles sont le nectar, le pollen et le miellat (**Bonté et Desmoulière, 2013**).

I.2.1. Nectar

Le nectar est une exsudation sucrée plus ou moins visqueuse, destinée à attirer les insectes pollinisateurs tels que les abeilles, contient environ 90 % de sucres, les plus courants étant le saccharose, le glucose et le fructose, le nectar contient également des acides organique (acide fumarique, succinique, oxalique, malique...etc.), des protéines, notamment des enzymes, des acides aminés libre, et des composés inorganiques (**Bonté et Desmoulière, 2013**).

I.2.2. Pollen

Les grains de pollen représentent les gamètes mâles chez les plantes supérieures. En moyenne, on trouve dans un grain de pollen : 20 % de protides dont 50 % sont des acides aminés indispensables, 36 % de glucides, 11 % d'eau, 5 % de lipides, et 3 % de sels minéraux (K, Mg, Ca, Fe, Cb...). On trouve également de nombreux pigments (caroténoïdes, rutine) et des vitamines des groupes A, B, C, D, et E. Le pollen constitue la principale source de protéines pour l'abeille. Le pollen ramassé représente 10 à 30 mg par voyage, travail qui peut être réalisé en dix minutes(**Lezine, 2011**).

I.2.3. Miellat

Le miellat provient des excréta de différentes espèces de pucerons et autres insectes. Ces animaux, pour se nourrir, puisent à l'aide de leur appareil buccal adapté pour perforer, la sève des tubes criblés, élaborée par les végétaux, riche en matières nutritives, surtout en sucres. Le puceron est un insecte besoin de protéines. Or, la sève en est peu pourvue ; c'est pour parer à ce déficit en acides aminés que les pucerons en absorbent de grandes quantités. Ils en rejettent ensuite la plus grande partie - riche en sucres - par l'anus après en avoir extrait la partie protéique. Ce miellat, visqueux ou cristallisé, est ensuite léché par les butineuses sur les feuilles. Sa composition diffère de celle du nectar ; il contient par exemple un sucre appelé mélézitose. Le miellat, substance d'origine à la fois végétale et animale, subit de ce fait un double traitement : après avoir transité par l'appareil digestif

du puceron, il passe par celui de l'abeille. Autant dire que les transformations biochimiques sont nombreuses et complexes (Marchenay, 1988).

2.4. Autres origines du miel

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

I.3. Composition moyenne du miel

La composition du miel varie selon la source du nectar, le type de sol, le climat, le vent et le soleil auxquels la plante est exposée pendant une saison. Bien sûr, la qualité de la récolte et de l'entreposage du miel a également un effet sur la composition du miel (Marchese et Flottum, 2013).

La composition moyenne du miel en g/100 g est présentée dans le **tableau 1**

Tableau 1 : Composition des miels. (Bogdanov, 2009).

Composition	Miel de fleurs		Miel de miellat	
	Moyenne	Min-max	Moyenne	Min-max
Teneur en eau	17,2	15-20	16,3	15-20
Fructose	38,2	30-45	31,8	28-40
Glucose	31,3	24-40	26,1	19-32
Saccharose	0,7	0,1-4,8	0,5	0,1-4,7
Autres disaccharides	5,0	28	4,0	16
Mélezitose	<0,1	/	4,0	0,3-22,0
Erlose	0,8	0,56	1,0	0,16
Autres oligosaccharides	3,6	0,5-1	13,1	0,10-1-6
Sucres totaux	79,7	/	80,5	/
Minéraux	0,2	0,1-0,5	0,9	0,6-2
Acides aminés, protéines	0,3	0,2-0,4	0,6	0,4-0,7
Acides	0,5	0,2-0,8	1,1	0,8-1,5
pH	3,9	3,5-4,5	5,2	4,5-6,5

I.3.1. Eau

Le miel est normalement operculé par les abeilles : dans cette condition, il contient 17-18 % d'eau, mais parfois la teneur en eau peut être trouvée jusqu'à 21 % avec des processus de fermentation faciles (Baglio, 2017).

I.3.2. Glucides

Les monosaccharides avec, en moyenne, 31 % de glucose et 38 % de fructose (ou lévulose) sont les deux principaux sucres du miel. Ils proviennent en grande partie de l'hydrolyse du saccharose (présent dans le nectar ou le miellat) par l'invertase ou les acides. Parmi les disaccharides (ou diholosides) figurent le maltose (7,3 %) et le saccharose (1,3 %), mais aussi des molécules plus rares comme le kojibiose. Les tri- et polysaccharides représentent 1,5 à 8 %. Parmi eux, citons l'erlose, la raffinose, le mélézitose, le dextrantriose et le mélibiose (**Bonté et Desmoulière, 2013**).

I.3.3. Acides organiques

Tous les miels ont une légère acidité, due à environ 0,57 % d'acides organiques. Ces acides organiques sont dérivés des sucres par des enzymes sécrétées par les abeilles lors de la transformation du nectar en miel ou directement à partir de nectar.

Ces acides ont un impact sur la couleur et à la saveur de miel et ses propriétés chimiques telles que l'acidité, le pH et la conductivité électrique. Certains acides organiques de différentes régions du monde sont présents dans le miel comme : acide aspartique, acide butyrique, acide citrique, acide acétique, butyrique, lactique, malique, pyruvique, quinique, succinique, oxalique et autres. L'acide prédominant dans le miel est l'acide gluconique. Sa présence dans le miel provient du glucose oxydase, que les abeilles fournissent pendant la maturation. L'acide citrique est également présent dans le miel, et la concentration de ces deux substances est utilisée comme un paramètre fiable pour différencier le miel floral du miel de miellat (**Da Silva et al., 2016**).

I.3.4. Substances azotées

La majeure partie des composés azotés présents dans les miels est représentée par les acides aminés libres tels que la valine, l'isoleucine, la cystéine, la phénylalanine, le tryptophane, l'asparagine, la proline, la lysine. En particulier, la lysine semble être l'acide aminé le plus abondant dans les miels. Les enzymes biologiques, produites par les sécrétions glandulaires des abeilles, sont particulièrement importantes dans le groupe des protéines. Les principales enzymes du miel sont la sucrase (aussi appelée invertase), responsable de la dégradation du saccharose, et la diastase (ou amylase) qui décompose l'amidon en glucose. La présence de ces enzymes revêt une importance particulière pour l'évaluation du traitement thermique du miel et la conservation corrélée. Une autre enzyme, la glucose oxydase, est responsable de l'activité antibactérienne reconnue des miels. La catalase et la phosphatase devraient également être considérées (**Baglio, 2017**).

I.3.5. Lipides

Très faiblement présents, il s'agit majoritairement des stérols (cholestérol libre ou estérifié notamment dans le miel de tournesol), des triglycérides ou des acides gras. Leur présence pourrait être expliquée par les besoins importants du métabolisme des abeilles en lipides (**Koehler, 2015**).

I.3.6. Sels minéraux

Les miels de fleurs ont une teneur en minéraux généralement comprise entre 0,1 et 0,3 %, tandis que les miels de miellat peuvent atteindre 1 % de la teneur totale. Le potassium est le principal élément minéral que l'on trouve dans le miel, avec une moyenne d'environ un tiers, mais il existe une grande variété d'oligo-éléments. Plusieurs études ont montré que la teneur en oligo-éléments du miel dépend principalement de la teneur en éléments botaniques, de l'origine du miel. Les miels clairs de fleurs ayant une teneur inférieure à celle des miels foncés (**Bogdanov, 2009**).

I.3.7. Vitamines

Le miel contient quelques vitamines en quantités négligeables (généralement mesurées en mg pour 100 g de miel). Ces vitamines comprennent le groupe B (B₁, B₂, B₃, B₅ et B₆) et les vitamines C et K (**Baglio, 2017**).

I.3.8. Polyphénols

Plusieurs études récentes ont été menées pour évaluer la présence des polyphénols dans les miels de fleurs. Parmi les principales flavonoïdes trouvées : la quercétine, l'hespérétine, la chrysin, la pinocembrine, la lutéoline, l'apigénine, la myricétine, et le campeférol. En même temps, les acides phénoliques identifiés sont : caféique, coumarique, férulique, ellagique et chlorogénique. Plusieurs chercheurs ont également signalé une forte corrélation entre la couleur du miel et la teneur en polyphénols. Il a également été démontré que l'activité antioxydante du miel est fortement corrélée à la teneur totale en polyphénols et donc à la couleur observée (**Baglio, 2017**).

I.3.9. Pigments

Les caroténoïdes et les flavonoïdes sont principalement responsables de la coloration du miel. La quantité et le type de flavonoïdes varient selon la source florale. En règle générale, plus les miels sont foncés (comme ceux issus du tournesol, du sarrasin et de miellat), plus ils en sont riches. La pinocembrine, la pinobanskine, la chrysin, la galangine, la quercétine, la lutéoline et le caempférol font partie des flavonoïdes contenus dans le miel (**Bonté et Desmoulière, 2013**).

I.3.10. Autres composants

Des oligoéléments, des pollens, des spores, des algues unicellulaires, des levures osmotolérantes (responsables de la fermentation) et des champignons microscopiques peuvent également faire partie de la composition du miel. L'hydroxyméthylfurfural, substance issue de la transformation du fructose en milieu acide, est présent dans les miels anciens ou ayant subi un surchauffage ; il peut donc constituer un marqueur de sa conservation (**Bonté et Desmoulière, 2013**).

I.4. Préparation du miel

L'élaboration du miel commence dans le jabot des abeilles butineuses. Sitôt prélevée, la matière première est mélangée aux sécrétions des glandes salivaires de l'insecte, qui la modifie. Ce miel brut est ensuite travaillé et stocké par de jeunes ouvrières. L'élaboration du miel comporte les

phases suivantes : l'abeille dégorge tout d'abord rapidement, par saccades, le contenu de son jabot et l'étale en une goutte à l'aide de sa trompe puis le réabsorbe. La goutte de miel sera alors mélangée à de nouvelles sécrétions, provenant principalement des glandes du pharynx. Ce processus durera de 15 à 20 minutes. Parallèlement, une partie de l'eau s'évapore, de sorte que le miel brut, deviendra du miel à demi mûri contenant 60 % de matière sèche. À ce stade, il est à nouveau déposé dans les alvéoles où se déroulera la deuxième phase de l'élaboration : sous l'influence de l'air sec passant au travers des rayons de la ruche, le miel s'épaissira jusqu'à ce que sa teneur en eau ne soit plus que de 17 à 20 %. Lorsqu'il est ainsi parvenu à maturité, les abeilles ferment les alvéoles par la cire. Quand le miel est extrait des rayons, il contient en général plus de 20 g d'eau/100 g de miel et ne peut être conservé que dans certaines conditions (miel non mûr). Lors de la préparation du miel, les teneurs en protéines (enzymes), en acides organiques et en sels minéraux augmentent. Pendant le processus de maturation de même que plus tard dans les alvéoles operculées, le miel subit des transformations chimiques importantes, en particulier une augmentation des hexoses (fructose et glucose) suite à l'hydrolyse du saccharose en même temps que la formation de nouveaux types de sucre (oligosaccharides), à haut poids moléculaire (Bogdanov et al., 2004).

I.5. Technologie de miel

I.5.1. Récolte de miel

En général, lorsque le miel est mûr et que le taux d'humidité est inférieur à 20 %, les abeilles recouvrent les rayons pour empêcher l'absorption de l'humidité par le miel. La teneur en eau est d'une importance capitale pour la qualité et la capacité de stockage du miel. Cela dépend de nombreux facteurs tels que l'humidité, la température, la force de la ruche, le type de ruche et l'intensité de la coulée de miel. L'apiculteur peut estimer la maturité du miel à l'aide d'un simple test : un peigne à miel avec couvée ouverte est percé au poing - si le miel n'éclabousse pas, le miel est prêt pour la récolte (Bogdanov, 2011).

I.5.2. Enlèvement des cadres

L'apiculteur retire les cadres de miel, après avoir chassé les abeilles par enfumage, il transporte les hausses dans la miellerie et enlève les opercules à l'aide d'un couteau à désoperculer (Huchet et al., 1996).

I.5.3 Extraction

Après la récolte initiale, le matériau (les nids d'abeilles et les cadres) est introduit dans l'extracteur de miel : un récipient capable d'extraire le miel au moyen de force centrifuge (Baglio, 2017).

La force centrifuge fait sortir le miel des cellules et les projette sur les parois du récipient, d'où il s'écoule jusqu'au robinet. La centrifugation doit être opérée avec soin, pour ne pas casser les rayons

de cire. Le miel est toujours centrifugé à froid, car au –delà de 40° C, la cire est fondue (**Spürgin, 2010**).

I.5.4. Filtration

Le miel ne doit pas être filtré avec un maillage inférieur à 0,2 mm afin d'empêcher l'élimination des pollens. Selon les normes du Codex Alimentarius et de l'UE en matière de miel, ce miel devrait être étiqueté « filtré » et ne peut pas être étiqueté pour une origine géographique ou botanique spécifique (**Bogdanov, 2016**).

I.5.5. Remplissage

Le miel filtré est versé dans une cuve munie d'un filtre. Le réservoir est idéalement maintenu à une température d'environ 30 °C et conditionné pendant plusieurs jours, permettant à la mousse et aux petites particules de cire de se diffuser à la surface. Le miel est offert dans une grande variété de bocaux. Le verre est principalement utilisé, mais d'autres matériaux, par exemple plastique, on peut aussi utiliser de la faïence, à condition qu'elle résiste à l'action du miel. Les récipients et les bocaux doivent être fermés hermétiquement pour empêcher toute altération due à l'humidité et aux odeurs étrangères (**Bogdanov, 2011**).

I.5.6. Etiquetage

Il est interdit d'inscrire sur les étiquettes des pots de miel, les mots « pur », « naturel », « sain », « 100 % » puisque le miel est par définition pur et sans additif (**Fournier, 2009**). La réglementation fixe les dénominations légales de vente des différentes variétés de miel et précise les modalités générales et particulières d'étiquetage et de présentation, ainsi que les caractéristiques de composition des produits (**DGCCRF, 2016**).

I.5.7. Entreposage

Le miel peut être conservé pendant plusieurs années sans grande perte de qualité à condition d'être entreposé de façon optimale. La température de stockage est de 10-16 °C, l'humidité relative des salles de stockage doit être inférieure à 65 % (**Bogdanov, 2011**).

I.6. Différents types de miel

Le miel est classé selon certains critères

I.6.1. Origine florale

Le miel floral est fabriqué par les abeilles à partir du nectar de fleurs, tandis que le miel de miellat est préparé à partir des sécrétions de parties vivantes de plantes ou excréments des insectes suceurs de plantes sur la partie vivante des plantes. Le miel floral se divise entre les miels monofloraux et les miels polyfloraux (**Sanz et al., 2005**).

I.6.1.1. Miels monofloraux

Les miels monofloraux sont élaborés à partir du nectar et/ou du miellat provenant d'une seule espèce végétale et cela nécessite bien sûr d'installer les ruches à proximité de la plante recherchée.

Si de très nombreux végétaux possèdent des qualités mellifères, un nombre restreint d'entre eux permet une production monoflorale caractéristique (**Clément, 2015**).

Les miels monofloraux ont des caractéristiques sensorielles, physiques et chimiques spécifiques (**Bogdanov et al., 2004**).

I.6.1.2. Miels polyfloraux

Les miels polyfloraux 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 (**Clément, 2015**).

I.6.2. 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. Cette réputation n'est pas forcément fondée sur des critères analysables, elle est souvent subjective. Par contre, il n'est pas impossible qu'une origine florale soit associée avec une région (**Huchet et al., 1996**).

I.6.3. Mode d'extraction et production

- **Miel en rayons** : pour le miel emmagasiné par les abeilles dans les alvéoles operculées de rayons nouvellement construits, ne contenant pas de couvain, et vendu en rayons entiers ou non.
- **Miel égoutté** : pour le miel obtenu par égouttage des rayons désoperculés ne contenant pas de couvain.
- **Miel centrifugé** : pour le miel obtenu par centrifugation des rayons désoperculés ne contenant pas de couvain.
- **Miel pressé** : pour le miel obtenu par pressage des rayons ne contenant pas de couvain, sans chauffage ou avec chauffage modéré.
- **Miel industriel** : Le miel présentant un goût ou une odeur étrangère, qui a commencé à fermenter ou à être effervescent, ou qui a été chauffé excessivement (**Bogdanov, 2003**).

I.6.4. Couleur

La couleur est la propriété physique perçue le plus immédiatement par le consommateur. La détermination de la couleur est un critère de classification pour les miels monofloraux, variant du blanc, jaune vif, verdâtre ou rougeâtre.

En effet, la tarification du miel dépend dans une large mesure de la couleur de miel. Les miels clairs comme Acacia et Citrus atteignent généralement les prix les plus élevés. En Allemagne, en Autriche et en Suisse, les miels sombres sont particulièrement appréciés (**Bogdanov et al., 2004**).

I.7. Types de fraude de miel

La fraude des aliments à des fins économiques devient un problème majeur dans de nombreux pays en raison de développement du commerce international. Cette fraude alimentaire est non seulement

une activité illégale mais peut également causer des problèmes de santé chez les consommateurs. Le miel est l'un des produits alimentaires les plus probables, d'être une cible pour l'adultération (**Ferreiro-González et al., 2018**).

Les principales fraudes sont :

- L'addition d'édulcorants inexpérimentés et artificiels : le sucre, le sirop de betterave inversé, le sirop de maltose ou le sirop de fructose, le sirop de maïs à haute teneur en fructose (HFCS) est l'un des adultérants les plus courants en raison de leurs faibles prix et de la similitude de sa composition avec le miel (**Ferreiro-González et al., 2018**).
- Le nourrissage au sucre ou l'ajout de sucre : dans la plupart des pays industrialisés, les abeilles sont nourries avec le sucre durant l'hiver. Il s'agit de sucre pur (saccharose), de sucre inverti ou de produits contenant du sucre dérivé du maïs, des pommes de terre, du blé, du riz, etc., qui ont été extraits par inversion enzymatique ou hydrolyse. (**Bogdanov et al., 2004**).
- L'ajout de sel (augmentation de la conductivité du miel de forêt pour faire croire qu'il s'agit de miel de sapin), d'eau et de pollen (**Bogdanov et al., 2004**).
- Les fausses indications quant à l'origine botanique et géographique sont aussi considérées comme une falsification (**Cordella et Moussa, 2009**).
- La filtration non déclarée pour éliminer les pollens, la pasteurisation non déclarée et l'élimination de l'eau du miel vert immature (**Ulberth, 2016**).

I.8. Qualité de miel

La qualité du miel peut être caractérisée par des paramètres physiques et chimiques. La teneur en sucre (fructose, glucose et saccharose), le profil d'humidité et d'acide aminé caractérisent l'authenticité et la maturité de miel. Le contrôle de la teneur en hydroxyméthylfurfural (HMF) et de l'activité d'enzymes indique le miel naturel et qu'il n'a pas été affecté par traitement thermique ou stockage. L'activité de la diastase est souvent utilisée en tant que critère supplémentaire de qualité et indicateur de fraîcheur. Autre paramètre de qualité est la teneur en humidité, qui dépend du degré de maturité du miel. La teneur en eau est une caractéristique principale de la qualité du miel. Les autres paramètres concernant le miel sont l'acidité, la conductivité électrique et le pH (**Gallego-Picó et al., 2013**).

II. Plantes mellifères

II.1. Définition

Les plantes mellifères sont celles qui produisent du nectar et, par extension, du miellat. Parfois elles peuvent produire les deux : c'est le cas du tilleul ou de la féverole. Par extension également, on appelle parfois plante mellifère celle qui est utile aux abeilles, même si elle fournit pollen ou propolis ; on en dénombre alors beaucoup (Marchenay, 1988).

II.2. Types des plantes mellifères

Les produits floraux prélevés par les abeilles butineuses varient d'une plante à une autre :

- Les nectarifères sont visités pour leur nectar : bananier, Voacanga, jujubier, caféier, hévéa, anacardier, agrumes, safoutier, cotonnier, sésame, sisal, eucalyptus...
- Les pollinifères sont pour le pollen : maïs, mimosa, arachide, palmier, goyavier...
- Les nectarifères et pollinifères visitées à la fois pour les deux produits : avocatier, manioc, haricot, cocotier, manguiier, tournesol, Calliandra, Vernonia ... (Betayene, 2008).

II.3. Principales plantes mellifères

Le **tableau 2** regroupe les plantes, sources de nectar, et de pollen à l'échelle mondiale.

Tableau 2 : Principales plantes nectarifères et pollinifères cultivées dans le monde (Marchenay, 1994).

Nom commun	Nom scientifique
Agrumes	<i>Citrus sp.</i>
Amandier	<i>Prunus anygdalus batsch.</i>
Caféiers	<i>Coffia sp.</i>
Colzas	<i>Brassica napus L.</i>
Moutardes	<i>Brassica alba (L) Koch, Brassica nigra (L) Koch.</i>
Cotonniers	<i>Grossypium sp.</i>
Hévéa	<i>Hevea brasiliensis.</i>
Luzerne	<i>Medicago sativa L.</i>
Pêcher	<i>Prunus persica (L) Batch.</i>
Peuplier	<i>Populis sp.</i>
Pommier	<i>Malus Communis Mill.</i>
Sainfoin	<i>Onobrychis vicia folia scop.</i>
Soja	<i>Glycine max (L).</i>
Tournesol	<i>Helianthus annuus L.</i>
Trèfles	<i>Trifolium sp.</i>

III. Pollen

III.1. Définition

Les grains de pollen sont des microspores qui contiennent des gamétophytes mâles des fleurs. En effet une colonie d'abeilles récolte pour sa consommation environ 20 à 40 kg de pollen par an, l'homme doit donc veiller à ne pas récolter trop (4 kg au maximum) car c'est essentiel à la survie des abeilles (**Bradbear, 2011**).

III.2. Origine du pollen

Les abeilles utilisent le pollen de deux façons : d'abord, involontairement, quand elles plongent dans la fleur pour aller puiser le nectar au fond de la corolle, la plante couvrant au passage le corps poilu de l'abeille de pollen. Ces grains de pollen sont ensuite transportés de fleur en fleur par l'abeille. C'est ce moyen efficace que 70 % des plantes utilisent pour transporter leur semence mâle. Revenant à la ruche, chargée de nectar pour faire du miel, l'abeille continue à disséminer le pollen accroché à ses poils dans toute la ruche. C'est ainsi qu'on retrouve dans le miel des grains de pollen en suspension. Ils apportent les vitamines et les protéines à la nourriture quotidienne des abeilles et permettent d'identifier l'origine florale des miels récoltés. En effet, en regardant au microscope une goutte de miel, on peut identifier, par les grains de pollen en suspension, tout le parcours des abeilles sur les différentes fleurs : du chardon au trèfle en passant par le châtaignier et le tilleul (**Ballot-flurin, 2009**).

Ensuite, les abeilles utilisent le pollen pour nourrir les larves. La reine pondant des centaines d'œufs par jour, il faut nourrir tout ce petit monde avec une bonne bouillie protéinée permettant une croissance rapide et saine. La solution : certaines abeilles butineuses se spécialisent un temps dans la récolte du pollen. Elles vont rechercher les fleurs au pollen le plus abondant : genêt, saule, châtaignier, cyste, par exemple, et, à l'aide de leur pattes arrière munies de brosses et de corbeilles, elles forment des pelotes contenant des milliers de grains de pollen. Ces pelotes sont rapportées à la ruche et mélangées avec du miel pour faire la « potion » des jeunes abeilles (**Ballot-flurin, 2009**).

Dans les cellules, les bactéries et les levures présentes dans le mélange de pollen et de miel, continuent la maturation qui rend ce pollen digeste ; il contient moins de sucres mais plus de protéines assimilables que le pollen de fleur. Le mélange obtenu s'appelle pain d'abeilles. Ce sera la nourriture des larves après trois jours. Les jeunes abeilles en mangent également pendant la production de gelée royale et de cire (**Ballot-flurin, 2009**).

III.3. Structure des pollens

Un grain de pollen est une cellule vivante sexuée, male, entourée de deux couches protectrices, l'intine et l'exine. La cellule contient le cytoplasme et 2 noyaux (**Figure 1**) qui ne sont pas visibles avec la méthode utilisée pour l'identification (**Hubersan, 2001**). Lorsqu'un grain, sous différentes influences, atteint le stigmate d'une fleur compatible, la cellule "germe" et produit 2 noyaux

fertilisateurs et un tube pollinique. Ce dernier va les acheminer dans l'ovaire de la fleur pour qu'ils fusionnent avec les noyaux de l'ovule. Cette fusion s'achève par une graine (Del Fueyo et *al.*, 2012).

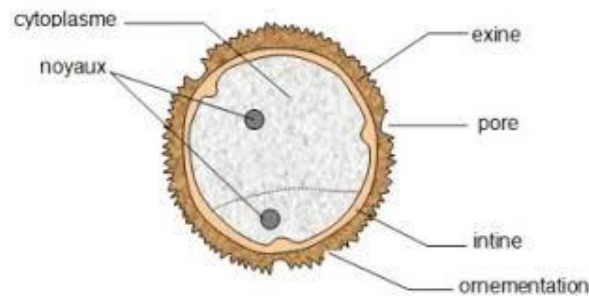


Figure 1 : structure de grains de pollen.

Les grains de pollen sont soit :

- Simples avec une seule cellule, cas le plus fréquent.
- Composés en tétrades (4 grains adjacents), cas des éricacées (bruyère, rhododendron etc.)
- Composés en polyades (8, 16 ou 32 grains adjacents), cas des mimosacées (Hubersan, 2001).
- **Exine** : La première couche externe, parcourue de petits trous qui permettent lors de la reproduction, l'émission du tube pollinique conçu pour féconder l'ovule. Elle est constituée de sporopollenine, un des matériaux les plus résistants du monde organique, permettant la protection du grain de pollen. L'exine comporte également certains constituants lipidiques et des glycoprotéines à propriétés agglutinantes « pollenkitt et tryphine » permettant l'agglomération des pollens entomogames (Stanley et Linskens, 2012).
- **Intine** : La deuxième couche mince et fragile, est constituée de cellulose. Cette couche disparaît rapidement à la mort du contenu cellulaire (Stanley et Linskens, 2012).

La disposition générale d'un grain varie beaucoup, néanmoins le cas le plus fréquent est un grain plus ou moins sphérique comportant 3 ouvertures (pores ou sillons), ce qui le rend plus ou moins triangulaire (Del Carmen Fernández et *al.*, 1992). Suivant le plan selon lequel on l'examine un grain de pollen aura des contours différents dans le cas général, ainsi par exemple, dans le plan polaire on aura un contour :

- Circulaire pour la vesce (*vicia*) ;
- Subcirculaire pour l'érable (*acer*) ;
- Subtriangulaire pour la bourdaine (*Frangula alnus*) ;
- Triangulaire pour l'eucalyptus

Et dans le plan équatorial on aura un contour :

- Prolate (ovale allongé suivant l'axe polaire) pour la vesce ;
- Oblate (ovale allongé suivant l'axe équatorial) pour la sauge (*salvia*) ;
- Sphérique pour la jasionne (*jasionne montana*).

La plupart des grains sont isopolaires (pôles semblables), toutefois il y a une exception notable, la vipérine vulgaire, qui est de forme ovoïde ou anisopolaire (pôles différents) (**Hubersan, 2001**).

III.4. Caractères microscopiques

III.4.1. Forme

Les grains de pollen sont sphériques ou ovoïdes, plus ou moins déformés généralement jaunes, parfois rouges, noirs ou bleuâtres (**Laaidi et al, 1997**).

Dans un grain de pollen l'axe polaire, désigné par P, joint les deux pôles. L'axe équatorial, désigné par E, est perpendiculaire à l'axe polaire, le plan équatorial partage le pollen en deux hémisphères. Ces axes sont repérés sur les grains isolés par la disposition des ouvertures (ouvertures dans la membrane).

- Certains pollens sont bréviaxes ($P < E$).
- D'autres sont longiaxes ($P > E$).
- D'autres sont équiaux ($P = E$) (**Alhamidi, 2017**).

III.4.2. Taille

La taille du pollen varie de moins de 10 μm à plus de 100 μm . La taille dépend du degré d'hydratation et de la méthode de préparation. En raison de cette variation naturelle, il est recommandé de classer la taille du pollen :

- Très petite ($< 10 \mu\text{m}$) ;
- Petite (10–25 μm) ;
- Moyenne (26–50 μm) ;
- Grande (51–100 μm) et
- Très grande ($> 100 \mu\text{m}$) (**Halbritter et al., 2018**).

III.4.3. Couleur

La couleur de pollen varie fortement selon l'origine, le plus souvent jaune ; il existe aussi des pollens dans les nuances de couleurs les plus diverses (par ex. orange, rouge, bleu, violet) (**Bogdanov et al., 2004**).

III.4.4. Apertures

On peut voir la surface du pollen des zones présentant un amincissement ou même une absence de certaines couches de l'exine, celles-ci correspondent aux points de sortie possible du tube pollinique, ce sont les apertures. Elles sont fréquemment renflées comme dans le robinier faux acacia.

Selon leur forme, on distingue les pores (porus) de forme arrondie et les sillons (colpus) de forme allongée. De nombreuses combinaisons sont possibles entre les pores et les sillons, citons les grains :

- Colporés (pores plus sillons) robinier, tilleul, trèfle blanc tous tricolporés ;

- Monoporés (froment), diporés (colchique), triporés (campanule) ;
- Monocolpé (lys), dicolpés (hypécoum), tricolpés (amandier, sainfoin).

En revanche, le mélèze est inaperturé (ni pore ni sillon) mais la bourrache possède 6 sillons (grains stéphanocolpés). Certains grains sont plus particuliers tels que le lychnis qui présente des pores sur toute la surface (grains périporés) ou des pores et des sillons en alternance comme la salicaire (grains hétérocolporés). Mentionnons encore le mélilot qui a 3 sillons associés à 3 pores (grains tricolporés) (**Hubersan, 2001**).

Enfin 3 types très particuliers sont rencontrés fréquemment :

- Les grains fenestrés propres à la plupart des composées (pissenlit, chicorée intybe, etc.), sorte de grains hublots très décoratifs ;
- Les grains bi-ailés, propres aux gymnospermes pins, sapin, comportant 2 ballonnets réunis par une sorte de pont. Ce pollen est pratiquement toujours présent dans nos miels ;
- Les grains composés en tétrades (bruyère) ou en polyades (mimosacées) (**Hubersan, 2001**).

III.5. Composition chimique de pollen

Il existe une grande variation de la composition du pollen. Cette variation est principalement due à l'origine botanique du pollen. Ainsi, pour certains types de pollen, la contribution au RDI est meilleure que pour les autres types de pollen. Par conséquent, il est important d'établir la couverture RDI pour les types de pollen proposés par les entreprises ou les apiculteurs en effectuant une analyse chimique du pollen commercialisé. (**Bogdanov, 2012**).

• Glucides

Ce sont principalement des polysaccharides tels que l'amidon et le matériau de la paroi cellulaire. Le fructose, glucose et saccharose comprennent environ 90 % de tous les sucres de faible poids moléculaire (**Bogdanov, 2012**).

• Fibre brute

La teneur en fibres brutes varie considérablement, cette variation est due à la fois à la méthode de détermination et à l'origine botanique. Les mesures récentes concordent mieux. Une étude suisse indique qu'il varie entre 10 et 13 g /100 g dans différents pollens commerciaux tandis que dans le pollen de France, des valeurs comprises entre 9,2 et 14,4 g / 100 g sont indiqués (**Bogdanov, 2012**).

• Protéine

La protéine peut jouer un rôle important dans la couverture de la RDI. Seulement environ 1/10 de la protéine totale provient des acides aminés libres. Le pollen contient tous les acides aminés essentiels. Cependant, la teneur en protéines dépend fortement de l'origine botanique du miel, tandis que le schéma qualitatif des acides aminés est similaire dans les différents types de pollen (**Bogdanov, 2012**).

- **Graisse**

Les différences de teneur en matières grasses sont dues aux différentes origines botaniques du pollen. Il y a principalement des graisses polaires et neutres (mono-, di et triglycérides), ainsi que de petites quantités d'acides gras, de stéarines et d'hydrocarbures.

Le pollen contient une plus grande quantité d'acides gras insaturés, à quelques exceptions près, par exemple : pollen de tournesol (**Bogdanov, 2012**).

- **Composants mineurs**

Il existe une variation considérable en fonction du type de pollen. Le principal minéral est le potassium. On a également constaté que les niveaux des minéraux dans les pollens variaient considérablement au cours de l'année en raison des différences d'origine florale du pollen. C'est vrai pour le potassium, le magnésium, le calcium, le manganèse et le fer, tandis que le zinc et le cuivre le contenu de pollen semblait être plus constant (**Bogdanov, 2012**).

- **Vitamines et caroténoïdes**

La plupart des vitamines apportent une contribution nutritionnelle importante présente dans le pollen : provitamine A, vitamine E (tocophérol), niacine, thiamine, acides foliques et biotine. Spécialement dans les cas où des valeurs élevées ont été mesurées, alors que dans certains types de pollen, le contenu est inférieur. Comme les autres composants, il existe une variation considérable en fonction du type de pollen. Le pollen contient une quantité importante de caroténoïdes, principalement du β -carotène. Mais ceux-ci dépendent aussi de la source botanique du pollen (**Bogdanov, 2012**).

- **Flavonoïdes**

Ce sont les principaux composés secondaires du pollen. Ils sont responsables de la couleur du pollen et sont incolore ou jaune, rouge et violet. Les flavonoïdes sont également responsables du goût amer de pollen. La plupart des flavonoïdes existent sous forme de glycosides, appelés aglycones (dérivés du sucre). La rutine semble être le principal flavonoïde. Il n'existe pas une dose journalières officielles pour les flavonoïdes, les suggestions vont de 200 à 1000 mg/jour (**Bogdanov, 2012**).

- **Stérols et terpènes**

Le pollen contient également 0,1 à 0,4 % de stérols, dont certains ont diverses propriétés biologiques telles que le β -estradiol, le β -sitostérol, stigmastérol et fucostérol, ainsi que 0,1 à 0,2 % de mono-terpènes (**Bogdanov, 2012**).

III.6. Palynologie

III.6.1. Définition

La palynologie est la science des palynomorphes, un général terme désignant toutes les entités présentes dans les préparations palynologiques (pollen, spores, kystes, diatomées). Un objet dominant du spectre palynomorphe est le grain de pollen (**Hesse et *al.*, 2009**).

III.6.2. Applications de la palynologie

- La palynologie est un outil scientifique et pédagogique qui est utilisé à de multiples disciplines dont : la stratigraphie, la géologie, la paléoenvironnement, l'ethnobotanie, l'aéropalynologie et la méliissopalynologie (**Gouasmi, 2013**)

- **Méliissopalynologie**

Définition

La méliissopalynologie étudie le miel et son contenu pollinique. En analysant le pollen d'un échantillon de miel, il est possible de déterminer son origine géographique et de savoir quelles plantes ont été visitées par les abeilles (**Schweitzer, 2010**).

But

Elle intervient dans le repérage des miels de sucre, obtenus frauduleusement par nourrissage des abeilles au saccharose, et dans le contrôle et l'expertise des produits alimentaires, diététiques et cosmétiques à base de pollen, de miel ou de gelée royale.

Par ailleurs, on étudie la récolte du pollen par les abeilles, seule source de protéines pour celles-ci, au moyen de trappes à pollen ; on obtient ainsi de précieux renseignements sur le mode d'exploitation de la flore et des groupements végétaux par ces insectes, sur leurs comportements écologiques, biologique et social et sur leur rôle dans la pollinisation de nombreuses espèces cultivées (**Gouasmi, 2013**).

IV. Matériel et méthodes

IV.1. Choix des échantillons du miel

15 échantillons de miel provenant de différentes régions ont été achetés chez un herboriste à Jijel (**tableau 3**). Les différents échantillons ont été conservés dans des flacons en plastique stériles, hermétiquement fermés, étiquetés (**Figure 2**) et gardés à température ambiante (25-30 °C). Le travail réalisé au niveau du laboratoire de contrôle de qualités à l'université Mohammed Seddik Ben Yahya de Jijel.

Tableau 3 : Caractéristiques des miels étudiés.

Echantillon	Type de miel	Localisation
E1	Miel d'eucalyptus	Mostaganem
E2	Miel polyfloral	Tiaret
E3	Miel de sauge	Chlef
E4	Miel d'agrumes	Chlef
E5	Miel de harmel	Tiaret
E6	Miel de carotte sauvage	Tiaret
E7	Miel de graine de nigelle	Arabie Saoudite
E8	Miel d'inule	Jijel
E9	Miel de chardon	Laghouat
E10	Miel sauvage	El Djelfa
E11	Miel de jujubier	El Djelfa
E12	Miel de montagne	Inconnue
E13	Miel de romarin	Inconnue
E14	Miel de jujubier	Chlef
E15	Miel de jujubier	Sahara



Figure 2 : Image des échantillons étudiés.

IV.2. Méliissopalynologie

D'après les recommandations de la commission internationale de la botanique de l'abeille (**Von Der Ohe et al., 2004**), l'analyse du pollen a été réalisée sans solution d'acétolyse afin de préserver tous les composants. Les lames ont été préparées comme suit :

10 g de miel ont été dissous dans de l'eau acidulée (H_2SO_4 , 5 %) sur une plaque chauffante à 40 °C à peu près. Ensuite, centrifugé pendant 20 min à 4000 tours/min, le surnageant a été décanté et le précipité a été mis en suspension dans 10 ml d'eau distillée. Une seconde centrifugation a été effectuée pendant 20 min à 4000 tours/min, le surnageant a été décanté et 0,2 ml d'eau a été ajouté au précipité. Après agitation, 0,2 ml ont été déposés sur une lame (**Figure 3**) et séchés. Enfin, Un microscope optique (Motic) a été utilisé pour cette analyse.



Figure 3 : Préparation des échantillons du miel pour l'étude méliissopalynologique.

L'identification se fait au microscope à différents grossissements ($G \times 40$, $G \times 100$). On a observé l'ensemble de la préparation et noté tous les grains de pollen rencontrés (**Yang et al., 2012**).

La morphologie des grains est variée et caractérisée par la symétrie, la forme, les apertures (pores ou sillons) ainsi que l'ornementation de l'exine (**Punt et al., 2007**).

L'identification des grains de pollen trouvés dans le miel, nécessite la création d'une banque de données qui se fait à l'aide des pollens de références (atlas pollinique de **Reille, 2013**) et grâce aux banques de données numérique et bibliographique de Centre d'Etude Techniques Apicoles de Moselle (CETAM). Cette collection est indispensable pour la détermination des pollens présents dans le miel, elle facilite aussi la détermination de l'origine botanique (**Annexe I**).

La fréquence en pourcentage des types de pollen est établie après le dénombrement des grains de pollen. Dans l'estimation des fréquences des différents pollens, les termes suivants sont utilisés :

- Pollens dominants, pour les formes qui représentent plus de 45 % de pollen dénombré ;
- Pollens secondaires, pour les grains de pollen qui ont une fréquence comprise entre 16 et 45 % ;
- Pollens tertiaires, pour les grains de pollen qui ont une fréquence comprise entre 3 et 15 % ;
- Pollens rares ou isolés, pour les grains de pollen qui ont une fréquence inférieure à 3 %.

Un miel est considéré monofloral lorsque le nombre de pollens dominants provenant d'une espèce de fleur est supérieur ou égal à 45 % (**Benaziza-Bouchema et Schweitzer, 2010**)

IV.3. Couleur

Les couleurs des miels sont très variées qui peuvent aller d'une teinte claire au brun sombre. Elles sont déterminées par l'analyse visuelle des miels. Pour réaliser cette étape, nous observons la couleur des miels étudiés.

IV.4. Analyse physico-chimique

Les principaux paramètres du miel sont la coloration, l'humidité, la teneur en matières insolubles dans l'eau, la conductivité électrique, le pH et l'acidité, la teneur en hydroxyméthylfurfural (HMF), l'activité de l'amylase également appelé indice diastasique, l'activité de l'invertase, le dosage du glycérol et le pouvoir rotatoire (**Bogdanov et al., 1997**). Nous avons sélectionné certains paramètres qui nous permettront d'apprécier la qualité des miels étudiés :

IV.4.1. pH

Selon **Benaziza-Bouchema et Schweitzer, (2010)**, le pH est mesuré à l'aide d'un pH-mètre de type HANNA instruments calibré par des solutions standard sur une solution de miel à 10 % dans l'eau distillée.

IV.4.2. Acidité

Selon **Achouri et al. (2015)**, quelques gouttes de l'indicateur coloré de phénolphthaléine, sont ajoutées à l'échantillon à analyser, lors du titrage à l'hydroxyde de sodium, il est incolore dans un milieu acide et devient rose en milieu basique. La lecture du volume versé s'effectue sur la burette dès l'apparition de la couleur rose. L'acidité totale est exprimée en milliéquivalents d'acide pour 100 g de miel et sa valeur est déterminée selon la relation suivante :

$$\text{La valeur lue sur la burette} \times 100 / \text{masse de l'échantillon} = \text{meq} / \text{kg}$$

V.4.3. Teneur en humidité

la teneur en humidité a été déterminée par séchage 5 g d'échantillon de miel sont pesés dans un creuset pré-pesé, qui a été ensuite séchés à 105 °C dans une étuve de type Memmert pendant 3 heures (**Adeonipekun et al., (2016)**). La teneur en humidité H % est exprimée en g pour % de miel et donnée par la formule suivante :

$$H\% = \frac{M - m}{m_0} \times 100$$

Avec :

m₀ : Poids de l'échantillon (g).

m : Poids du creuset et de l'échantillon après séchage (g).

M : Poids du creuset et de l'échantillon avant séchage (g).

IV.4.4. Teneur en cendres

Selon **Djossou et al. (2013)**, le taux de cendre a été déterminé par la méthode gravimétrique en incinérant 5 g de miel dans un four à moufle à 600 °C pendant 3 heures. Ces mesures ont été exprimées en (%) :

$$MM\% = \frac{P_1 - P_2}{P_0} \times 100$$

P₀ : Poids de miel

P₁ : Poids du creuset de cendres plus les cendres

P₂ : Poids du creuset de cendres

IV.4.5. Intensité de la couleur (Abs à 450)

Selon **El Sohaimy et al. (2015)**, les échantillons de miel sont dilués à 50 % (p/V) avec l'eau distillée chaude (45-50°C). La solution obtenue est filtrée à l'aide d'un papier filtre, l'absorbance était mesurée à 450 et 720 nm au moyen d'un spectrophotomètre et la différence d'absorbance a été exprimée en mAU par la formule suivante :

$$ABS_{450} \text{ (mAU)} = (Abs_{450} - Abs_{720}) \times 100$$

IV.4.6. Conductivité électrique

Selon **Benaziza et Schweitzer (2010)**, la mesure de la conductivité électrique de chaque échantillon de miel est effectuée à l'aide d'un conductimètre de type HANNA instrument à 20 °C d'une solution de miel à 20 % (1V/5V). Les résultats sont déterminés directement à partir de conductimètre en (mS/cm⁻¹).

IV.4.7. Métaux lourds

L'extraction du miel est faite avec l'eau régale dont le grand pouvoir de dissolution est dû à l'effet combiné d'un acide oxydant HNO₃ et des ions Cl⁻ complexant (HCl). Cette méthode permet aussi la détermination de la quantité totale de toute une série d'éléments traces métalliques. Le procédé d'extraction décrit par (**Hoenig et Thomas, 2002**), consiste à ajouter à 1 g du miel 10 ml d'eau régale (3 parts d'HCl concentré + 1 part de HNO₃ concentré) dans un erlenmeyer rodé de 250 ml fixé sous réfrigérant et chauffé jusqu'à ébullition pendant environ 2 heures au bain-marie. Après refroidissement et rinçage du réfrigérant par quelques ml d'eau déminéralisée, le contenu de l'erlenmeyer est filtré sur membranes Sartorius de 0,22 µm dans des tubes à vis de 25 ml puis compléter jusqu'au trait avec de l'eau déminéralisée.


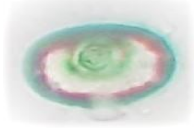
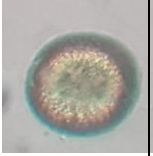



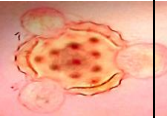



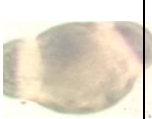
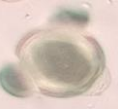


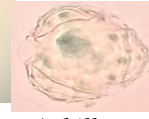

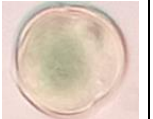




On a déterminé des éléments minéraux (zinc (Zn), cuivre (Cu) et cadmium (Cd)). En utilisant un spectromètre d'absorption atomique (AA6200) (**Annexe II**). Les résultats ont été exprimés en mg/kg de miel.



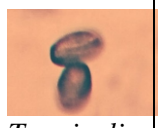
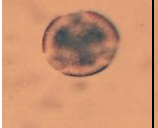

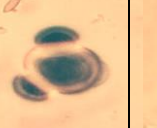
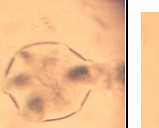
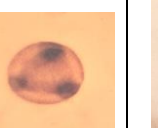









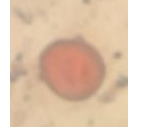

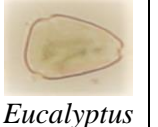
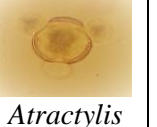
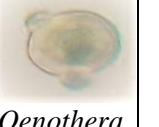



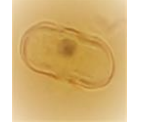
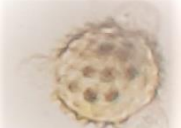




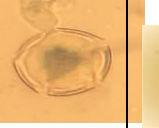



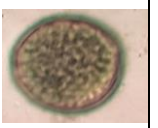
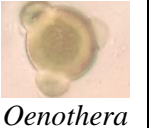
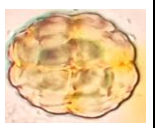


V. Résultats et discussions

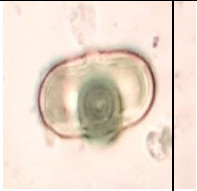
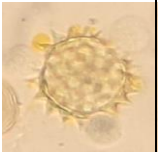


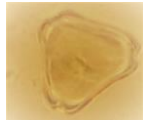
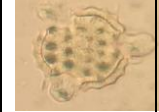

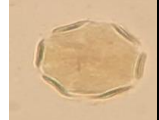

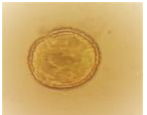





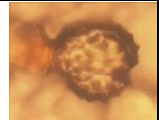


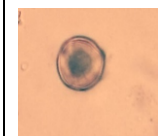



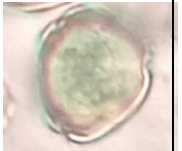
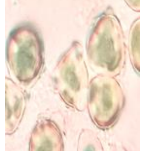
V.1. Méliissopalynologie

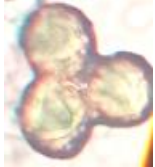
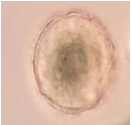
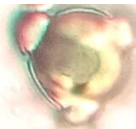

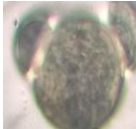
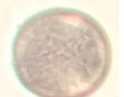

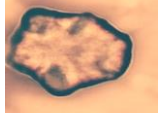





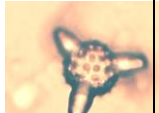



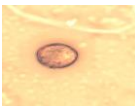





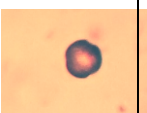




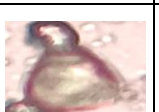
Dans cette étude, 15 échantillons provenant de différentes régions de l'Algérie ont été analysés. Les résultats de cette analyse sont repartis dans le Tableau 04.

Tableau 4 : Classification des pollens des échantillons de miel

Echantillons	Pollens dominants (Fr>45%)	Pollens d'accompagnement (16 < Fr < 45%)		Pollens isolés importants (3%<Fr>16%)				Pollens isolés (Fr < 3%)			
E1	 <i>Eucalyptus sp</i>	 <i>Hedysarum coronarium</i>		 <i>Cistus salviifolius</i>	 <i>Atractylis sp</i>	 <i>Trifolium alexandrinum</i>	 <i>Daucus carota</i>	/			
E2	/	 <i>Inula viscosa</i>	 <i>Daucus carota</i>	 <i>Carduus defloratus</i>	 <i>Ziziphus lotus</i>	 <i>Pinus sp</i>	 <i>Oenothera biennis</i>	 <i>Rosmarinus officinalis</i>	 <i>Lavandula lotifolia</i>	 <i>Achillea millefolium</i>	 <i>Acacia sp</i>
				 <i>Trifolium alexandrinum</i>	 <i>Centaurea cyanus</i>	 <i>Ribus sp</i>		 <i>Olea europaea</i>	 <i>Typha latifolia</i>		

E3	/	 <i>Atractylis sp</i>	 <i>Hedysarum coronarium</i>	 <i>Terminalia mantaly</i>	 <i>Olea europaea</i>	 <i>Salvia officinalis</i>	 <i>Oenothera biennis</i>	 <i>Lavandula Latifolia</i>	 <i>Senna sp</i>	 <i>Carduus defloratus</i>	 <i>Ornithogalum umbellatum</i>
								 <i>Myrtus communis</i>			
E4	 <i>Hedysarum coronarium</i>	/		 <i>Crataegus azarolus</i>	 <i>Citrus sinensis</i>			 <i>Lonicera infundibul</i>	 <i>Fagacées</i>	 <i>Trifolium alexandrinum</i>	
E5	 <i>Peganum harmala</i>	 <i>Rubus sp</i>	 <i>Eucalyptus sp</i>	 <i>Atractylis sp</i>	 <i>Oenothera biennis</i>		 <i>Hedysarum coronarium</i>	 <i>Salix sp</i>	 <i>Olea europaea</i>		
E6	 <i>Daucus carota</i>	 <i>Cardus defloratus</i>	 <i>Salix sp</i>	 <i>Convolvulus arvensis</i>	 <i>Ziziphus lotus</i>	 <i>Crataegus azarolus</i>	 <i>Satureja hortensis</i>	 <i>Citrus sp</i>			
E7		 <i>Justicia</i>	 <i>Nigella sativa</i>	 <i>Cistus sp</i>	 <i>Oenothera biennis</i>			 <i>Acacia sp</i>	 <i>Pinus sp</i>	 <i>Lavandula latifolia</i>	

		<i>flova</i>									
	<i>Daucus carota</i>										
E8	/										
											
				<i>Ziziphus lotus</i>							
E9											
	<i>Euphorbia tirucalli</i>	<i>Ziziphus lotus</i>		<i>Vicia sativa</i>	<i>Centaurea cyanus</i>			<i>Ilex teratopis</i>	<i>Acacia sp</i>		
E10											
	<i>Pistacia lentiscus</i>	<i>Mimosa pudica</i>		<i>Convolvulus arvensis</i>	<i>Punica granatu</i>			<i>Centropogon subandinus</i>			
E11				/				/			

	<i>Zizuphus lotus</i>	<i>Rubus sp</i>									
E12	/	 <i>Pistacia lentiscus</i>	 <i>Anemone rivularis</i>	 <i>Rubus sp</i>	 <i>Trifolium alexandrinum</i>	 <i>Pinus sp</i>	 <i>Euphorbia tirucalli</i>	/			
				 <i>Carduus defloratus</i>							
E13	 <i>Rosmarinus officinalis</i>	 <i>Hedysarum coronarium</i>	 <i>Trifolium repens</i>	 <i>Crataegus azarolus</i>	 <i>Helicia hainanensis</i>	 <i>Zizuphus lotus</i>		 <i>Centaurea cyanus</i>	 <i>Heliantus annuus</i>		
E14	 <i>Hedysarum coronarium</i>	/		 <i>Zizuphus lotus</i>	 <i>Trifolium alexandrinum</i>	 <i>Circaea canadensis</i>	 <i>Trifolium repens</i>	 <i>Aster type</i>	 <i>Acacia sp</i>	 <i>Lonicera infundibulum</i>	 <i>Artemisia sp</i>
E15	 <i>Zizuphus lotus</i>	 <i>Prunus persica</i>	 <i>Ranunculaceae</i>	 <i>Vicia sp</i>				 <i>Betula pendula</i>			

La documentation (**annexe I**) utilisée a permis de déterminer les pollens, généralement au niveau du genre ou au niveau de l'espèce, quelquefois, elle a dû être arrêtée au niveau de la famille.

Pour l'ensemble des miels analysés, 56 types polliniques ont été recensés. **Le tableau 4** présente la liste des taxons rencontrés

- Un miel monofloral présente un pollen à l'état dominant. Parmi les 15 échantillons, 11 échantillons montrent un pollen dominant. **Le tableau 4** permet de constater que:
- 24 pollens sont importants isolés.
- Les pollens isolés comptent 27 types polliniques.
- E2, E3, E8 et E12 ne présentent pas de pollens dominants donc ces miels qualifiés comme polyfloraux ou miels toutes fleurs. Ces miels renferment des pollens d'accompagnement dont *Inula viscosa* (E2), *Daucus carota* (E2), *Atractylis sp* (E3), *Hedysarum coronarium* (E3), *Cirsium arvense* (E8), *Pimpinella anisum* (E8) *Pistacia lentiscus* (E12), *Anemone rivularis* (E12). La présence des miels polyfloraux est une preuve d'une diversité florale mais elle peut s'expliquer aussi par le manque de monocultures (**Ouchemoukh, 2010**).
- Le pollen d'*Hedysarum coronarium* (Sainfoin ou Sulla) domine dans deux échantillons de miel (E4 et E14). Ils sont considérés comme miels monofloraux. La présence de ce pollen s'explique par l'importance de la culture de cette espèce dans ces régions. L'*Hedysarum coronarium* est dominant dans la partie centrale de l'Algérie, en Tunisie et au Maroc, ce qui concorde avec nos résultats. L'*Hedysarum coronarium* est une plante foragère qui présente une grande importance pour les abeilles (**Makhloufi et al., 2010**).
- *Eucalyptus sp* se trouve en abondance dans le miel E1. C'est un miel monofloral d'eucalyptus. Cette forte présence est liée à la taille (entre 25 et 35 μ) ainsi qu'à l'abondance de pollen dans les fleurs de Myrtaceae. Ainsi l'Eucalyptus constitue une plante apicole très intéressante en Mostaganem (**Benaziza-Bouchema et Schweitzer, 2010**).
- E11 et E15 sont des miels monofloraux de jujubier qui sont caractérisés par la dominance du pollen *Zizuphus lotus*.
- *Daucus carota* se trouve à l'état dominant dans 2 échantillons de miel (E6 et E7) qui seraient des miels monofloraux de la carotte sauvage.
- Le pollen d'*Euphorbia tirucalli* domine dans l'échantillon E9 ce qui confirme qu'il est un miel de chardon.

- E10 est un miel sauvage qui présente la dominance de *Pistacia lentiscus*.
- La dominance de pollen de *Rosmarinus officinalis* dans E13 montre qu'il est un miel monofloral de romarin.
- L'échantillon E5 est un miel monofloral de *Peganum harmala*.
- Les pollens d'accompagnement sont constitués par *Hedysarum coronarium* (E1, E2, E3, E13), *inula viscosa* (E2), *Daucus carota* (E2), *Atractylis sp* (E3), *Rubus sp* (E5, E11), *Carduus defloratus* (E6), *Mimosa pudica* (E10), *Cirsium arvense* (E8), *Pimpinella anisum* (E8), *Anemone rivularis* (E12), *Zizuphus lotus* (E9), *Pistacia lentiscus* (E12), *Prunus percica* (E15), *Justicia flava* (E7), *Nigella sativa* (E7), *Ranunculaceae* (E15).
- Un échantillon E11 n'a ni pollen isolés importants ni pollen isolés.

Classement des taxons en fonction de leur présence dans les miels étudiés:

On distingue des formes fréquentes présentées dans 20 à 50% des miels (**Kenjeric et al., 2007**), sont:

- *Hedysarum coronarium* (40%)
- *Eucalyptus sp* (40%);
- *Zizuphis lotus* (33,33%);
- *Trifolium alexandrinum* (33,33%);
- *Daucus carota* (26,66%);
- *Carduus deloratus* (26,66%);
- *Acacia sp* (26,66%);
- *Eucalyptus sp* (20%);
- *Pinus sp* (20%);
- *Oenothora biennis* (20%);
- *Centaurea cyanus* (20%);
- *Rubus sp* (26,66);
- *Lavandula latifolia* (20%);
- *Olea europaea* (20%);

- *Atractylis sp* (20%);
- *Crataegus azarolus* (20%);
- *Citrus sp* (20%).

Les formes peu fréquentes présentées dans 10 à 20% des miels tels que:

- *Cistus salviifolius* (13,33%);
- *Inula viscosa* (13,33%);
- *Rosmarinus officinalis* (13,33%);
- *Salix sp* (16,66%);
- *Convolvulus arvensis* (13,33%);
- *Pistacia lentiscus* (13,33%);
- *Vicia sp* (13,33%);
- *Euphorbia tirucali* (13,33%).

Le dernier groupe comprend les formes rares (<10%) c'est le cas des:

Achillea millefolium, *Typha latifolia*, *Terminalia montaly*, *Salvia officinalis*, *Senna sp*, *Ornithogalum umbellatum*, *Myrtus communis*, *Fagacées*, *Lonicera infundibulum*, *Peganum harmala*, *Satureja hortensis*, *Justicia flora*, *Nigella sativa*, *Cirsium arvense*, *Pimpinella anisum*, *Lavandula stoechas*, *Oxalis sp*, *Mimosa pudica*, *Punica granatum*, *Centropogon subandinus*, *Helianthus annuus*, *Helicia hainanensis*, *Betula pendula*, *Prunus persica*, *Ranunculaceae*, *Artemisia sp*, *Aster type*, *Circaea canadensis*, *Trifolium repens*, *Anemone rivularis* (6,66%).

Selon **Benaziza-Bouchema et Schweitzer (2010)**, l'*eucalyptus* et le *Trifolium* constituent les principales espèces mellifères en Algérie. Les analyses polliniques qui faite sur 66 échantillons de miels algériens par **Makhloufi et al (2010)** montrent que les principales espèces botaniques trouvée sont *Eucalyptus sp*, *Hedysarum coronarium*, *Carduus defloratus*, *Trifolium sp* et dans une moindre mesure, *Echium*, *Rubus sp* et *Citrus sp*.

D'Apiaceae (*Pimpinella anisum*, *Daucus carota*), d'Asteraceae (*Cirsium arvens*, *Carduus sp*, *Artemisia sp*, *Aster type*, *Achillea sp*), de Lamiaceae (*Lavandula angustifolia*, *Lavandula stoechas*, *Rosmarinus officinalis*, *Thymus vulgaris*) et de Fabaceae (*Hedysarum coronarium*, *Trifolium alexandrinum*, *Trifolium repens*, *Vicia sativa*) caractérisant la flore méditerranéenne (**Benaziza-Bouchema et Schweitze, 2010**).

Vérification des noms commerciaux des miels

Parmi les échantillons analysés, 60% des échantillons (9 échantillons) répondent aux appellations initiale (**tableau 5**), 6 échantillons ne correspondant pas à leur appellation initiale :

Tableau 5 : Origines florales des miels étudiés.

Échantillon	Appellation initiale	Origine botanique	Appellation final
E1	Miel d'eucalyptus	Conforme	Miel d'eucalyptus
E2	Miel polyfloral	Conforme	Miel polyfloral
E3	Miel de sauge	Non conforme	Miel polyfloral
E4	Miel d'agrume	Non conforme	Miel de sulla
E5	Miel de harmal	Conforme	Miel de harmal
E6	Miel de carotte sauvage	Conforme	Miel de carotte sauvage
E7	Miel de grain de nigelle	Non conforme	Miel de carotte sauvage
E8	Miel d'inule	Non conforme	Miel polyfloral
E9	Miel de chardon	Conforme	Miel de chardon
E10	Miel sauvage	Non conforme	Miel de mastic
E11	Miel de jujubier	Conforme	Miel de jujubier
E12	Miel de montagne	Conforme	Miel de montagne (polyfloral)
E13	Miel de romarin	Conforme	Miel de romarin
E14	Miel de jujubier	Non conforme	Miel sulla
E15	Miel de jujubier	Conforme	Miel de jujubier

- *Hedysarum coronarium* domine dans deux miels (E4 et E14) présumés d'agrume, et de jujubier.
- L'échantillon (E7) présumé miel de grain de nigelle mais présentant la dominance de pollen *Daucus carota* dans leur spectre.
- Les miels (E3, E8) présumés de sauge et d'inule ne présentent pas de pollen dominant et ont été qualifiés comme étant des miels polyfloraux.
- Le pollen de *Pistacia lentiscus* domine dans l'échantillon E10 présumé miel sauvage.

Les résultats obtenus sont similaires à ceux rapportés par **Patrignani et al., (2018)**. Ceci indique que l'origine botanique du miel est liée à son origine géographique.

D'autres critères sont nécessaires pour caractériser les miels et pour compléter l'analyse pollinique

comme les analyses sensorielles qui étudient la couleur (la vue) et les propriétés physicochimiques (pH, conductivité électrique...) (Louveaux et al., 1970).

V.2. Couleur

La couleur est une caractéristique sensorielle importante des miels, elle varie fortement en fonction de l'origine florale de miel (Aubert et Gonnet, 1983).

Le tableau 6 présente les couleurs observées qui sont varient d'un type de miel à l'autre.

Tableau 6 : La couleur des miels étudiée.

Echantillons	La couleur
E1	Brun dense
E2	Jaune doré
E3	Gris clair à presque blanc
E4	Jaune pâle
E5	Jaune éclatant
E6	Brun dense
S7	Très sombre presque noir
E8	Brun clair
E9	Marron clair
E10	Jaune
E11	Jaune vif
E12	Marron foncé
E13	Blanc à gris pâle
E14	Brun clair
E15	Jaune vif

Louveaux (1968), indique que la couleur du miel est liée à la teneur en matière minérale et en protéines. Ainsi les miels foncés sont plus riches en cendres, en protéines, et en colloïdes.

Toutefois, les échantillon blanc, ambré extra clairs et ambré clairsa, paraissent à l'observation visuelle clairs et sont représenté par les miels à dominances d'*Hedysarum coronarium*, *Euphorbia tirucali*, *Rosmarinus officinalis*, alors que les miels ambrés paraissent sombres notamment, les miels à dominances de *Centaurea cyanus*, *Daucus carota*, *Rubus sp*, et les miels foncés par celui à dominance d'*Eucalyplus sp* (**Clément, 2002 ; Makhloufi, 2011**).

La coloration est une caractéristique physique dépendant de l'origine florale du produit mais également un élément sensoriel qui détermine en partie le choix du consommateur (Makhloufi, 2011).

V.3. Analyse physico-chimiques

V.3.1. pH

Le pH des échantillons de miel est important au cours du processus d'extraction, car il 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 (Bakchiche et al., 2018). Leur valeur est variée entre 3,5 et 5,5 ; elle est due à la présence des acides organiques principalement l'acide gluconique, (Bogdanov et al., 2004).

Le pH des miels étudiés est compris entre 3,68 pour l'échantillon E13 et 4,84 pour l'échantillon avec une moyenne de 4,2 (Figure 4). Donc, tous les miels analysés ont été jugés comme ayant un caractère acide et sont en conformité avec les normes du Codex alimentarius (2001).

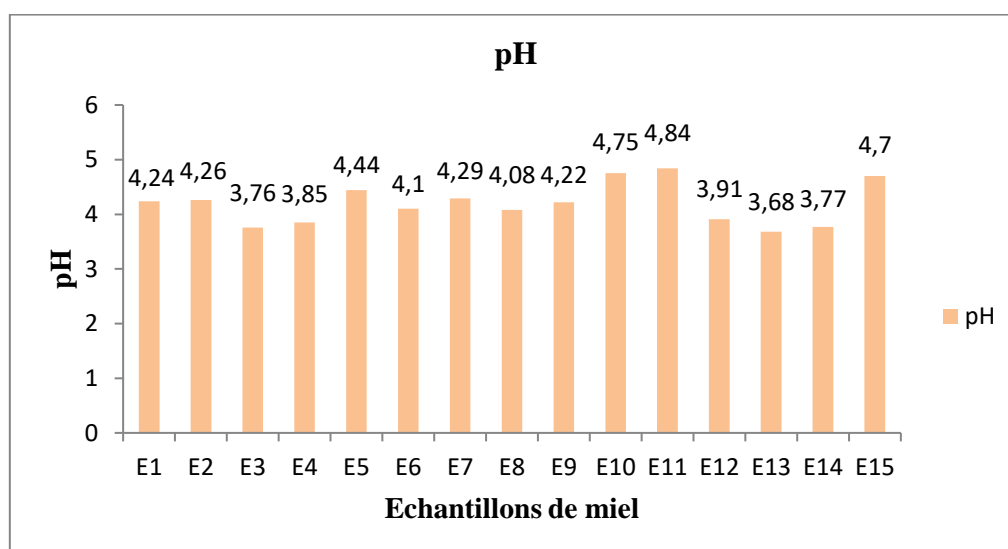


Figure 4 : Représentation graphique des valeurs de pH

Ces résultats rentrent dans l'intervalle des pH trouvés par Makhloufi et al., (2010) sur 66 miels algériens (3,40 à 6,23). Ibrahim et al., (2011) 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. Ces valeurs de pH sont similaires à celles rapportées pour d'autres échantillons de miels provenant de l'Inde, du Brésil, de l'Espagne et de la Turquie qui auraient un pH entre 3,49 et 4,70 (Azeredo et al., 2003 et Saxena et al., 2010).

V.3.2. Acidité

Les résultats obtenus représentés par la **figure 5** :

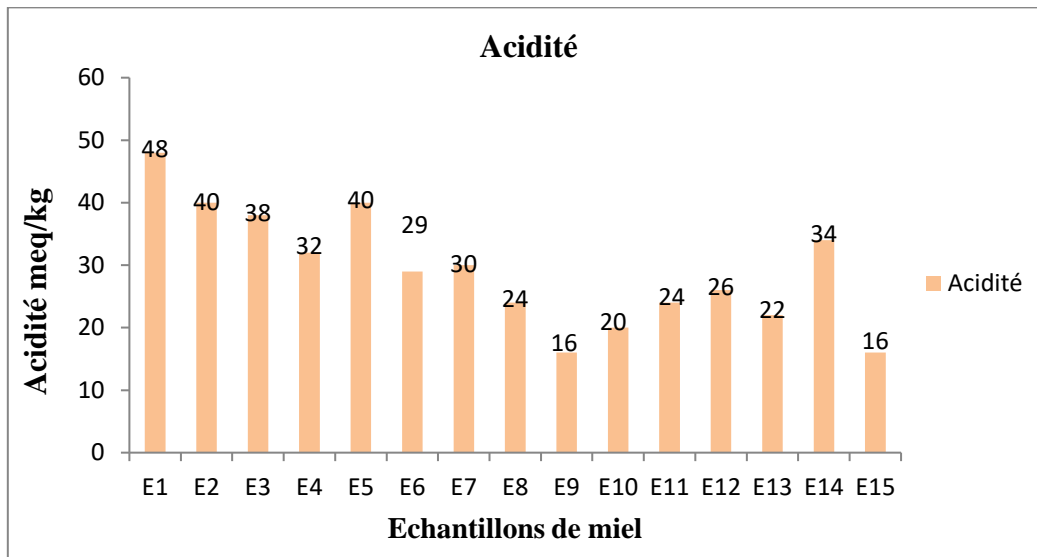


Figure 5 : Représentation graphique des valeurs de l'acidité.

Les valeurs de l'acidité des miels analysés varient de 16 à 48 méq /kg avec une moyenne de 29.26 meq/kg. On constate que l'ensemble des échantillons a démontré des teneurs en acidité en accord avec les normes fixée par le **Codex Alimentarius (2001)** qui est de 50 méq/kg. Cela indique l'absence de fermentations indésirables (**Ajlouni et Sujirapinyokul, 2010** et **Fallico et al., 2004**).

L'acidité libre est un critère important durant l'extraction et le stockage, en raison de son influence sur la texture et la stabilité du miel. Cette acidité provient d'acides organiques dans certains sont libres et d'autres combinés sous forme de lactones (**Bogdanov et al., 2004** et **Gomes et al., 2010**). La variation de l'acidité dans les différents miels peut être attribuée à l'origine florale ou à des variations en raison de la saison de la récolte (**Bakchiche et al., 2018**).

V.3.3. Teneur en humidité

La teneur en humidité de nos échantillon variant entre 9,6 % et 17% avec une moyenne de 13.65 % (**Figure 6**). L'échantillon E10 présente la plus faible teneur en humidité (9.6%). Contrairement à l'échantillon E8, il présente la plus forte teneur en humidité (17%) et de ce fait donc contient le plus de matières sèches. Ces valeurs sont inférieures à la limite maximale (20 %) fixée par la **Commission de l'Union Européenne (2002)** et le **Codex Alimentaire (2001)**, donc le risque de fermentation est très faible. Nos résultats sont proches à ceux rapportés par **Tornuk et al., (2013)** ; il est trouvé des valeurs variantes entre (8,99 à 17,40 %).

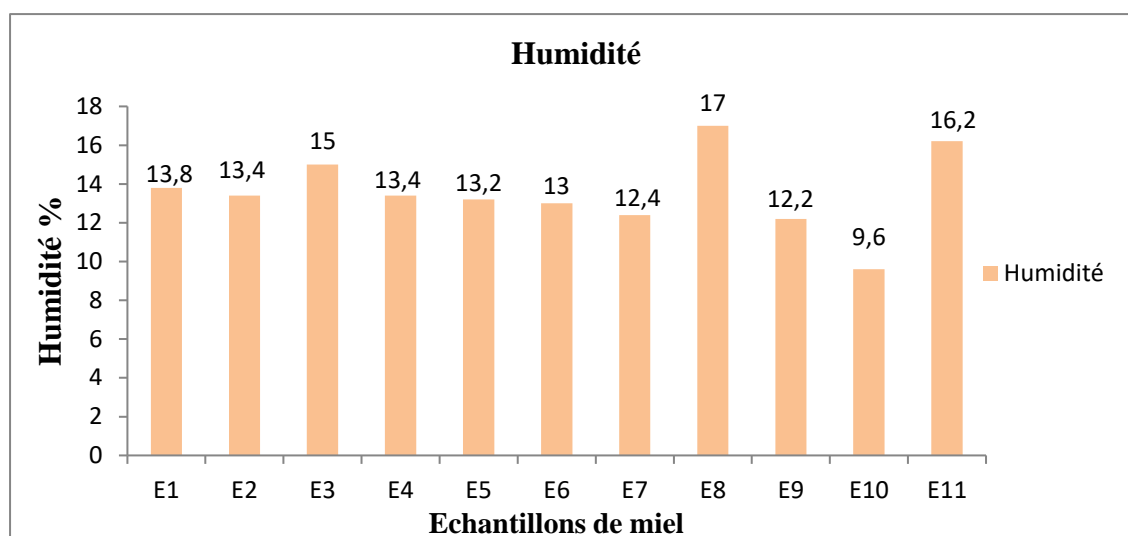


Figure 6 : Représentation graphique des valeurs d'humidité.

D'après **El Sohaimy et al., (2015)**, La teneur en humidité du miel est un facteur limitant dans la détermination de sa qualité, de sa stabilité et de sa résistance à la dégradation par les levures. Plus la teneur en humidité est élevée, plus la probabilité de fermentation du miel pendant le stockage est élevée. Des limites d'humidité plus basses (<20%), allongeant la durée de vie du miel

La variation de la teneur en humidité est due aux différentes conditions environnementales telles que le climat, l'origine florale des échantillons du miel, la teneur en eau des nectars et les techniques de traitement et les conditions de stockage (**Nabti et al., 2016**). La teneur en humidité est un élément important d'évaluation du degré de maturité du miel et de sa durée de vie (**Belhaj et al., 2015**).

V.3.4. Teneur en cendres

La teneur en cendres est un critère de qualité pour l'origine botanique et géographique du miel (**El Sohaimy et al., 2015**). Elle est généralement faible et dépend de la composition en nectar prédominant dans leur formation (**Felsner et al., 2004**). Selon **Le Codex Alimentarius (2001)** le contenu en cendre peut varier entre 0,02% à 1,03%. Les résultats révèlent que nos échantillons sont minéralisés, ils sont variés de 0,25 à 0,75% (**Figure 7**) avec une moyenne de 0,56%. Nos valeurs de la teneur en cendres obtenues sont similaires avec les valeurs obtenues par **Ouchemoukh et al., (2007)** qui variait de 0,06% à 0,54%.

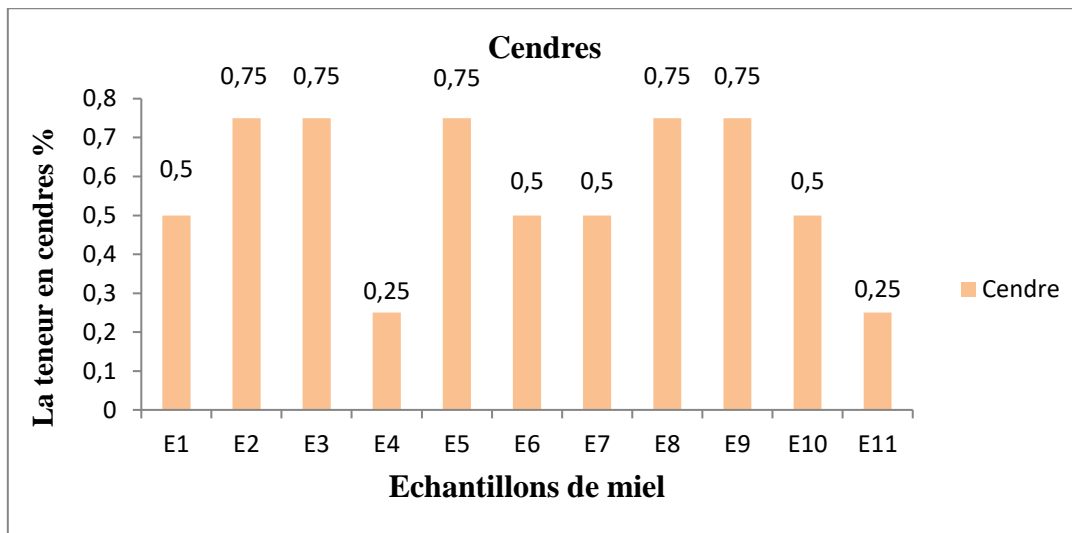


Figure 7 : Représentation graphique des valeurs des cendres.

D'après **Bakchiche et al., (2018)**, La variation de la teneur en cendres peut s'expliquer par les procédés de récolte, les techniques de l'apiculture et les matériels collectés par les abeilles lors de la recherche de nourriture sur la fleur et principalement déterminée par le sol et le climat caractéristique.

V.2.5. Intensité de la couleur

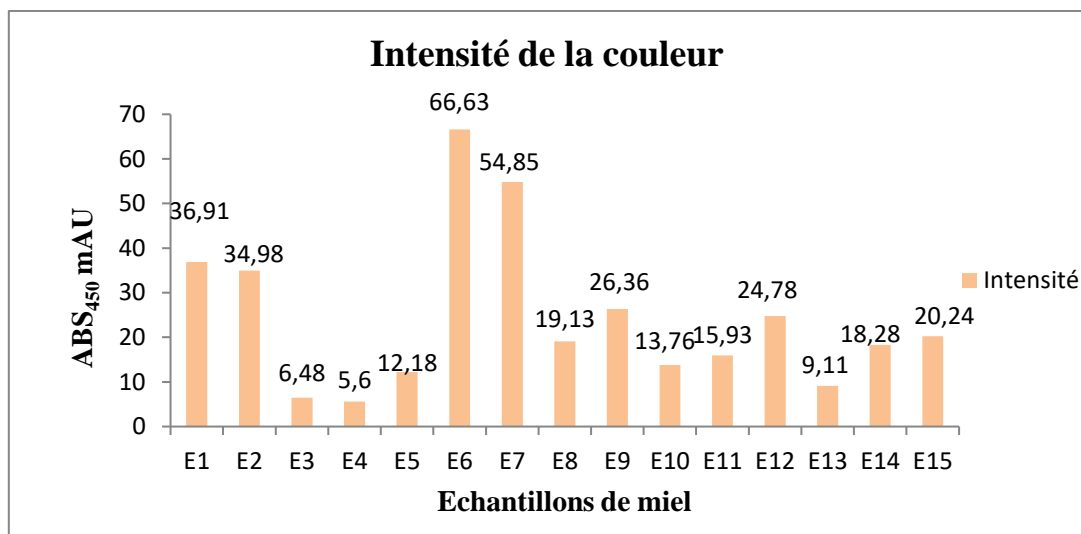


Figure 8 : Représentation graphique des valeurs d'intensité de couleur (ABS).

Selon **Ibrahim et al., (2011)** l'intensité de la couleur du miel reflétant la teneur en pigments aux propriétés antioxydantes (caroténoïdes et flavonoïdes). L'absorbance de nos échantillons de miel variait de 5,6 mAU pour l'échantillon E4 à 66,63 mAU pour l'échantillon E6 (**figure 8**). Cette différence marquée pourrait constituer un indice fiable de la présence de pigments à activité antioxydante (caroténoïdes, produits de réaction de Maillard), cela pourrait également être dû à la présence de pigments contaminants spécifiques résultant de la manipulation, de la transformation et du stockage, et / ou à des réactions biochimiques au cours de la maturation du miel, susceptibles de donner lieu à des composants sans activité antioxydante.

V.2.6. Conductivité

Selon **Sakač et al., (2019)**, la conductivité électrique est un paramètre commun dans le contrôle de la qualité du miel dans une corrélation positive avec la teneur en cendres et l'acidité due à la présence d'ions, d'acides organiques et protéines. Comme les minéraux sont introduits dans le miel principalement avec pollen, la conductivité électrique est en corrélation avec la teneur en pollen des miels monofloraux et peuvent servir à la détermination de l'origine. **Le Codex Alimentarius (2001)** recommande de façon générale une valeur inférieure à 0,8 mS/cm pour les miels de nectar, tandis que les miels de miellats doivent avoir des valeurs plus de 0.8 mS/cm.

Les valeurs de la conductivité électrique des échantillons de miel analysés varient de 0.1 mS/cm à 0.73 mS/cm (figure 9) avec une moyenne de 0.3 mS/cm. Ces valeurs obtenues sont inférieures à la valeur maximale recommandées ≤ 0.8 mS/cm et proche des données précédemment rapportés par **Lazarevic et al., (2012)** (0,16 à 0,64 mS / cm).

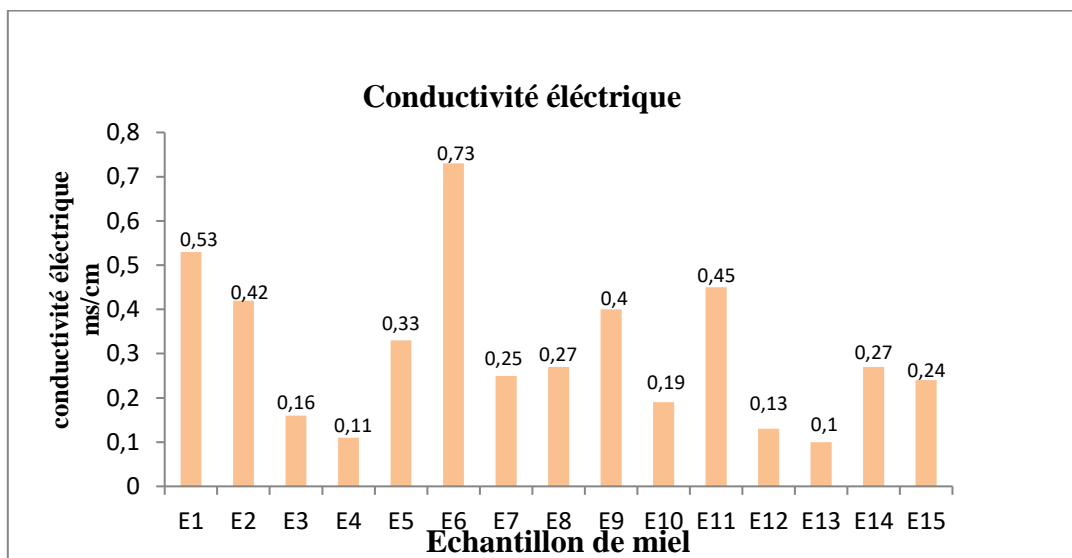


Figure 9 : Représentation graphique des valeurs de la conductivité électrique (ms/cm).

Tous les échantillons mesurés ont une conductivité au-dessous de la limite préconisée par le codex, cela veut dire que ce sont des miels à nectars.

V.2.7. Métaux lourds

Les résultats sont présentés dans le **tableau 7** :

Tableau 7 : teneur en métaux lourds des échantillons de miels en mg/kg.

Échantillon	Concentration des métaux lourds en mg/kg		
	Cadmium mg/kg	Cuivre mg/kg	Zinc mg/Kg
E1	0,0143	0,0728	8,615
E2	0,0038	0,0535	15,585
E3	0,0057	0,0398	15,2425
E4	0,0248	0,0376	5,985
E5	0,0315	0,0159	3,4045
E6	0,0515	0,0569	9,205
E7	0,0019	0,0296	2,0075
E8	0,0172	0,0193	15,1475
E9	0,0210	0,0387	11,2625
E10	0,0086	0,0205	3,5775
E11	0,0010	0,0353	7,14
E14	0,0439	0,0467	10,845
E15	0,0420	0,0273	4,475

Cuivre

La valeur maximale observée pour le cuivre est de 0,0728 mg/Kg concernant l'échantillon **E1**, la valeur minimale de 0,0159 mg/Kg a été enregistrée pour le miel **E6** (**Tableau 7**). Des valeurs de cuivre ont été rapportées dans la littérature sont faibles, variant de 0,05 à 1,84 mg/Kg pour différentes variétés de miels marocains (**Chakir et al., 2011**). Le cuivre peut contaminer l'environnement par l'utilisation des pesticides contre les parasites qui endommagent les récoltes (**Provenzano et al., 2010**).

Zinc

Les teneurs obtenues montrent que le zinc est l'élément prédominant dans toutes les variétés de miels étudiées avec une valeur moyenne de 8,65 mg/Kg. Elle est significativement plus élevée dans l'échantillon **E2** (15,59 mg/Kg), la teneur la plus faible **7** (2,0075 mg/Kg) est observée pour l'échantillon **E7** (**Tableau 7**). Les auteurs attribuaient ce fait à la présence aléatoire de cet élément dans l'environnement, soit en tant que polluants ou comme constituants naturels des fleurs (**Leita et**

al., 1996). De même, le stockage du miel dans des conteneurs galvanisés peut être considéré comme une source de contamination par le zinc (**Bogdanov et al.**, 2003).

Cadmium

Les valeurs de cadmium sont faibles à l'état de trace dans toutes les variétés de miels, ils ont varié entre 0,0010 (**E11**) et 0,0515 (**E6**) mg/kg (**Tableau 7**). Ces valeurs sont proches de celles de **Chakir et al.**, (2011), alors que **Rashed et Soltan (2004)** ont détecté des valeurs de cadmium plus élevées de l'ordre de 0,5 mg/kg pour le miel égyptien. Il n'existe pas des limites maximales résiduelles spécifiques au cadmium pour le miel, mais une valeur de 0,1 mg/kg a été proposée par l'Union Européenne (**Bogdanov, 2006**). Les teneurs en cadmium trouvées pour toutes les variétés de miels étudiées sont largement inférieures à cette valeur. Finalement, la concentration des éléments minéraux dans tous les miels étudiés est dans l'ordre suivant :

Zn > Cu > Cd.

Conclusion

Cette étude est élaborée afin de cerner les critères de qualité de 15 échantillons de miels par l'analyse pollinique et certains paramètres physicochimiques. En général, les miels possèdent un ou plusieurs caractères discriminants qui vont les différencier en miels monofloraux et miels polyfloraux. Ces critères varient d'un miel à l'autre. Les résultats obtenus ont permis de connaître la composition pollinique des miels étudiés. Le nombre de taxons rencontrés dans l'ensemble des échantillons est de 56 types polliniques. Pour l'origine florale des miels, l'interprétation des résultats des analyses polliniques a permis de séparer les miels étudiés en miels monofloraux et miels polyfloraux.

Les miels monofloraux rencontrés sont des miels montrant la dominance d'*Hedysarum coronarium*, *Zizyphus lotus*, *Eucalyptus sp*, *Daucus carota*, *Euphorbia tirucalli*, *Pistacia lentiscus*, *Rosmarinus officinalis*, *Peganum harmala*. Ces plantes indiquent la flore avoisinant les ruchers, ainsi que le choix sélectif des abeilles. Ces résultats indiquent l'existence d'une apiculture transhumante qui caractérise les régions d'études.

E2, E3, E8 et E12 qualifiés comme polyfloraux ou miels toutes fleurs donc ne présentent pas de pollens dominants. Ces miels renferment des pollens d'accompagnement. La présence des miels polyfloraux est une preuve d'une diversité florale mais elle peut s'expliquer aussi par le manque de monocultures.

La couleur du miel varie fortement en fonction de l'origine florale de miel, après l'analyse sensorielle des miels, nous observons que les couleurs sont très variées qui peuvent aller d'une teinte claire au brun sombre.

Les résultats des analyses physico-chimiques des miels étudiés, ont décelé une teneur en eau moyenne de 13.65 %, une conductivité électrique avec une moyenne de 0.3 mS/cm., un pH 4,2, un moyen d'acidité 29.26 meq/kg, une faible moyenne de la teneur en cendres 0,56 %. Les résultats physicochimiques obtenus nous permettent de constater que les échantillons de miel s'accordent avec les normes établies par le codex Alimentarius.

Le taux le plus élevé de cadmium a été enregistré dans l'échantillon E6 (0,0515 mg/Kg) et le plus faible pour l'échantillon E11 (0,0010 mg/Kg). L'évaluation de ce polluant dans le miel est particulièrement intéressante car il constitue un bon indicateur de la contamination de l'environnement. La valeur maximale observée pour le cuivre est de 0,0728 mg/Kg (E1). Le zinc est l'élément prédominant dans toutes les variétés de miels étudiées avec une valeur moyenne de 8,65 mg/Kg.

Références

- Achouri, I., Aboussaleh, Y., Sbaibi, R., Chemissi, H., et Bengueddour, R. (2015).** Comparison of the physico-chemical quality of honey *Ziziphus sp* (Sider) and *Acacia sp* (Samar) consumed in the United Arab Emirates (UAE). *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 10(1), 184-191.
- Adebiyi, F. M., Akpan, I., Obiajunwa, E. I., et Olaniyi, H. B. (2004).** Chemical/physical characterization of Nigerian honey. *Pakistan journal of Nutrition*, 3(5), 278-281
- Adeonipekun, P. A., Adeniyi, T. A., Akinsoji, A., et Eden, D. (2016).** Diversité florale et propriétés antibactériennes du miel de trois zones écologiques différentes au Nigéria. *Monde de l'abeille*, 93(3), 68-73.
- Ajlouni, S., et Sujirapinyokul, P. (2010).** Hydroxymethylfurfuraldehyde and amylase contents in Australian honey. *Food Chemistry*, 119(3), 1000-1005.
- Alhamidi, N. A. (2017).** Etude du pollen de quelques espèces allergisantes de la région de Tlemcen. These, diplôme de docteur en pharmacie université de tlemce abou bekr belkaïd, 68p.
- Aubert, S et Gonnet, M. (1983).** Mesure de la couleur des miels. *Apidologie*, 14(2), 105-11.
- Azeredo, L. D. C., Azeredo, M. A. A., De Souza, S. R., et Dutra, V. M. L. (2003).** Protein contents and physicochemical properties in honey samples of *Apis mellifera* of different floral origins. *Food chemistry*, 80(2), 249-254.
- Baglio, E. (2017).** Chemistry and Technology of Honey Production. *Springer*.
- Bakchiche, B., Habati, M., Benmebarek, A., et Gherib, A. (2018).** Caractéristiques physico-chimiques, concentrations des composés phénoliques et pouvoir antioxydant de quatre variétés de miels locales (Algérie). *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 6(1), 118-123.
- Ballot-florin, C. (2009).** Les bienfaits de l'apithérapie. *Eyrolles*.
- Belhaj, O., Oumato, J., et Zrira, S. (2015).** Étude physicochimique de quelques types de Miels marocains. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 3(3), 71-75.
- Benaziza-Bouchema, D., et Schweitzer, P. (2010).** Caractérisation des principaux miels des régions du Nord de l'Algérie. *Cahiers Agricultures*, 19(6), 432-438.
- Betayene, D. (2008).** Manuel du débutant apicole. *Edition revue*.
- Bogdanov, S. (2006).** Contaminants of bee products. *Apidologie*, 37(1), 1-18.
- Bogdanov, S. (2009).** Honey composition. *The honey book*, 1-9.

- Bogdanov, S. (2011).** Elaboration and harvest of honey. *The Honey Book*, 8-14.
- Bogdanov, S. (2012).** Pollen: Nutrition, functional properties, health. *Magnesium (Mg)*, 20(300), 350.
- Bogdanov, S., Lüllman, C., Martin, P., Von Der Ohe, W., Russmann, H., Vorwohl, G., Persano-Oddo, L., Sabatini, A. G., Marcazzan, G. L., Piro, R., Flamini, C., Morlot, M., Heritier, J., Borneck, R., Marioleas, P., Tsigouri, A., Kerkvliet, J., Ortiz, A., Ivanov, T., D-Arcy, B., Mossel, B., et Vit, P. (1997).** Honey quality and international regulatory standards : review by the international honey commission. *Bee World*, 80 (2) : 61–69.
- Bogdanov, S., et Kilchenman, V. (2003).** Critère d’appréciation De La Qualité. *Dans La Revue Centre Suisse De Recherche Apicole*. pp : 6.
- Bogdanov, S., Bieri, K., Gremaud, G., Iff, D., Känzig, A., Seiler, K., Stöckli, H., et Zürcher, K. (2004).** Produits apicoles, 23A Miel. Revus par le groupe d’experts « Produits apicoles » p 37.
- Bogdanov, S., Ruoff, K., et Oddo, L. P. (2004).** Physico-chemical methods for the characterisation of unifloral honeys: a review. *Apidologie*, 35(1), S4-S17.
- Bogdanov, S., Imdorf, A., Charrière, J. D., Fluri, P. et Kilchenmann, V. (2003).** Qualité des produits apicoles et sources de contamination. *Centre Suisse de recherché apicoles. Station fédérale de recherché laitières, liebefeld*.
- Bogdanov, S., Bieri, K., Gremaud, G., Iff, D., Känzig, A., Seiler, K., Stöckli, H. et Zürcher, K. (2004).** Produits apicoles, 23A pollen. *Revus par le groupe d’experts « Produits apicoles »* p 6.
- Bonté, F., et Desmoulière, A. (2013).** Le miel: origine et composition. *Actualités pharmaceutiques*, 52(531), 18-21.
- Bogdanov, S. (2016).** Honey Control and Trade. *The Honey Book*, 4p.
- Boussaid, A., Chouaibi, M., Rezig, L., Hellal, R., Donsi, F., Ferrari, G., et Hamdi, S. (2018).** Physicochemical and bioactive properties of six honey samples from various floral origins from Tunisia. *Arabian journal of chemistry*, 11(2), 265-274.
- Bradbear, N. (2011).** Le rôle des abeilles dans le développement rural. Manuel sur la récolte, la transformation et la commercialisation des produits et services dérivés des abeilles. *FAO*.
- Braun, M., Dotterl, S., Schlindwein, C., et Gottsberger, G. (2012).** Can nectar be a disadvantage? Contrasting pollination natural histories of two woody Violaceae from the Neotropics. *International Journal of Plant Sciences*, 173(2): 161-171.
- Chakir, A., Romane, A., Barbagianni, N., Bartoli, D. et Ferrazzi, P. (2011).** Major and trace elements in different types of Moroccan honeys. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(4), 223-231.

- Clément, H. (2015).** Le guide des miels : 50 miels à découvrir. *Fleurus*.
- Codex Alimentarius, (2001).** Programme Mixte FAO/OMS Sur Les Normes Alimentaires. Commission du Codex Alimentarius. ALINORM 01/25, 1-31.
- Commission Européenne (2002).** Directive 2001/110/EC du 20 décembre 2001 relative au miel. Journal Officiel des Communautés Européennes, L10, p : 47-52.
- Cordella, C. B., et Moussa, I. (2009).** Pister les fraudes dans les miels. *L'actualité chimique*, (330), 7-13.
- Da Silva, P. M., Gauche, C., Gonzaga, L. V., Costa, A. C. O., et Fett, R. (2016).** Honey : Chemical composition, stability and authenticity. *Food Chemistry*, 196, 309-323.
- Del Fueyo, G. M., Archangelsky, S., et Archangelsky, A. (2012).** An ultrastructural study of the araucarian pollen grain *Cyclusphaera radiata* Archangelsky from the Albian of Patagonia. *Review of palaeobotany and palynology*, 173, 57-67
- Del Carmen Fernández, M., Romero-García, A. T., et Rodríguez-García, M. I. (1992).** Aperture structure, development and function in *Lycopersicum esculentum* Miller (Solanaceae) pollen grain. *Review of palaeobotany and palynology*, 72(1-2), 41-48.
- DGCCRF. (2016).** Les fiches pratiques de la concurrence et de la consommation.
- Djossou, J. A., Tchobo, F. P., Yédomonhan, H., Alitonou, A. G., et Soumanou, M. M. (2013).** Evaluation des caractéristiques physico-chimiques des miels commercialisés à Cotonou. *Tropicultura*, 31(3), 163-169.
- Doukani, K., Tabak, S., Derriche, A., et Hacini, Z. (2014).** Étude physico-chimique et phyto-chimique de quelques types de miels Algériens. *Revue Ecologie-Environnement*, p : 10, 37-49.
- El Hesse, M., Halbritter, H., Weber, M., Buchner, R., Frosch-Radivo, A., Ulrich, S., et Zetter, R. (2009). *Pollen terminology: an illustrated handbook*. Springer Science et Business Media. sevier
- El Sohaimy, S. A., Masry, S. H. D., et Shehata, M. G. (2015).** Physicochemical characteristics of honey from different origins. *Annals of Agricultural Sciences*, 60(2), 279-287.
- Fallico, B., Zappala, M., Arena, E., et Verzera, A. (2004).** Effects of conditioning on HMF content in unifloral honeys. *Food Chemistry*, 85(2), 305-313.
- Felsner, M. L., Cano, C. B., Bruns, R. E., Watanabe, H. M., Almeida-Muradian, L. B. D., et Matos, J. D. R. (2004).** Characterization of monofloral honeys by ash contents through a hierarchical design. *Journal of Food Composition and Analysis*, 17(6), 737-747.

- Ferreiro-González, M., Espada-Bellido, E., Guillén-Cueto, L., Palma, M., Barroso, C. G., et Barbero, G. F. (2018).** Rapid quantification of honey adulteration by visible-near infrared spectroscopy combined with chemometrics. *Talanta*, 188, 288-292.
- Fournier, R. (2009).** ABC de l'apithérapie : se soigner grâce aux abeilles. Grancher Ed. Paris, 2009, 139 p.
- Gallego-Picó, A., Garcinuño-Martínez, R. M., et Fernández-Hernando, P. (2013).** Honey authenticity and traceability. In *Comprehensive Analytical Chemistry* (Vol. 60, pp. 511-541).
- Gomes, S., Dias, L. G., Moreira, L. L., Rodrigues, P., et Estevinho, L. (2010).** Physicochemical, microbiological and antimicrobial properties of commercial honeys from Portugal. *Food and Chemical Toxicology*, 48(2), 544-548.
- Gouasmi, K. (2013).** Caractérisation physico-chimique et palynologique des sédiments des sites archéologiques du nord-est algérien, cas : d'Hippone, Madors et Khemissa (Doctoral dissertation, Université de Annaba-Badji Mokhtar).
- Goût, J. (2008).** 250 réponses aux questions d'un ami des abeilles. *Le gerfaut*.
- Halbritter, H., Ulrich, S., Grimsson, F., Weber, M., Zetter, R., Hesse, M., et Frosch-Radivo, A. (2018).** Illustrated pollen terminology. *Springer*.
- Hoenig, M., et Thomas, P. (2002).** Préparation d'échantillons de l'environnement pour analyse minérale. Ed. *Techniques Ingénieur*.
- Hubersan, J. (2001).** L'analyse pollinique des miels par l'amateur. *Galerie Apicole virtuelle*.
- Huchet, E., Coustel, J., et Guinot, L. (1996).** Les constituants chimiques du miel, méthodes d'analyses chimiques. *Departement Sciences de l'aliment*, 1-5.
- Ibrahim Khalil, M. I., Mahaneem, M., Jamalullail, S. M. S., Alam, N., et Sulaiman, S. A. (2011).** Evaluation of radical scavenging activity and colour intensity of nine Malaysian honeys of different origin. *Journal of ApiProduct and ApiMedical Science*, 3(1), 04-11.
- Kenjerić, D., Mandić, M. L., Primorac, L., Bubalo, D., et Perl, A. (2007).** Flavonoid profile of Robinia honeys produced in Croatia. *Food Chemistry*, 102(3), 683-690.
- Koehler, S. (2015).** Le miel dans la cicatrisation des plaies : un nouveau médicament, thèse, le Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie université de lorraine faculté de pharmacie, 106p.
- Laaidi, K., Laaidi, M., et Besancenot, J. P. (1997).** Pollens, pollinoses et météorologie. *La météorologie*, 8(20), 41-56.

- Laouar, H., et Tahar, A. (2017).** Physicochemical analysis of some honeys from humid regions in North East Algeria.
- Lazarević, K. B., Andrić, F., Trifković, J., Tešić, Ž., et Milojković-Opsenica, D. (2012).** Characterisation of Serbian unifloral honeys according to their physicochemical parameters. *Food Chemistry*, 132, 2060–2064.
- Leita, L., Muhlbachova, G., Cesco, S., Barbattini, R. et Mondini, C. (1996).** Investigation of the use of honey bees and honey bee products to assess heavy metals contamination. *Environmental Monitoring and assessment*, 43(1), 1-9.
- Lezine, A.M. (2011).** Introduction à la Palynologie. Edit, *Société Géologie Nancy, France*.
- Louveaux, J., Maurizio, A., et Vorwohl, G. (1970).** Methods of melissopalynology. *Bee World*, 51:125-131.
- Louveaux, J. (1970).** Annexes microphotographiques aux méthodes officielles d'analyse : Atlas photographique d'analyse pollinique des miels. *Service de la répression des fraudes et du contrôle de la qualité*.
- Louveaux, J., Maurizio, A., et Vorwohl, G. (1978).** Methods of Melissopalynology. *Bee World*. 59:139-153.
- Makhloufi, C., Kerkvliet, J. D., D'albore, G. R., Choukri, A., et Samar, R. (2010).** Characterization of Algerian honeys by palynological and physico-chemical methods. *Apidologie*, 41(5), 509-521.
- Marchenay, P. (1988).** Miels, miellats, miellées. *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée*, 35(1), 121-146.
- Marchenay, P. (1994).** Le guide de l'apiculture. 388 p
- Marchese, C. M., et Flottum, K. (2013).** Honey Connoisseur: Selecting, Tasting, and Pairing Honey, With a Guide to More Than 30 Varietals. Hachette UK.
- Nabti, D., Achou, M., et Braia, F. M. H. (2016).** Physicochemical study of some types of Algerian honeys. *International Journal of Medical Research et Health Sciences*, 5(9), 8-12.
- Ouchemoukh, S., Schweitzer, P., Bey, M. B., Djoudad-Kadji, H., et Louaileche, H. (2010).** HPLC sugar profiles of Algerian honeys. *Food chemistry*, 121(2), 561-568.
- Ouchemoukh, S., Louaileche, H., et Schweitzer, P. (2007).** Physicochemical characteristics and pollen spectrum of some Algerian honeys. *Food control*, 18(1), 52-58.

- Patrignani, M., Fagúndez, G. A., Tananaki, C., Thrasyvoulou, A., et Lupano, C. E. (2018).** Volatile compounds of Argentinean honeys : Correlation with floral and geographical origin. *Food chemistry*, 246, 32-40.
- Pesenti, M. E., Spinelli, S., Bezirard, V., Briand, L., Pernollet, J. C., Tegoni, M., et Cambillau, C. (2008).** Structural basis of the honey bee PBP pheromone and pH-induced conformational change. *Journal of molecular biology*, 380(1), 158-169.
- Provenzano, M. R., El Bilali, H., Simeone, V., Baser, N., Mondelli, D. et Cesari, G. (2010).** Copper contents in grapes and wines from a Mediterranean organic vineyard. *Food Chemistry*, 122(4), 1338-1343.
- Punt, W., Hoen, P. P., Blackmore, S., Nilsson, S., et Le Thomas, A. (2007).** Glossary of pollen and spore terminology. *Review of palaeobotany and palynology*, 143(1-2), 1-81.
- Rashed, M. N. et Soltan, M. E. (2004).** Major and trace elements in different types of Egyptian mono-floral and non-floral bee honeys. *Journal of food composition and analysis*, 17(6), 725-735.
- Reille, M. (2013).** Leçons de palynologie et d'analyse pollinique. Editions du C.N.R.S., Paris, 206 p.
- Sakač, M. B., Jovanov, P. T., Marić, A. Z., Pezo, L. L., Kevrešan, Ž. S., Novaković, A. R., et Nedeljković, N. M. (2019).** Physicochemical properties and mineral content of honey samples from Vojvodina (Republic of Serbia). *Food chemistry*, 276, 15-21.
- Sanz, M. L., Gonzalez, M., De Lorenzo, C., Sanz, J., et Martinez-Castro, I. (2005).** A contribution to the differentiation between nectar honey and honeydew honey. *Food Chemistry*, 91(2), 313-317.
- Saxena, S., Gautam, S., et Sharma, A. (2010).** Physical, biochemical and antioxidant properties of some Indian honeys. *Food Chemistry*, 118(2), 391-397.
- Schweitzer, P. (2004).** Le monde des miellats. *Revue l'abeille de France*, (908), 4p.
- Schweitzer, P. (2010).** Analyses des miels. *Laboratoire d'analyse du cetamlorraine france*, 24 juil 2010, pp.17-19.
- Spürgin, A. (2010).** Guide de l'abeille : l'homme et l'abeille, biologie de l'abeille, apiculture et miel. *Delachaux et Niestlé*.
- Stanley, R. G., et Linskens, H. F. (2012).** Pollen: biology biochemistry management. *Springer Science et Business Media*, 1-176.

Terrab, A., Diez, M. J., et Heredia, F. J. (2002). Characterisation of Moroccan unifloral honeys by their physicochemical characteristics. *Food Chemistry* ; 79 : 337-73.

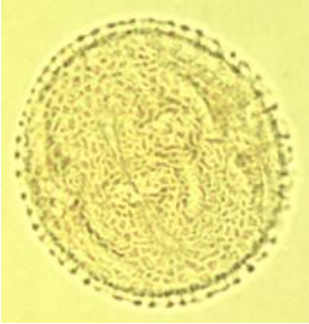

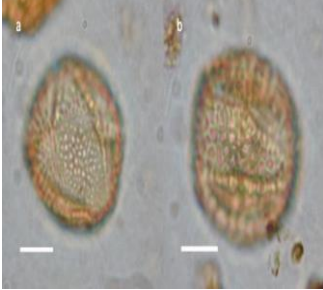

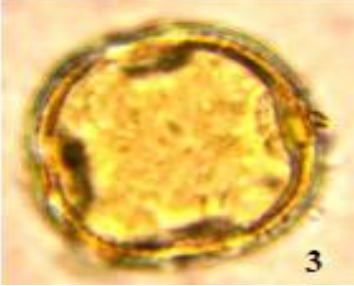



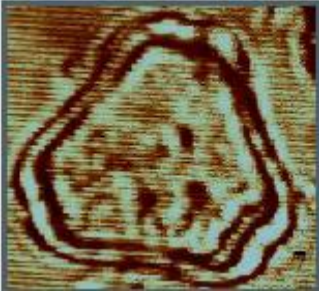

Tornuk, F., Karaman, S., Ozturk, I., Toker, O. S., Tastemur, B., Sagdic, O., ... et Kayacier, A. (2013). Quality characterization of artisanal and retail Turkish blossom honeys: Determination of physicochemical, microbiological, bioactive properties and aroma profile. *Industrial Crops and Products*,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

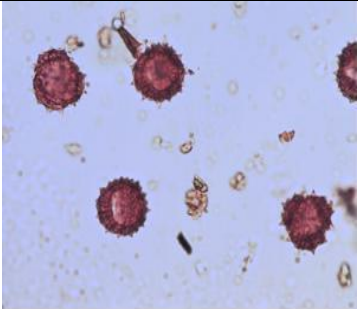

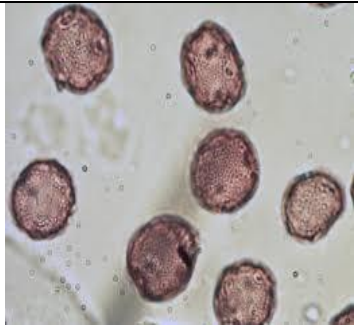

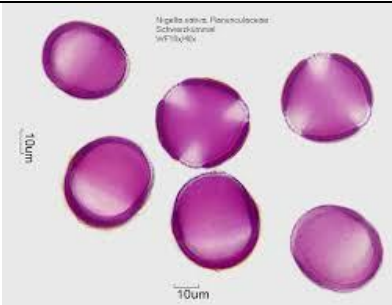

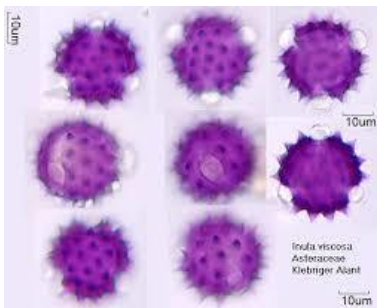

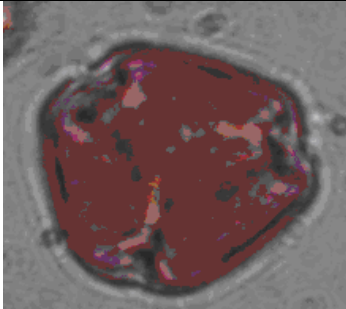

Ulberth, F. (2016). Advances in testing for adulteration in honey. *Elsevier Ltd.*

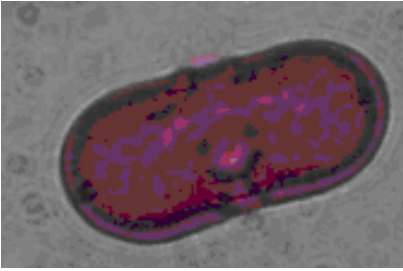

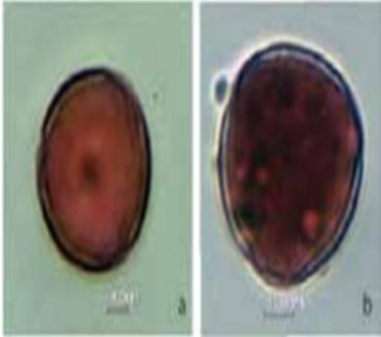

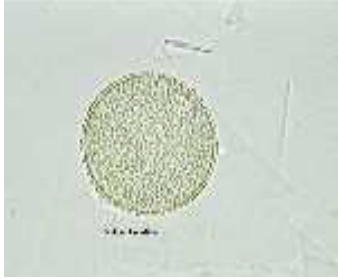

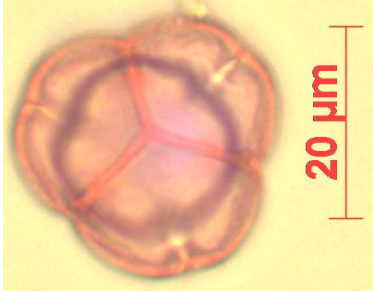

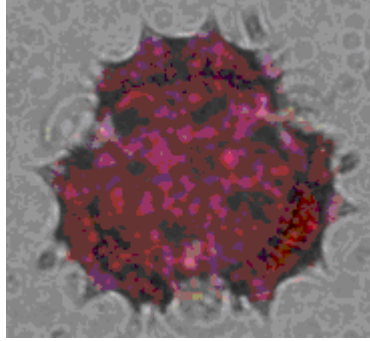

Von der Ohe, W., Persano Oddo, L., Piana, M.L., MorlotM., et Martin, P. (2004). Harmonized methods of melissopalynology. *Apidologie* 35 (Suppl. 1), S18–S25.





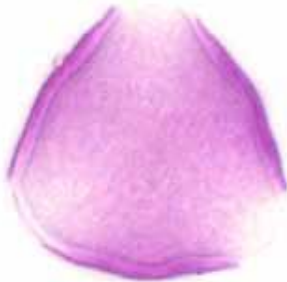





Yang, Y., Battesti, M. J., Paolini, J., Muselli, A., Tomi, P., et Costa, J. (2012). Melissopalynological origin determination and volatile composition analysis of Corsican “Erica arborea spring maquis” honeys. *Food chemistry*, 134(1), 37-47.

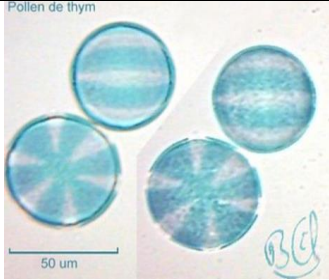

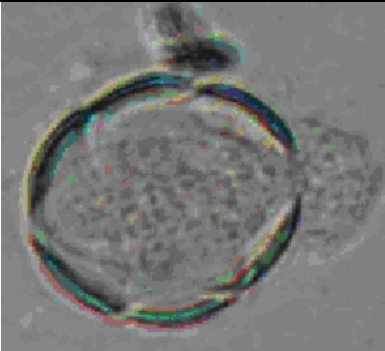

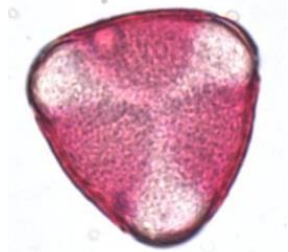

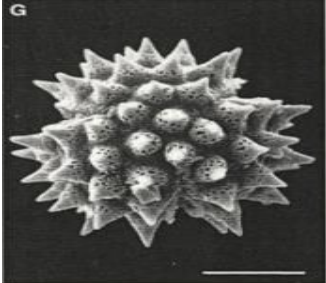

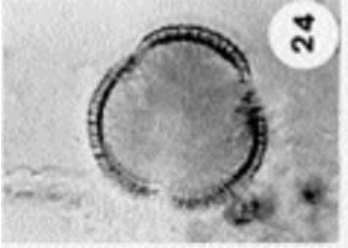



Annexe I (Panel de référence)





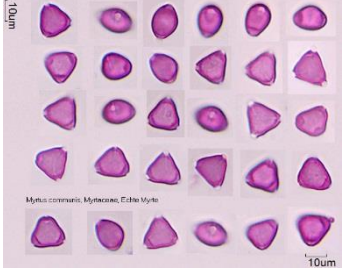

Nom commun	Nom scientifique	Image de pollen	Image de plante
Orange	<i>Citrus sinensis</i>		
Citron	<i>Citrus limon</i>		
Mondarin	<i>Citrus reticulata</i>		
Sauge	<i>Salvia officinalis</i>		
Eucalyptus	<i>Eucalyptus sp</i>		

Camomille	<i>Matricaria chamomilla</i>		
Mastic	<i>Pistacia lentiscus</i>		
Nigelle	<i>Nigella sativa</i>		
Inule visqueuse	<i>Inula viscosa</i>		
Jujubier sauvage	<i>Zizuphus lotus</i>		

<p>Carotte sauvage</p>	<p><i>Daucus carota</i></p>		
<p>Rue sauvage harmmel</p>	<p><i>Peganum harmala</i></p>		
<p>Chardon blanc</p>	<p><i>Euphorbia tirucal</i></p>		
<p>Bruyère à nombre fleurs</p>	<p><i>Erica multiflora</i></p>		
<p>Laurier vrais</p>	<p><i>Dittrichia viscosa</i></p>		

<p>Arbre à fraise</p>	<p><i>Arbutus unedo</i></p>		
<p>Lavande papillon</p>	<p><i>Lavandula stoechas</i></p>		
<p>Ronce commune</p>	<p><i>Rubus fruticosus</i></p>		
<p>Achillées</p>	<p><i>Achillea odorata</i></p>		
<p>Menthe pauliot</p>	<p><i>Mentha pulegium</i></p>		

<p>Thym commun</p>	<p><i>Thymus vulgaris</i></p>		
<p>Sarriette</p>	<p><i>Satureja hortensis</i></p>		
<p>Eubépine lisse</p>	<p><i>Crataegus laevigata</i></p>		
<p>Pulicair ordante</p>	<p><i>Inula odora</i></p>		
<p>Azarolier</p>	<p><i>Crataegus azarolus</i></p>		
<p>Hédysarum à bouquet</p>	<p><i>Hydesarum coronarum</i></p>		

<p>Romarin</p>	<p><i>Rosmarinus officinalis</i></p>		
<p>Ciste à feuilles de sauge</p>	<p><i>Cistus salviaefolius</i></p>		
<p>Myrte commun</p>	<p><i>Myrtus communis</i></p>		

Annexe II

Courbe d'étalonnage pour le Cadmium

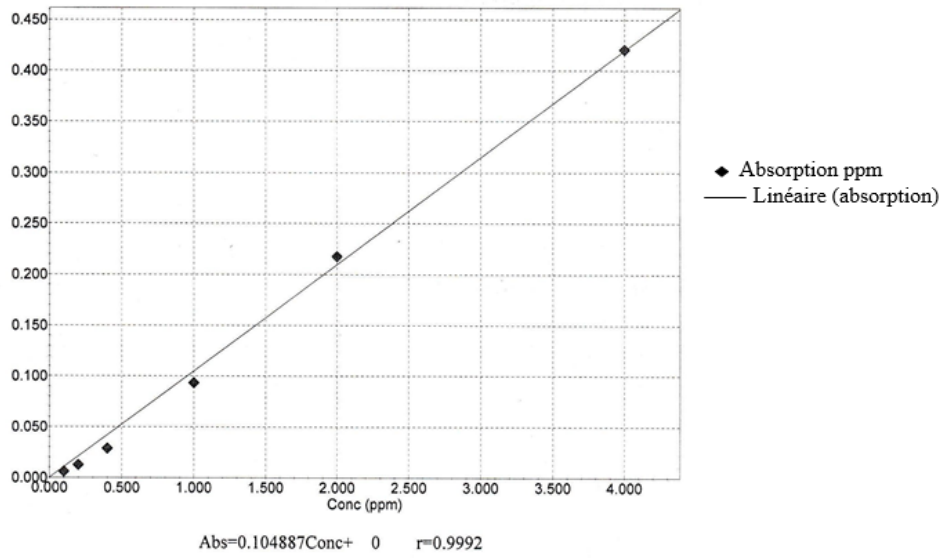


Figure 1 : Courbe d'étalonnage pour le cadmium

Courbe d'étalonnage pour le Cuivre

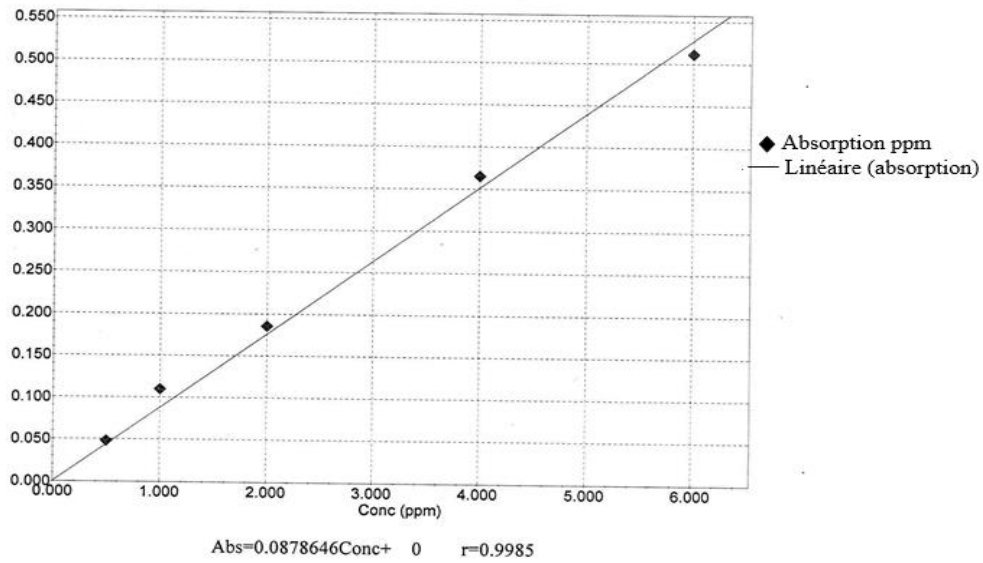


Figure 2 : Courbe d'étalonnage pour le cuivre.

Courbe d'étalonnage pour le Zinc

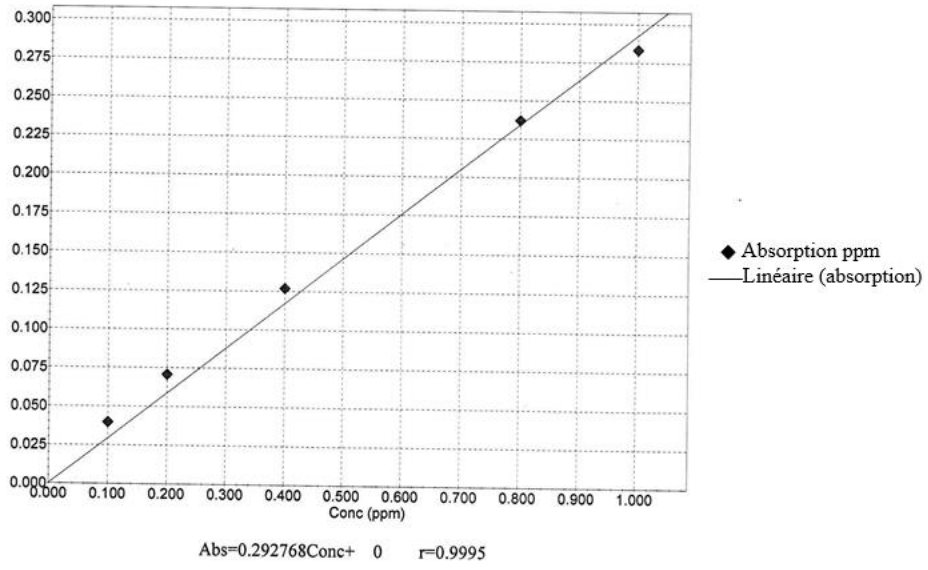


Figure 3 : Courbe d'étalonnage pour le zinc

Résumé

L'analyse quantitative et qualitative des grains de pollen dans les miels est l'objet de l'étude de la méliissopalynologie. L'objectif de ce travail est l'étude de 15 échantillons de miel de différentes régions en considérant simultanément les approches suivantes: La melissopalynologie, les caractéristiques physicochimiques et la couleur pour évaluer la qualité physico-chimique et identifier l'origine botanique, géographique et les fraudes des miels. Les résultats ont révélé que parmi les échantillons étudiés, 11 sont monofloraux et 4 multifloraux avec 60 % des échantillons répondant aux appellations initiales, 6 échantillons ne correspondent pas à leur appellation initiale. Les miels monofloraux déterminées sont dominées par le pollen des taxons d'*Hedysarum coranarium*, *Zizyphus lotus*, *Eucalyptus sp*, *Daucus carota*, *Euphorbia tirucalli*, *Pistacia lentiscus*, *Rosmarinus officinalis*, *Peganum harmala*. La plupart des résultats des analyses physicochimiques obtenus s'accordent avec les normes établies par le Codex Alimentarius.

Mots clés : méliissopalynologie, miel, pollen, nectar, miellat, plantes mellifères, miels monofloraux, miels polyfloraux.

Abstract

The quantitative and qualitative analysis of pollen grains in honey is the subject of the study of melissopalynology. The objective of this work is the study of 15 honey samples from different regions considering simultaneously the following approaches: Melissopalynology, physicochemical characters and color to evaluate the physicochemical quality and identify the geographical, botanical origin and the honey frauds compared to. The results revealed that among the samples studied, 11 are monofloral and 4 multifloral with 60 % of the samples correspond to the initial names, 6 samples not corresponding to their initial name. Determined monofloral honeys are dominated by pollen from *Hedysarum coranarium*, *Zizyphus lotus*, *Eucalyptus sp*, *Daucus carota*, *Euphorbia tirucalli*, *Pistacia lentiscus*, *Rosmarinus officinalis* and *Peganum harmala*. Most of the physicochemical results obtained are consistent with the standards established by the Codex Alimentarius.

Key words: melissopalynology, honey, pollen, nectar, honeydew, honey plants, monofloral honeys, polyfloral honeys.

ملخص

إن التحليل الكمي والنوعي لحبوب اللقاح في العسل هو موضوع دراسة التحليل الطلعي. الهدف من هذا العمل هو دراسة 15 عينة من العسل من مناطق مختلفة مع الأخذ بعين الاعتبار الطرق التالية: التحليل الطلعي، الخصائص الفيزيوكيميائية واللون لتقييم جودة الخصائص الفيزيوكيميائية وتحديد الأصل النباتي الجغرافي و العسل في العسل. أظهرت النتائج أنه من بين العينات التي شملتها الدراسة، 11 عينة أحادية الزهرة و4 عينات متعددة الأزهار، مع 60 ٪ من العينات تتوافق مع الأسماء الأولية، 6 عينات لا تتطابق مع اسمها الأولي. حبوب اللقاح الغالبة في العسل الأحادي هي:

Hedysarum coranarium, *Zizyphus lotus*, *Eucalyptus sp*, *Daucus carota*, *Euphorbia tirucalli*, *Pistacia lentiscus*, *Rosmarinus officinalis* و *Peganum harmala*.

. تتفق معظم النتائج الفيزيوكيميائية التي تم الحصول عليها مع المعايير التي وضعتها هيئة الدستور الغذائي..

الكلمات المفتاحية: التحليل الطلعي، عسل، حبوب اللقاح، رحيق، نباتات عسل، عسل أحادي الأزهار، عسل متعدد الأزهار.