

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

UNIVERSITE D'ORAN  
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE  
DEPARTEMENT de BIOLOGIE



Laboratoire de Bioconversion, Génie Microbiologie et Sécurité Sanitaire



Laboratoire de BioToxicologie Expérimentale, BioDépollution & PhytoRemédiation

*Thèse présentée par :*

**Mme NAIR Samira**

**Pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Biologie**

**Spécialité : Biochimie**

**Identification des plantes mellifères et analyses  
physicochimiques des miels Algériens**

**Soutenue le 08/01/2014 devant le jury composé de:**

<b>PRESIDENT</b>	<b>Moulay BELKHODJA</b>	<b>Professeur, Université d'Oran</b>
<b>EXAMINATEUR</b>	<b>Tewfik SAHRAOUI</b>	<b>Professeur, Université d'Oran</b>
<b>EXAMINATEUR</b>	<b>Mohamed BENALI</b>	<b>Professeur, Université de Sidi Bel Abbes</b>
<b>EXAMINATEUR</b>	<b>Khéloufi BENABDELI</b>	<b>Professeur, Université de Mascara</b>
<b>DIRECTEUR DE THESE</b>	<b>Boumediene MEDDAH</b>	<b>Professeur, Université de Mascara</b>
<b>CO-DIRECTEUR DE THESE</b>	<b>Abdelkader AOUES</b>	<b>Professeur, Université d'Oran</b>

**Année universitaire 2013-2014**

*C'est avec un très grand honneur que je dédie ce*

*modeste travail à :*

*À mes très chers biens aimés*

*Mon père et ma mère ;*

*À mon marie ;*

*À mon fils Abderrahmane ;*

*À ma sœur et mes frères ;*

*À toute la famille NAIR ;*

*À la famille MEHALI en particulier mes beaux*

*parents ;*

*À mon très cher pays « l'Algérie ».*

Toujours une étape difficile d'écrire des remerciements car il est sur que ce seront les seules pages lues intégralement par toutes les personnes ayant le manuscrit en main.

Au terme de ce travail, je tiens tout d'abord à remercier particulièrement et profondément mon directeur de thèse le professeur MEDDAH Boumediene, qui a assuré la direction de ce travail. Je lui suis reconnaissante pour son aide, son accessibilité, sa disponibilité et pour tout le temps qu'il a consacré à ma thèse.

Je remercie également Monsieur le professeur AOUES Abdelkader Co Encadreur pour leur aide et soutien, encouragements, qui ont été un grand soulagement dans les moments les plus difficiles.

Merci aux membres jury, les professeurs BELKHODJA Molay, SAHRAOUI Tewfik, BENALI Mohamed et BENABDELI Khéloufi, d'avoir accepté de juger mon travail. Je suis convaincue que votre savoir me permettra d'avancer encore plus loin dans ce sujet qui m'a passionné pendant plus de six ans.

J'exprime ma profonde reconnaissance au Dr ABABOU Adda de m'apporter toute l'aide et l'information dont j'avais besoin.

Je tiens donc à remercier tous ceux qui, d'une façon ou d'une autre, m'ont aidé pendant mon travail de thèse. Certaines par leurs conseils et leurs connaissances scientifiques, d'autres par leur soutien et leurs présences dans les moments les plus pénibles.

Cette thèse, aboutissement de longues années d'études, je la dois beaucoup à mes parents exceptionnels avec qui j'ai vécu dans un climat toujours serein, à l'abri de tous soucis affectifs. Il m'est impossible de trouver des mots pour dire à quel point je suis fier d'eux, et à quel point je les aime.

Je souhaite bien évidemment remercier mon marie pour la grande patience, l'encouragement. Je tiens à le remercier surtout pour son soutien moral ininterrompu et ses nombreux conseils tout le long de ma thèse.

Enfin, une mention spéciale et particulière pour ma famille et ma belle famille pour leur soutien constant.

---

---

**REMERCIEMENTS**

Résumé.....	I
Abstract.....	II
Liste des tableaux.....	III
Liste des figures.....	V
Abréviations.....	VIII

**INTRODUCTION GENERRALE** 1

**PREMIERE PARTIE:  
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE  
Chapitre I: Les produits de la ruche**

1. L'apiculture en Algérie.....	4
2. Les produits de la ruche.....	6
2.1. Le pollen.....	6
2.2. La gelée royale.....	7
2.3. La propolis.....	7
2.4. La cire.....	8
2.5. Le venin.....	9

**Chapitre II: Le miel**

1. Classifications des miels.....	10
1.1. Classification de miels d'après leur origine botanique.....	10
1.1.1. Miel de nectar de fleurs.....	10
a) Miels mono floraux.....	11
b) Miels multi floraux.....	12
1.1.2. Miel de miellat.....	12
1.2. Classification du miel selon le mode de récolte.....	13
1.2.1. Miel en rayon.....	13
1.2.2. Miel vierge.....	13
1.2.3. Miel écoulé .....	13
1.2.4. Miel pressé .....	13
1.2.5. Miel jeune.....	13
2. Formation et récolte du miel.....	14
2.1. Formation.....	14
2.2. La récolte.....	15
2.3. Pasteurisation.....	16
2.4. Emballage et étiquetage.....	17
2.5. Conditionnement et stockage .....	18

3. Composition chimique.....	20
3.1. Teneur en eau.....	22
3.2. Sucres.....	22
a) Rapport fructose/ glucose .....	23
b) Saccharose .....	23
c) Maltose.....	24
d) Mélézitose.....	24
3.3. Sels minéraux et oligo-éléments.....	24
3.4. Les protéines.....	26
3.5. Les enzymes .....	26
3.6. Les colloïdes du miel .....	27
3.7. Les composés aromatiques .....	27
3.8. Composés phénoliques .....	28
3.9. Les lipides .....	28
3.10. Les vitamines.....	28
3.11. Acides organiques.....	29
3.12. Hydroxyméthyl furfural .....	29
3.13. pH.....	30
3.14. Acidité.....	31

### **Chapitre III: Propriétés du miel**

1. Propriétés physiques.....	32
1.1. Propriétés mécaniques.....	32
a) Poids spécifique.....	32
b) Viscosité.....	32
1.2. Propriétés thermiques .....	32
a) Chaleur spécifique .....	32
b) Conductivité thermique.....	33
c) Abaissement du point de congélation .....	33
1.3. Propriétés électriques.....	33
1.4. Propriétés optiques .....	34
a) Indice de réfraction.....	34
b) Pouvoir rotatoire.....	35
c) Coloration.....	36
d) Turbidité .....	36
e) Fluorescence.....	36
f) Mutarotation.....	37
2. Propriétés biologiques.....	37
2.1. Propriétés antioxydantes.....	37
2.2. Propriétés antimicrobiennes.....	38
2.3. Propriétés thérapeutiques.....	41

2.4. Propriétés nutritionnelles.....	42
--------------------------------------	----

**Chapitre IV: Les caractères du pollen utilisé pour  
l'identification des miels**

1. Structure des grains de pollen.....	44
1.1. L'intine.....	44
1.2. L'exine.....	44
1.3. Les apertures.....	45
1.4. L'ornementation de l'exine.....	47
2. Composition analytique du pollen.....	51
3. Récolte du pollen.....	54

**DEUXIEME PARTIE:  
MATERIEL ET METHODES**

1. Présentation de différents échantillons.....	56
2. Analyses physico-chimiques.....	59
2.1. Mesure de la teneur en eau .....	60
2.2. Mesure de la conductibilité électrique.....	60
2.3. Mesure de l'acidité.....	60
2.4. Mesure du pH.....	61
2.5. Mesure de taux cendres .....	61
2.6. Détermination de la teneur en HMF .....	61
2.7. Dosage des sucres.....	62
2.8. Détermination de l'indice diastasique .....	62
3. Méliissopalynologie.....	63
3.1. Principe de l'analyse pollinique.....	63
3.2. Techniques .....	64
3.3. Identification des grains de pollen.....	64
3.4. Dénombrement des grains de pollen....	66
4. Détermination de l'activité antimicrobienne des miels.....	68
5. Traitement statistique.....	70

**TROISIEME PARTIE:  
RESULTATS ET DISCUSSION**

1. Résultats des analyses physico-chimiques.....	71
1.1. Teneur en eau.....	71
1.2. Conductibilité électrique.....	73
1.3. L'acidité libre.....	75
1.4. pH .....	76
1.5. Cendres.....	78

---

1.6. HMF.....	79
1.7. Diastase.....	80
1.8. Sucres.....	82
1.9. Relation entre la conductivité électrique et les cendres.....	85
2. Résultats des analyses polliniques.....	86
2.1. Résultats par région de production .....	86
2.1.1. Résultats de l'analyse pollinique des miels de l'ouest Algérien.....	86
2.1.2. Résultats de l'analyse pollinique des miels du centre Algérien .....	95
2.1.3. Résultats de l'analyse pollinique des miels du sud Algérien .....	101
2.2. Description des différents types de miels.....	105
2.2.1. Miels monofloraux.....	105
2.2.2. Miels multifloraux.....	114
2.3. Les principaux types polliniques rencontrés.....	116
2.4. Vérification des noms commerciaux des miels.....	121
3. Résultats de l'activité antimicrobienne du miel.....	125
4. Résultats du traitement statistique.....	137
Discussion générale.....	149
<b>CONCLUSION GENERALE</b> .....	159
Perspectives.....	162
Références bibliographiques.....	163
Annexes.....	192

## Résumé

Les propriétés physico-chimiques (teneur en eau, pH, conductivité électrique, teneur en matières minérales, acidité libre, hydroxyméthylfurfural, activité diastasique, taux des sucres réducteurs et de saccharose) ainsi que l'analyse pollinique (palynologie) ont été utilisées afin de caractériser 34 échantillons de miels algériens. Pour l'ensemble des miels analysés, 47 types polliniques répartis dans 30 familles de plantes ont été recensés. Les résultats des analyses polliniques démontrent la dominance des miels monofloraux de *Citrus*, d'*Eucalyptus*, d'*Hedysarum coronarium*, de *Lavandula angustifolia*, de *Lavandula stoeckas*, de *Pimpinella anisum*, de *Thymus vulgaris*, et de *Zizyphus lotus* ; 47% des échantillons (16 échantillons) étudiés répondent aux appellations données par les apiculteurs. La plupart des résultats physicochimiques obtenus s'accordent avec les normes établies par le Codex Alimentarius, exception faite pour les échantillons E13, E23, E24, E25, E30, E31, E33 et E34 qui pourraient être falsifiés. Les paramètres étudiés diffèrent d'un miel à un autre et révèlent que la majorité des échantillons de miels analysés sont d'origine florale. Les miels analysés ont montrés des effets antimicrobiens diverses sur les souches *E. Coli*, *S. aureus* et *C. albicans*.

**Mots clés :** Propriétés physico-chimiques, palynologie, miels Algériens, miels monofloraux, Codex Alimentarius, Origine florale, effets antimicrobiens, *E. Coli*, *S. aureus*, *C. albicans*.



## Abstract

The physico-chemical properties (moisture content, pH, electric conductivity, free acidity, ash, hydroxymethylfurfural (HMF), diastase activity, reducing sugars and apparent sucrose) as well as pollen analysis (palynology) were used to characterize 34 Algerian honeys samples. Through the analysis; 47 pollinic types distributed in 30 plants families were listed. Pollen analysis results showed the dominance of monofloral honeys from *Citrus*, *Eucalyptus*, *Hedysarum coronarium*, *Lavandula angustifolia*, *Lavandula stoeckas*, *Pimpinella anisum*, *Thymus vulgaris* and *Zizyphus lotus*; 47% of the samples (16 samples) are conform to the name given by the beekeepers. The majority of physicochemical results accord with the standards established by the Codex Alimentarius, except for samples E13, E23, E24, E25, E30, E31, E33 and E34 that could be falsified. The parameters studied differ from honey to another and show that the majority of the honey samples analyzed are floral origin. The analyzed honey showed a variable antimicrobial effect on *E.Coli*, *S. aureus* and *C. albicans* strains.

**Key words:** Physico-chemical properties, palynology, Algerian honey, monofloral honeys, Codex Alimentarius, floral origin, antimicrobial effect, *E.Coli*, *S. aureus*, *C. albicans*.

**Chapitre II**

**Tableau 01:** Composition du nectar de quelques espèces végétales..... 11

**Tableau 02:** Principaux composants du miel en (%)..... 21

**Tableau 03:** Sels minéraux et oligo- éléments du miel ..... 25

**Tableau 04:** Teneur en vitamines des 100g de miel..... 29

**Chapitre III**

**Tableau 05:** Correspondance entre la teneur en eau de miel et leur indice de réfraction..... 35

**Chapitre IV**

**Tableau 06:** Clé de détermination des grains de pollen..... 48

**Tableau 07:** Les composants du pollen..... 53

**Matériels et méthodes**

**Tableau 08:** Présentation de différents échantillons..... 58

**Résultats et discussion**

**Tableau 09:** Spectres polliniques des miels de l'ouest Algérien..... 88

**Tableau 10:** Classification des pollens des miels de l'ouest Algérien par catégorie ..... 90

**Tableau 11:** Résultats de l'analyse quantitative des miels de l'ouest Algérien ..... 92

**Tableau 12:** Spectres polliniques des miels du centre Algérien ..... 97

**Tableau 13:** Classification des pollens des miels du centre Algérien par catégorie..... 98

**Tableau 14:** Résultats de l'analyse quantitative des miels du centre Algérien..... 99

**Tableau 15:** Spectres polliniques des miels du sud Algérien..... 101

**Tableau 16:** Classification des pollens des miels du sud Algérien par catégorie ..... 103

**Tableau 17:** Spectre pollinique des miels multif floraux du l'ouest Algérien..... 115

<b>Tableau 18:</b> Origines florales des miels étudiés.....	123
<b>Tableau 19:</b> Effet du miel sur les souches testées .....	126
<b>Tableau 20:</b> Antibiogramme des bactéries à Gram- et Gram+.....	133
<b>Tableau 21:</b> Valeurs propres des 4 premières composantes .....	137
<b>Tableau 22:</b> Matrice de corrélation entre variables étudiées avec le seuil de signification .....	141
<b>Tableau 23:</b> Regroupement de miels selon le spectre pollinique des échantillons analysés.....	143
<b>Tableau 24:</b> Analyse de la similarité entre groupe, avec le seuil de signification .....	144
<b>Tableau 25:</b> Valeurs propres des 3 premières composantes.....	145
<b>Tableau 26:</b> Liste des taxons rencontrés dans les miels analysés .....	200

## Chapitre II

**Figure 01:** Origine du miel..... 14

**Figure 02:** Processus de formation du miel..... 19

## Chapitre IV

**Figure 03:** Structure du grain de pollen..... 46

## Matériels et méthodes

**Figure 04:** Carte de la région d'étude montrant les provinces des échantillons de miel..... 57

## Résultats et discussion

**Figure 05:** Variation de la teneur en eau des miels analysés..... 72

**Figure 06:** La distribution des échantillons de miel en fonction de la conductivité électrique..... 74

**Figure 07:** Distribution de l'acidité libre des miels analysés..... 76

**Figure 08:** Répartition du pH dans les échantillons de miel analysés..... 77

**Figure 09:** Répartition des cendres dans les échantillons de miel analysés..... 79

**Figure 10:** Répartition de l'HMF dans les miels analysés..... 80

**Figure 11:** Variation de l'activité de diastase des miels analysés..... 81

**Figure 12:** Variation en sucres réducteurs des miels analysés..... 83

**Figure 13:** Variation en sucres non réducteurs des miels analysés..... 84

**Figure 14:** Relation entre la conductivité électrique et le taux de cendres..... 85

**Figure 15:** Classification des miels selon leur richesse en pollen..... 93

**Figure 16:** Fréquence d'apparition des taxons dans les miels de l'ouest Algérien 95

**Figure 17:** Classification des miels du centre Algérien selon leur richesse en pollen..... 99

**Figure 18:** Fréquence d'apparition des taxons dans les miels du centre Algérien. 100

<b>Figure 19:</b> Fréquence d'apparition des taxons dans les miels de sud Algérien ...	104
<b>Figure 20:</b> Diagramme pollinique de l'échantillon E17 : miel de <i>Citrus</i> .....	106
<b>Figure 21:</b> Diagramme pollinique de l'échantillon E20 : miel d' <i>Eucalyptus</i> .....	108
<b>Figure 22:</b> Diagramme pollinique de l'échantillon E34 : miel de Sainfoin.....	109
<b>Figure 23:</b> Diagramme pollinique de l'échantillon E31 : miel de lavande .....	110
<b>Figure 24:</b> Diagramme pollinique de l'échantillon E22 : miel d'Anis .....	112
<b>Figure 25:</b> Diagramme pollinique de l'échantillon E1 : miel de Thym .....	113
<b>Figure 26:</b> Diagramme pollinique du miel de jujubier (E19).....	114
<b>Figure 27:</b> Diagramme pollinique de l'échantillon E15 : miel multifloral.....	116
<b>Figure 28:</b> Spectre pollinique des miels étudiés.....	119
<b>Figure 29:</b> Graphique des effets principaux - Moyennes des données (ANOVA) des différents miels analysés (dilution A).....	127
<b>Figure 30:</b> Graphique des effets principaux - Moyennes des données (ANOVA) des différents miels analysés (dilution B).....	128
<b>Figure 31:</b> Graphique des effets principaux - Moyennes des données (ANOVA) des différents miels analysés (dilution C).....	128
<b>Figure 32:</b> Graphique des effets principaux - Moyennes des données (ANOVA) des différents miels analysés (dilution D).....	129
<b>Figure 33:</b> Effet inhibiteur de différents types de miel sur la croissance d' <i>E. coli</i> .....	129
<b>Figure 34:</b> Distribution des échantillons en fonction de leur effet inhibiteur vis-à-vis <i>E. coli</i> .....	130
<b>Figure 35:</b> Effet inhibiteur de différents types de miel sur la croissance de <i>S. aureus</i> .....	131
<b>Figure 36:</b> Distribution des échantillons en fonction de leur effet inhibiteur vis-à-vis <i>S. aureus</i> .....	131
<b>Figure 37:</b> Effet inhibiteur de différents types de miel sur la croissance de	

<i>C. albicans</i> .....	132
<b>Figure 38:</b> Distribution des échantillons en fonction de leur effet inhibiteur vis-à-vis <i>C. albicans</i> .....	133
<b>Figure 39:</b> Analyse en composantes principales.....	137
<b>Figure 40:</b> Projection des variables sur l'axe 1 et 2 de l'analyse en composantes principales.....	139
<b>Figure 41:</b> Projection des variables sur l'axe 3 et 4 de l'analyse en composantes principales.....	140
<b>Figure 42:</b> Classification ascendante hiérarchique des variables analysées pour les différents échantillons de miel.....	142
<b>Figure 43:</b> Classification ascendante hiérarchique.....	144
<b>Figure 44:</b> Projection des échantillons sur l'axe 1 et 2 de l'analyse en composantes principales.....	146
<b>Figure 45:</b> Projection des espèces sur l'axe 1 et 2 de l'analyse en composantes principales.....	146
<b>Figure 46:</b> Projection des échantillons sur l'axe 1 et 3 de l'analyse en composantes principales.....	147
<b>Figure 47:</b> Projection des espèces sur l'axe 1 et 3 de l'analyse en composantes principales.....	148

**ACP:** Analyse des Composantes principales.

**CAH:** Classification Ascendante Hiérarchique.

**E:** Echantillon.

**D:** Dilution.

**IR:** L'indice de réfraction.

**MM:** Matières minérales.

**CE:** Conductivité électrique.

**AC:** L'acidité libre.

**ID:** L'indice diastasique.

**HMF:** Hydroxyméthyl furfural.

**SR:** Sucres réducteurs.

**SnR:** Sucres non réducteurs.

**C° :** Degré Celsius

**Meq:** Milliéquivalents.

**mg/kg:** Milligramme par kilogramme.

**ml:** Millilitre.

**pH :** Potentiel d'hydrogène

**mS/cm:** Millisiemens par centimètre.

***E. coli:*** *Escherichia coli*.

***S. aureus:*** *Staphylococcus aureus*.

***C. albicans:*** *Candida albicans*

# INTRODUCTION GENERALE



Le miel est un produit naturel qui a accompagné l'homme depuis la plus haute antiquité. Cet élixir précieux est élaboré par les abeilles de l'espèce *Apis mellifera* à partir du nectar des fleurs aussi bien que du miellat. Le miel est une solution hautement concentrée en sucres, dont les principaux sont le fructose et le glucose. Il renferme aussi une large gamme de composés mineurs tels que les minéraux, les protéines, les vitamines, les acides organiques, les flavonoïdes, les caroténoïdes, (Azeredo *et al.*, 2003).

Plusieurs vertus sont attribuées aux miels grâce à leurs propriétés antioxydantes et antimicrobiennes. Ces propriétés sont utiles pour le traitement des brûlures, des troubles gastro-intestinaux, de l'asthme, des blessures et des ulcères de peau et bien d'autres usages thérapeutiques (Al-Mamary *et al.*, 2002 ; LobreauóCallen *et al.*, 1999).

De la diversité de la flore mellifique, il y a différents miels qui se distinguent par leur composition, directement dépendante de l'origine du nectar et du miellat, le climat, les conditions environnementales et la compétence des apiculteurs (Gheldof et Engesth, 2002 ; Küçük *et al.*, 2007).

En Algérie, la production des miels reste très inférieure par rapport aux potentialités mellifères existantes. La douceur relative du climat, et la présence des ressources naturelles très variées des zones rurales du littoral ainsi des zones steppiques pourrait pourtant nous offrir la possibilité de développer la production nationale des miels, et d'éviter par ailleurs les importations massives en cette matière surtout en absence des normes nationales de qualité, ce qui favorise les fraudes et engendre une dévaluation des miels de terroir face à ceux importés.

Le secteur de l'agriculture a mis en place durant l'année 2000 une stratégie opérationnelle de développement agricole (plan national de développement agricole, PNDA) élargie, à partir de 2002, au domaine rural à la faveur de nouvelles attributions confiées par le Gouvernement au ministère de l'Agriculture et du Développement rural. Dans ce contexte, une attention a été donnée aux productions apicoles et en particulier à la production de miel (Benaziza-Bouchema et Schweitzer, 2010).

Les miels Algériens portent des noms différents attribués par les apiculteurs. Donner un nom au miel est une forme de valorisation mais ce nom doit être authentique, c'est-à-dire exprimant l'origine principale du nectar ou reflétant l'originalité géographique. Une bonne connaissance des types de miels constitue la base essentielle d'une commercialisation rationnelle. La définition des miels monofloraux en particulier reste difficile ; classiquement, elle est basée sur l'utilisation d'un ensemble d'analyses portant sur les caractéristiques polliniques, les propriétés physico-chimiques et les propriétés organoleptiques.

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

L'analyse des pollens du miel ou melisso-palynologie est de la plus grande importance pour le contrôle de la qualité du miel (**Mateo et Bosch-Reig, 1997 ; Anklam, 1998 ; Anklam et Radovic, 2001 ; Poppek, 2002 ; Terrab et al., 2002 ; Devilliers et al., 2004**). Selon **Louveaux (1985)**, le problème de la détermination de l'origine botanique des miels est trop complexe pour être, dans tous les cas, résolu par l'utilisation d'un seul critère. L'analyse pollinique associée à de nombreux éléments d'ordre physicochimique permet d'émettre sur l'origine botanique un jugement d'ensemble valable. La caractérisation de l'appellation du miel est fondée à la fois sur des analyses physico-chimiques et polliniques.

En vue de déterminer la qualité physicochimique et d'identifier l'origine botanique des miels Algériens, la présente étude intitulée : « Identification des plantes mellifères et analyses physicochimiques des miels Algériens » a été initiée. L'objectif de cette recherche est l'établissement des caractéristiques physico-chimiques et palynologiques des principaux types de miels Algériens, ainsi que la détermination de leur pouvoir antimicrobien. Trois parties seront développées dans cette thèse.

Dans la première partie, nous aborderons les différentes connaissances bibliographiques sur les produits de la ruche, le miel, leurs propriétés ainsi que sur les caractères du pollen utilisés pour l'identification des miels.

Dans la deuxième partie, nous développerons le matériel d'étude et les méthodes analytiques utilisées pour les analyses physicochimiques, la melissopalynologie et l'activité antimicrobienne.

La troisième partie sera consacrée à la présentation des résultats obtenus dans notre étude et leur discussion.

A la lumière des résultats obtenus, différentes perspectives de recherche seront évoquées.

PREMIERE PARTIE  
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

# CHAPITRE I

## LES PRODUITS DE LA RUCHE

L'apiculture est un art autant qu'une science d'élevage et des soins à donner aux abeilles en vue d'obtenir de leur travail dirigé, le miel, la cire, le pollen et la gelée royale (**Biri, 2003**).

## 1. L'apiculture en Algérie

En Algérie, l'apiculture est un élevage ancestral. Elle a toujours revêtu une importance sur le plan socio-économique, compte tenu des conditions climatiques et de la flore importante favorable à son développement. Malgré ces conditions favorables, la production algérienne en miel, de l'ordre de 4.000 à 5.000 quintaux par an, est inférieure aux besoins de la consommation locale, alors qu'elle devrait être supérieure et être à l'origine d'un courant d'exportation important (**Berkani, 2007**).

L'apiculture algérienne est pratiquée dans de nombreuses et vastes régions où la flore mellifère est abondante et variée (**Zinedine et Habib, 1997**).

L'Algérie possède deux types d'abeilles, l'une L'abeille d'Algérie, très proche de l'abeille noire d'Europe, est robuste et bien acclimatée et l'autre saharienne. Elle dispose d'une abondante flore mellifère, subspontanée et cultivée. A l'exception des régions désertiques des Hauts-Plateaux et du Sud, l'apiculture est, en Algérie, largement pratiquée dans les régions montagneuses à population dense (Kabylie, Aurès), dans les plaines littorales (Mitidja), dans les plaines intérieures (Mascara), dans les vallées des grands oueds (Soummam) (**Haussein, 2001**).

Les principales espèces mellifères sont les agrumes, le tournesol et les nombreuses plantes spontanées. La principale miellée s'étend de février à mai. Les abeilles mellifères jouent un rôle important dans la pollinisation des amandiers (**Faveaux, 1986**).

Parmi les très nombreuses espèces végétales qui forment la flore spontanée algérienne, certaines se rencontrent en peuplements importants. Ce sont, en montagne, la bruyère rose (*Erica muni-fiera* L.), l'arbousier (*Arbustus*

*unedo* L.), la lavande (*Lavandula stoechas* L.), le romarin (*Rosmarinus officinalis* L.), de nombreuses variétés de thym, de cistes, d'asphodèles, l'astragale (*Astragalus monspessulanus* L.), l'euphorbe (*Euphorbia nicæensis* ALL), la marrube vulgaire (*Marrubium vulgare* L.), ces deux dernières plus particulières au massif de l'Aurès, le Thuya (*Callitris articulata*), l'inule visqueuse (*Inula viscosa* Ait), etc ... ( **Haussein, 2000**).

Dans les régions prémontagneuses de grande et petite Kabylie, deux variétés de sainfoin (*Hedysarum flexuosum* L. et *H. coronatum* L.) couvrent de grandes superficies ( **Makhloufi et al., 2010**).

Dans les terres argileuses des Sahels et des vallées montagneuses, les ombellifères du genre *Daucus*, constituent des peuplements importants.

Dans les plaines fleurissent l'oxalis (*Oxalis cernua* Th.), les ravenelles (*Sinapis*, *Diploaxis*, *Sisymbrium*, *Rapistrum*, *Raphanus*, etc...), la bourrache (*Borrago officinalis*), les vipérines (*Echium* sp.), les mélilots, les chardons (*Onopordon*, *Silybum*), les centaurees, etc... ( **Haussein, 2000**).

La flore subspontanée est principalement représentée par l'*Eucalyptus* importé d'Australie en 1863. La floraison estivale de cette essence, très mellifère, produit un miel d'excellente qualité. Il en existe actuellement un très grand nombre d'espèces plantées en bordure notamment des voies de communication, sur les berges des cours d'eau, dans les forêts reconstituées, dans les fermes ( **Louveaux et Abed, 1984**).

Quant à la flore mellifère cultivée, il convient de citer les rosacées de vergers, le néflier du Japon par exemple, dont la floraison automnale est précieuse, les agrumes (*Citrus* divers), les fourrages artificiels, tels que la luzerne, le trèfle d'Alexandrie (*Trifolium alexandrium* L.), les plantes de grande culture, comme la lentille, ou de culture industrielle, comme le cotonnier ( **Ricciardelli D'Albore, 1998**).

La diversité de la flore algérienne et la douceur relative du climat ménagent, dans certaines régions du littoral, des miellées successives s'étendant

sur l'année entière, chaque saison se parant d'une floraison particulière (Adjlane et *al.*, 2012).

## 1. Les produits de la ruche

### 1.1. Le pollen

Le pollen est la seule source naturelle en matière azotée de la ruche. C'est l'organe mâle de la fleur, fine poussière que les abeilles récoltent sous forme de petites pelotes grâce à une série de dispositions. Le pollen est récolté par les abeilles durant presque de toute l'année (Prost, 1987 et 2005).

Les grains de pollen sont enfermés dans les sacs polliniques des étamines, de grosseur et de forme variables. Ils sont transportés sur d'autres fleurs, soit par le vent (pollen légers), soit par les insectes (pollen lourd), il se compose de l'eau 30 % à 40%, protéides 11 % à 35% parmi lesquels de nombreux acides aminés : acide glutamique, acide aspartique, proline, glucides (sucre, amidon) 20% à 40%, lipides (matières grasses) 1% - 20%, matières minérales 1%-7% résines, matières colorantes, vitamines (A, B, C, D, E), enzymes, antibiotiques.

Les abeilles perdent une partie de leur récolte (10% environ) qui tombe dans un terroir où l'apiculteur la recueille. Dans la ruche, le pollen est stocké dans les alvéoles, comme le miel il ne subit pas des transformations même s'il est souvent mélangé au miel dans les mêmes alvéoles pour former ce que l'on appelle (paie d'abeille) (Gout et Jardel, 1998).

Le pollen renferme énormément d'acides aminés dont la totalité sont indispensables, un grand nombre de vitamines, un certain nombre des enzymes qui servent de catalyseurs dans multiples processus chimiques organiques, des substances minérales et d'oligoéléments (Ismail et *al.*, 2013).



## 1.2. La gelée royale

La gelée royale est une substance blanche ou jaune clair, fortement acide, sécrétée par les jeunes abeilles nourricières. Dans la ruche, ces abeilles produisent et distribuent la gelée royale toute leur vie, de l'éclosion jusqu'au stade nymphale (**Prost, 1987**).

La gelée royale est une substance élaborée par des glandes spéciales qui l'ont trouvée par paires à droite et à gauche de la tête (**Daniele et Casabianca 2012**).

Elle se compose d'eau 60-70 %, lipides 18 % (surtout des acides gras), glucides 11%, protéines 2%, vitamines, des hormones, des enzymes, des minéraux (**Wytrychowski et al., 2013**).

Elle constitue la nourriture exclusive :

- De toutes les larves de la colonie sans exception, dès leur éclosion et jusqu'au 3<sup>ème</sup> jour de leur existence ;
- Des larves choisies pour devenir reines ;
- Et de la reine pendant toute la durée de son existence à partir du jour où elle quitte les cellules royales.

On peut dire que la gelée royale est directement responsable de la longévité à celle d'une ouvrière stérile, pourtant elle est deux fois plus grande, elle est jusqu'à 4 à 5 ans, alors que l'ouvrière ne dépasse guère un mois (**Prost, 1987**).

## 1.3. La propolis

Le terme propolis vient du grec ; pro polis qui signifie «devant la ville» (**Ravazzi, 2003**).

La propolis est une substance résineuse collectée par les abeilles mellifères à partir des bourgeons et des exsudats des arbres et des plantes. Cette substance est ensuite mélangée avec du pollen et des enzymes sécrétées par les abeilles (**Lu et al., 2005**).

La couleur de la propolis est variable selon la source florale et l'âge de la colonie. La propolis peut être de couleur verte, rouge ou brune sombre (**Marcucci, 1995 ; Sforcin , 2007**).

Les abeilles utilisent la propolis pour colmater les fissures de la ruche et pour embaumer les cadavres des abeilles et d'autres insectes (**Ravazzi, 2003**).

Dans les régions tempérées la source de la propolis est le peuplier, tandis que dans les zones tropicales, Les principaux arbres produisant la résine utilisée par les abeilles pour élaborer la propolis sont le bouleau, le sapin, l'aulne, le pin, le saule, l'orme, le chêne, le frêne et le marronnier (**Ravazzi, 2003 ; Gomez-Caravaca et al., 2006**).

La composition chimique de la propolis est très complexe. Elle est représentée par plus de 150 composés (**Chang et al., 2002**). Elle dépend de la végétation, de la saison et du site de collecte (**Kumazawa et al., 2004 ; Ahn et al., 2007**).

La propolis est constituée globalement de 55% de résines et de baumes, de 40% d'huile essentielles et de 5% de pollen (**Scazzocchio et al., 2006**).

Elle est utilisée dans la ruche comme mastic pour réduire la taille d'une entrée par exemple .ses propriétés antiseptiques assurent un environnement sain quant les parois en sont badégeonnées, elle sert aussi à embaumer les prédateurs voleurs de miel, c'est un antibiotique naturelle à une action sur la gorge et les voies respiratoires (**Shiva et al., 2007**).

#### 1.4. La cire

La cire est la substance grasse secrétée par les glandes cirières des jeunes ouvrières, elle se compose d'esters 71%, acides libres 40%, sucres 12%, eau 3%, divers autres éléments (**Kameda et Tamada, 2009**).

Elle résiste parfaitement à l'hydrolyse et à l'oxydation naturelle et elle est totalement insoluble dans l'eau. Les acides et les sucs digestifs des animaux ne peuvent la détruire (**Muller et Hepburn, 1994**).

### 1.5. Le venin

Le venin d'abeille est un anticoagulant et un stimulant biologique, lors d'une pique, les réactions peuvent être variables d'une personne à l'autre. Le venin est sécrété par une glande acide et par une glande alcaline incluse dans l'abdomen de l'abeille ouvrière. Ils introduisent dans notre peau à raison d'un tiers de mg à la fois par un appareil vulnérant dont l'aiguillon est particulièrement connu (**Laraqui et al., 1996**).

Le venin se compose de beaucoup d'eau, une histamine, la mélinite, protéines relativement simple, une lysolécine, l'apamine, enzymes: la phospholipase A et l'hyaluronidase, un peptide (**Prost, 1987**).

# CHAPITRE II

## LE MIEL

Le miel est la substance naturelle sucrée produite par *Apis mellifera* à partir du nectar des fleurs ou des sécrétions provenant de parties vivantes de plantes ou d'excrétions d'insectes piqueurs des parties vivantes de plantes, que les abeilles butinent, transforment et combinent avec des matières spécifiques mûries dans les rayons de la ruche (**Terrab et al., 2004** ; **Downey et al., 2005**; **Luis et al., 2007**).

## 1. Classification des miels

### 1.1. Classification de miel d'après leur origine botanique

Selon (**Sanz et al. 2005**), le miel vient des plantes par l'intermédiaire des abeilles à partir du nectar recueilli dans la fleur, ou du miellat recueilli sur les plantes. Donc d'après leur origine botanique les miels peuvent être divisés en:

#### 1.1.1. Miel de nectar de fleurs

Le nectar, qui est en général la source principale de miel, est le liquide sucré sécrété par les glandes, dites nectarifères, présentes sur de nombreuses plantes. Les nectaires qui abritent ces glandes sont situés le plus souvent dans les fleurs, mais peuvent aussi se trouver à la base de certaines feuilles (**Marchenay et Berard, 2007**).

#### *Composition du nectar*

Le nectar est un mélange chimique complexe constitué d'eau, de sucres ainsi que d'autres substances (protéines, lipides, minéraux, etc.) (**Lequet, 2010**). Les principaux constituants du nectar sont l'eau et les sucres (saccharose, glucose, fructose) ; la teneur en eau est fortement variable de 20 à 95%. Le nectar contient aussi des acides organiques, des acides aminés, des protéines, des enzymes, des vitamines et des substances aromatiques. Ces substances sont présentées en faible quantité qui ne dépasse pas 1%. La teneur en sucre du nectar varie avec l'humidité atmosphérique et le temps, la

production de nectar et sa qualité sont sous la dépendance de facteurs écologiques (nature du sol, hygrométrie, altitude, exposition) et météorologiques (**Schweitzer, 2004**).

Le nectar est composé de trois sucres principaux (le saccharose, le glucose et le fructose). Les proportions de ces trois sucres varient d'une plante à une autre et influent sur la qualité du miel. D'après (**Schweitzer, 2005**), les nectars contiennent plus ou moins du saccharose.

On les classe en :

- ✚ Des nectars à saccharose prédominant ;
- ✚ Des nectars à taux égaux de saccharose, fructose et glucose ;
- ✚ Des nectars avec prédominance du glucose et du fructose.

**Tableau 01** : Composition du nectar de quelques espèces végétales

(**Meda, 2005**).

Type de nectar	Nectar de lavande	Nectar de chèvre feuille
Composition	8 % Eau	76 % Eau
	8 % Saccharose	12 % Saccharose
	7.5% Glucose	9 % Glucose
	4.5% Gomme, résidu et pertes	3 % Dextrine, Gomme et pertes

Selon **Nair (2006)**, les miels de nectar de fleurs peuvent être divisés en deux groupes :

#### a) Miels mono floraux

Un miel uni florale est un miel récolté par les abeilles sur une espèce végétale unique .de tels miels sont exceptionnels, car il est rare que l'abeille ne butine qu'une seul espèce mellifère. On peut donc considérer que ces miels unis floraux naturels, sont des miels provenant d'une plante déterminé mais non à 100%.

## b) Miels multi floraux

Miels donnés par plusieurs espèces végétales ou sans origine florale précise, il peut y avoir la dominance d'un pollen accompagné par d'autres, en petites quantités ou bien il peut présenter une mosaïque de pollens.

### 1.1.2. Miel du miellat

Pour certains miels (le miel de sapin par exemple) la principale source sucrée est le miellat. Il s'agit d'un liquide sucré produit par plusieurs espèces d'insectes parasites vivant sur la plante, tels que des pucerons, des cochenilles ou des cicadelles par exemple. Ces insectes munis d'un appareil buccal piqueur suceur, prélèvent la lymphe végétale dont ils se nourrissent en perforant la plante qui les abrite (**Bruneau, 2004**).

Il est difficile d'observer les abeilles effectuer ce type de butinage. Il a été montré qu'en présence d'une grande quantité de nectar, elles délaissent le miellat. Cependant, lorsque les conditions climatiques sont défavorables, le miellat peut représenter une source nutritive intéressante pour l'abeille (**Clément, 2006**).

#### *Composition du miellat*

D'après (**Bogdanov et al., 2005**), le miellat est composé généralement des sucres d'où la composition est très différente des nectars avec présence du glucose, de triholoside comme le mélézitose et même quelquefois de sucres supérieurs.

Le miellat contient aussi de dextrine, de gommes, de protéines et d'acides aminés, de vitamines telles que la thiamine et la biotine et d'acides organiques (acides nitriques et acides maliques) ; la charge minérale est également très importante (**Bruneau, 2004**).

Leur production est sous la dépendance de nombreux facteurs écologiques : sol, microclimat, insectes « éleveurs de puceron » comme les fourmis,..... (**Schweitzer, 2004**).

## **1.2. Classification de miels selon le mode de récolte**

**Bogdanov et al. (1995)** ont distingué différentes sortes de miel :

### **1.2.1. Miel en rayon**

C'est le miel contenu dans les alvéoles fraîchement constituées operculées, sans couvains, de couleur blanchâtre où une très belle récolte. Ce miel est vendu en rayon ou une partie en rayons.

### **1.2.2. Miel vierge (miel d'égouttage)**

Il s'écoule naturellement sans intervention, alvéoles non operculés, et exemptes de couvain.

### **1.2.3. Miel coulé**

Il est obtenu par centrifugation des alvéoles exemptes de couvain alors qu'il a encore la température de ruche.

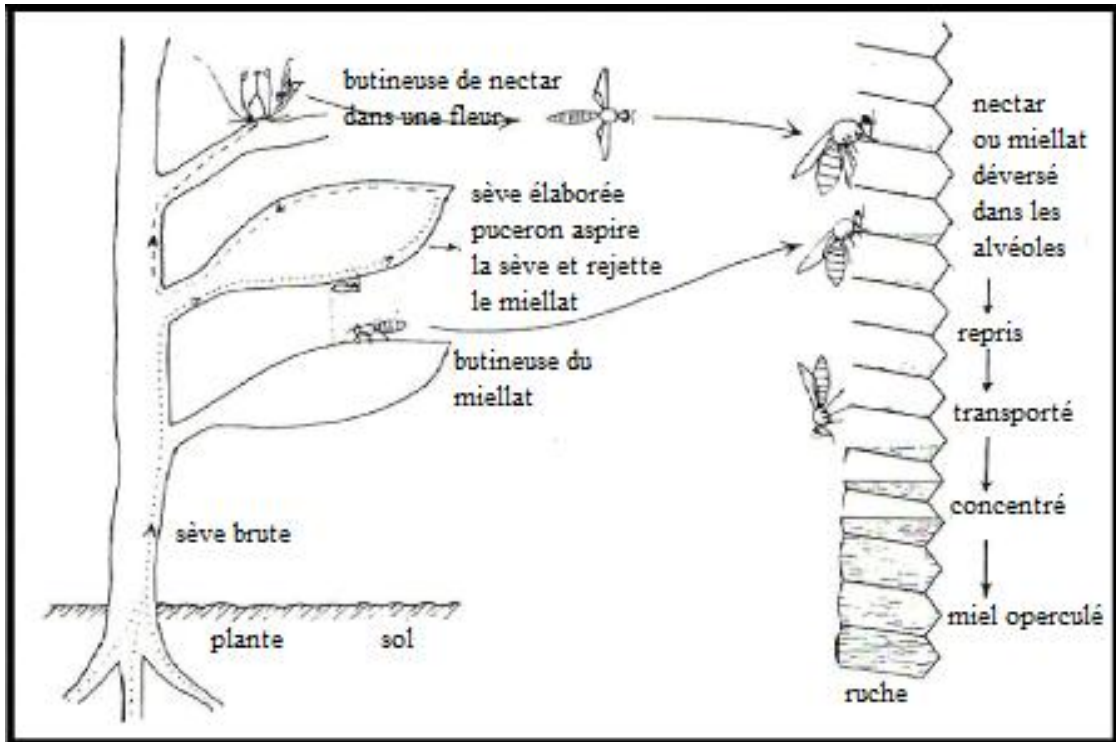
### **1.2.4. Miel pressé**

Il est récolté à froid au moyen d'une presse hydraulique dont les alvéoles sont exemptes de couvain.

### **1.2.5. Miel jeune (non mur)**

C'est le produit retiré des alvéoles non encore operculées, sa teneur en eau est généralement supérieur à celle du miel parvenu à maturité (plus de 20%).





**Fig. 1:** Origine du miel (Prost, 2005)

## 2. Formation et récolte du miel

### 2.1. Formation

Une butineuse effectue entre 20 et 50 voyages par jour, chacun demandant environ 15 minutes. Le rayon d'action moyen se situe entre 500 mètres et 2 kilomètres, d'où l'importance, en plus des conditions climatiques et de la nature du sol. Elle prélève le nectar, sécrète par des glandes dites nectarifères, ou le miellat (Huchet et *al.*, 1996).

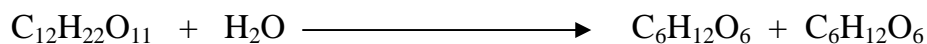
Que se soit du nectar ou du miellat. Les abeilles y ajoutent par un passage de jabot à jabot de la salive qui le rend fluide et surtout qui enrichit en enzymes et catalyseurs biochimiques à l'origine de la transformation des sucres dans le miel (Bhuiyan et *al.*, 2002).

#### *Transformation chimique (l'emmagasinage)*

Le changement de la solution sucrée en miel commence déjà lors du voyage, au cours duquel elle est accumulée dans le jabot de l'abeille. C'est dans son tube digestif que s'amorce la longue transformation, des enzymes

agissent sur le nectar ou le miellat. Le saccharose sous l'action de l'invertase, se transforme en glucose et fructose.

L'inversion s'exprime par l'équation suivante :



Cette réaction chimique est contrôlable au polarimètre et le passage du plan de polarisation de droite dans le nectar ou miellat, à gauche dans le miel révèle l'inversion. L'évolution du nectar ou du miellat en miel s'accompagne par autre la progression de la quantité des sucres et de la naissance d'autres sucres (**Jean-Prost, 2005**).

A son retour, la butineuse régurgite sa charge, la passe aux ouvrières, qui elles -mêmes la communique à d'autres et ainsi de suite. D'individu en individu, la teneur en eau s'abaisse. La goutte épaissie est déversée ensuite dans une alvéole, d'où l'eau du miel s'évapore.

### *Transformation physique (Maturation)*

La solution sucrée transformée, qui encore 50% d'eau d'environ, va subir une nouvelle concentration par évaporation, qui se fait sous la double influence :

D'abord de la chaleur régnant dans la ruche qui est d'environ 36°C°.

En suite de la ventilation par le travail des ventileuses qui entretiennent un puissant courant d'air ascendant par un mouvement très rapide de leurs ailes (**Gonnet, 1982 ; Lobreau-Callen et al., 1999**).

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

## **2.2. Récolte**

La récolte du miel peut se pratique dès la fin de la miellée quand les  $\frac{3}{4}$  des alvéoles des rayons de cire sont operculés (**Jean-Prost et Médori,**

2005). Cette période se situe entre le mois d'avril et le mois de novembre en une ou plusieurs fois (**Donadieu, 2003**).

Deux techniques sont exploitées pour extraire le miel (**Lobreau-Callen et al., 1999**) :

- **Par pression** : Le miel obtenu n'est pas pur car il contient des particules de propolis, cire, couvain et pollen.

- **Par centrifugation** : Cette technique est basée sur l'extraction du miel par centrifugation des rayons désoperculés des hausses.

L'extraction centrifuge ne donne pas un miel pur car elle présente l'inconvénient d'émulsionner le miel et de ne pas éliminer les particules de cire arrachées aux rayons, les fragments de propolis et les amas de pollen.

Selon **Louveaux (1985)**, pour avoir un miel prêt à la mise en pots, il faut lui faire subir une épuration soit :

- **Par décantation** : Cette méthode consiste à laisser le miel reposé durant quelques jours dans le récipient «maturateur». Cette technique permet d'éliminer les bulles d'air, la remontée des particules de cire et les amas du pollen en surface et le dépôt des grains de sable.

- **Par filtration** : Cette méthode est efficace pour éliminer les débris de cire et les grosses impuretés. Elle utilise des filtres à mailles de 0,1 mm et exige un chauffage modéré dans le cas d'un miel visqueux (**Biri, 2003**).

### 2.3. Pasteurisation

La pasteurisation consiste à porter le miel à l'abri de l'air, à une température de l'ordre de 80 °C pendant 6 à 7 minutes, puis le refroidie rapidement. L'appareillage comporte principalement des plaques chauffantes parallèles entre les quelles le miel va circuler en lames minces. La pasteurisation tue les levures, refond les cristaux primaires de glucose qui sont les indicateurs de la cristallisation, détruit environ 30% de l'invertase et 25% de l'amylase, ne modifier pas la nature des sucres, n'invertit pas le saccharose, mais peut augmenter très sensiblement la couleur et le taux d'hydroxyméthylfurfural (H.M.F). Cette substance résulte d'une dégradation

du hexose en milieu acide ; elle caractérise les miels chauffés ou vieillis (**Hebbar et al., 2003**).

La pasteurisation du miel est permise sans ultrafiltration qui éliminerait le pollen, à condition que la teneur en HMF reste inférieure à 40 mg par kg de miel. Dans les miels ni vieillis ni chauffés, elle est de 4 à 6 mg par kg (**Jean-Prost, 2005**)

#### 2.4. Emballage et étiquetage

Les récipients doivent être étanches à l'eau et à l'air pour éviter toute pénétration d'humidité dans le miel. Les récipients et cuves en fer blanc, en aluminium, en acier chromé et en plastique (qualité alimentaire) conviennent parfaitement à cet usage (**Schweitzer, 2004**).

Pour les emballages de consommation, les pots en verre, mais aussi ceux en plastique (qualité alimentaire) et en fer blanc conviennent. Quant aux boîtes en paraffine, elles ne sont étanches ni à l'eau ni à l'air et sont en conséquence inutilisables pour le stockage du miel. Selon la loi sur les denrées alimentaires, elles sont même interdites (car la paraffine contient des substances toxiques qui peuvent migrer dans le miel) et ne pourront plus être utilisées une fois la période de transition est écoulée (**Bogdanov, 1999**).

D'après **Jean-Prost (2005)**, le verre est le meilleur emballage pour le miel, mais son poids, sa fragilité et sa transparence rend visible les traînées blanches, causées par les bulles d'air, dans le miel cristallisé lui font préférer le carton ou la matière plastique.

L'étiquette doit fournir les indications suivantes:

- ✚ Le nom et l'adresse de l'apiculteur,
- ✚ L'appellation du miel ou une autre appellation légale,
- ✚ Le poids du miel contenu dans le récipient,
- ✚ Une date de garantie, à consommer de préférence avant fin mois/année, mais il ne s'agit pas d'une date de péremption (**Guerriat, 1996**);

- ✚ En outre, l'apiculteur valorise d'autant mieux son produit qu'il mentionne aussi le résultat d'une analyse de laboratoire (espèces butinées, consistance...) et une région de production (**Bogdanov, 1999**).

## 2.5. Conditionnement et stockage

La rapidité de la dégradation du miel dépend de la composition du produit ainsi que les conditions de sa conservation. Le miel confiné en atmosphère humide absorbe l'eau rapidement, ce phénomène gagne rapidement en profondeur et le miel hydraté acquiert une structure très fragile (**Jéanne, 1993**).

Dans la mesure du possible, les locaux de conservation du miel seront secs et aérés et les emballages se feront en contraires pleins et fermés hermétiquement. Si le produit s'échauffe, on observe alors une dégradation plus en moins rapide des sucres, dégradation qui s'effectue essentiellement aux dépens du Fructose et s'accompagne de la formation d'hydroxyméthyl-furfural (HMF) (**Manikis et Thrasyvoulou, 2001**).

L'acidité et une disparition rapides des enzymes sont directement liées à des mauvaises conditions de stockages.

Certains miels sont plus fragiles que d'autres en fonction de leur acidité naturelle, en effet ; tout les miels dont le pH est inférieur à 4 se dégradent plus vite que ceux de caractéristique inverse .Il convient donc de garder le miel dans des locaux frais ou la température ne dépasse pas 20°C, si le miel à stocker présente un risque de fermentation, il faudra impérativement le pasteuriser ou le conserver à une température de 4 à 5 C° (**Louveaux , 1985**).

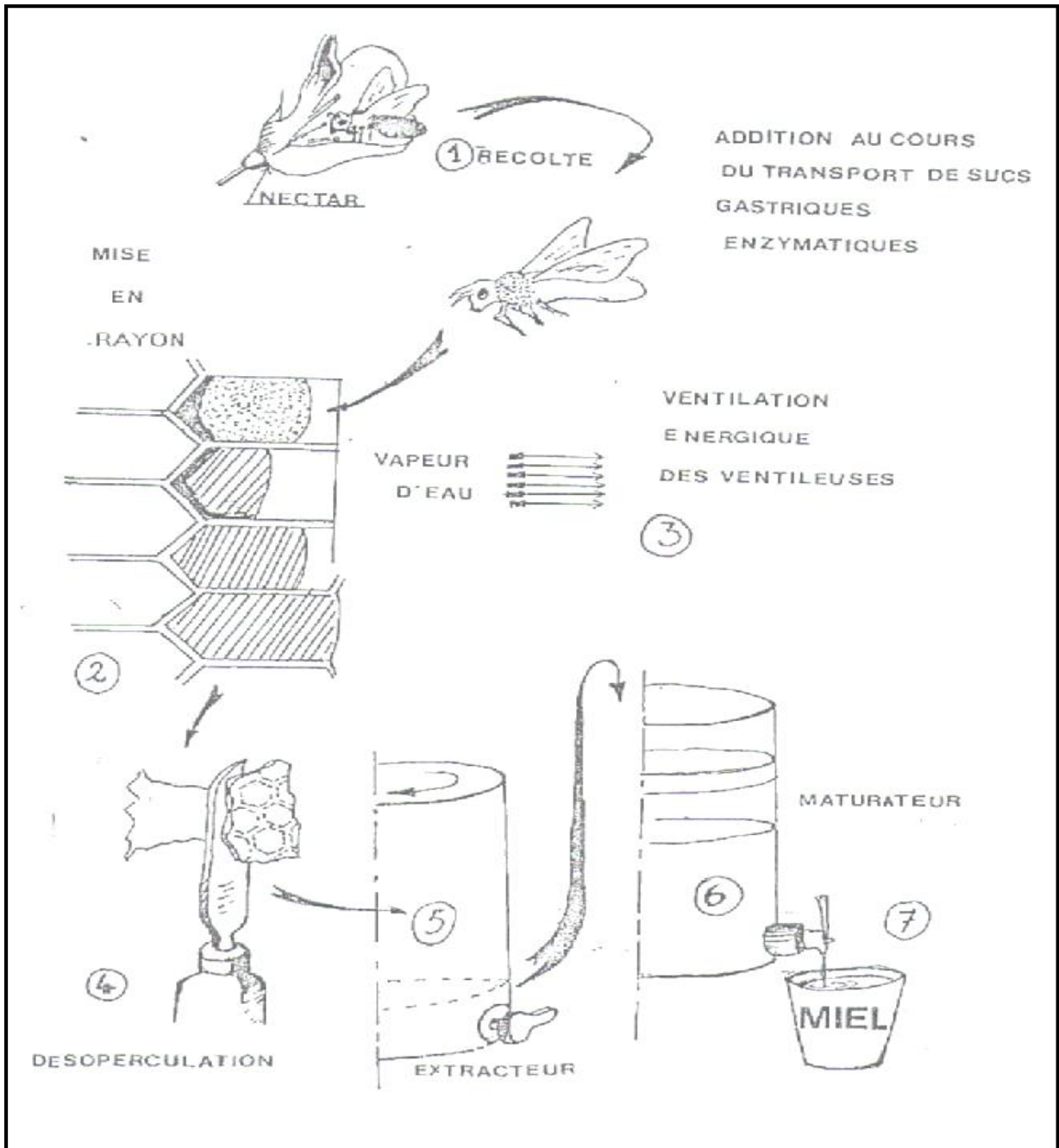


Fig 2. Processus de formation du miel

### 3. Composition chimique

Le miel est un mélange biochimique complexe. Sa composition varie suivant l'origine des plantes butinées par les abeilles (**Castro-Vazquez et al., 2007**) ; et par le procédé de la fabrication dont cette dernière demande plusieurs étapes et chacune d'entre elles a une influence sur la composition chimique.

Le miel contient approximativement 181 composés (**Al-Mamary et al., 2002**). C'est un produit liquide naturel, hautement sucré, avec d'autres composés en petites quantités tels que les acides organiques, les acides aminés, les protéines, les minéraux, les vitamines (B1, B2, C), les enzymes, les flavonoïdes, les acides phénoliques, les pigments (**Nanda et al., 2003 ; Ozcan et al., 2006 ; Bertoneclj et al., 2007**), ainsi que des substances volatiles donnant au miel son arôme.

**Tableau 02 : Principaux composants du miel en pourcentage (%)**  
**(Ouchmoukh et al., 2007)**

<b>Eau</b>		17,2
<b>Sucres</b>	Lévulose (D-Fructose)	38,19
	Dextrose (D-Glucose)	31,28
	Saccharose (D- Saccharose)	1,31
	Maltose et autres disaccharides réducteurs	7.31
	Sucres supérieurs	1,5
	Sucres totaux	79,59
<b>Acides</b>	Gluconique, Citrique, Malique, Succinique, formique, etc	0,57
<b>Protéines</b>	Acides aminés: acide glutamique, alanine, arginine, glycine, leucine, isoleucine, acide aspartique, valine, histidine, et lysine.	0,26
<b>Cendres</b>	Minéraux: potassium, sodium, magnésium, calcium, phosphore, fer, manganèse, cuivre, etc...	0,17
<b>Composants Mineurs</b>	Comprenant principalement des pigments, des substances aromatiques, des alcools de sucre, des tannins, des enzymes et des diastases dont l'amylase, la peroxydase, les scindés, l'hydrogénase, la phosphatase, et les invertases. Des vitamines dont la thiamine, la riboflavine, l'acide nicotinique, la vitamine K, l'acide folique, la biotine.	2,21



### 3.1. Teneur en eau du miel

La teneur en eau est l'une des caractéristiques la plus importante des miels. Elle conditionne la conservation du produit, son poids spécifique, et dans certaine mesure sa cristallisation (**Terrab et al., 2002**)

Le miel est operculé par les abeilles lorsque sa teneur en eau atteint en moyenne 17 à 18 % (**Bogdanov et al., 2005**).

En générale, la teneur en eau se situe dans la plupart des cas entre 15-20 g/100 g de miel, sauf quelque cas exceptionnelles (miel de callune dont la teneur en eau est normalement supérieure à 23 %) un excès d'eau augmente le risque de fermentation. Il existe un lien entre la teneur en eau ou l'activité de l'eau et la teneur en levures, la teneur en levures augmente de 5 fois dans le cas d'un accroissement de la teneur en eau de 1 g/100 g. En dessous d'une teneur en eau de 17 g/100 g, le nombre de levures est si faible qu'il n'existe qu'un très faible danger de fermentation. Les teneurs en eau élevées sont à mettre au compte d'une récolte trop précoce et d'un climat humide. (**Bogdanov et al., 2004**)

### 3.2. Les sucres

Les sucres représentent de 95 à 99 % de la matière sèche des miels. Chaque miel est susceptible de contenir une bonne dizaine de sucres ce sont des mono, di, tri, ou polysaccharides représentaient les 80% du poids total du miel. Deux d'entre eux ; le glucose et le fructose, dominant nettement et représentent près de 80% (**Gleiter et al., 2006**).

Les proportions en glucose et fructose ne sont jamais équilibrées, ceci est dû à la composition des nectars en sucres réducteurs avec des quantités variables (**Miriam et al., 2005**).

D'autres sucres tels que le maltose (7,2%), le saccharose (1,5%) et quelques oligosaccharides (4,2%) sont présents dans le miel (**Shin et Ustunol, 2005**).

### a) Rapport fructose/ glucose

**Shin et Ustunol (2005)** ont montré que les hexoses (fructose et glucose) dominent toujours ; le rapport des hexoses entre eux est la caractéristique de certains miels.

Le rapport fructose/glucose dépasse à peine dans la règle 1, c'est à dire que ces miels contiennent des quantités à peu près égales de ces deux hexoses, le fructose domine légèrement. En revanche, le miel élaboré par les abeilles butinant presque exclusivement la même espèce végétale, contient souvent plus de fructose que de glucose ou rarement davantage de glucose que de fructose (**Daily, 2008**).

Parmi les miels riches en fructose ( $F/G = 1,5$  à  $1,7$ ), il faut citer par exemple :

- Le miel de robinier.
- Le miel de sauge.
- Le miel de châtaignier.
- De même que certains miels de miellat.

Les miels riches en fructose restant longtemps liquides et ne cristallisent souvent qu'au bout de plusieurs années. Les miels riches en glucose ( $F/G$  inférieur à 1) sont plus rares ; ils cristallisent en général aussitôt après la récolte et parfois déjà dans les rayons, on cite à titre d'exemple ; le miel de pissenlit et le miel de colza (**Polus, 2008**).

### b) Saccharose

Des récentes analyses ont montré que la teneur en saccharose des miels naturels est généralement plus basse (la limite maximale est de 10 %), souvent elle n'atteint même pas des quantités mesurables. Il existe certaines différences végétales qui ont fourni le nectar; les miels de châtaignier, de tilleul, de bruyère, de fleurs d'oranger et de certaines espèces de labiacées sont riches en saccharose, par ailleurs les miels de colza, de trèfle, de sarrasin sont pauvres en saccharose (**Guler et al., 2007**).

Malgré les teneurs très élevées de saccharose dans le nectar de lavande, il est rare que l'on en retrouve plus de 10% dans le miel. L'abeille est en effet capable de transformer en glucose et en fructose grâce à une action d'enzyme « l'invertase ». Une relation étroite existe entre l'activité de l'invertase et le pourcentage de saccharose résiduel dans les miels, les plus fortes teneurs en saccharose sont observées lorsque la miellée est très courte ou lorsque les colonies sont faibles (**Alippi, 2000**).

#### c) Maltose

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

#### d) Mélézitose (tri saccharides)

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

### 3.3. Sels minéraux et oligo-éléments

Les miels de fleurs contiennent 0,1 à 0,35 g de sels minéraux et d'oligo-éléments par 100 g de miel, le miel de châtaignier et les miels de miellat avec plus de 1 g/100 g. La teneur en sels minéraux et en oligo-éléments du miel est indiquée dans le tableau 03. Ces valeurs ont été

mesurées dans des miels de provenance différente (**Morse et al., 1980**). La substance minérale principale est le potassium.

Aujourd'hui, au lieu de la teneur en matières minérales (cendres), on détermine conductivité électrique du miel. Elle est plus facilement mesurable et utilisée principalement pour la caractérisation des miels monofloraux (**Nanda et al., 2003**).

Selon l'origine géographique et botanique des miels, la teneur en matières minérales et la conductivité électrique seront différentes (**Nair, 2006**).

Il existe un rapport linéaire entre conductivité électrique et teneur en matières minérales d'un miel sur la base duquel il est possible de calculer la teneur en matières minérales à partir des mesures de la conductivité électrique (**Bogdanov et al., 2004**).

**Tableau 03** : Sels minéraux et oligo-éléments du miel (**Morse et al. 1980**).

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

### 3.4. Les protéines

La teneur en protéines varie avec la quantité de grains de pollen dans les miels, les miels sont généralement pauvres en protéines. Les protides du miel sont soit des protéines, soit des acides aminés libres. Les recherches les plus récentes ont permis de mettre en évidence la présence de 16 acides aminés libres différents (**Meda, 2005**).

La présence de certains d'entre eux est assez constante, d'autre n'apparaît que de façon accidentelle. Les teneurs en protéines des miels varient de 0.20 à 0.6% et peuvent être importantes de manière naturelle (miel de bruyère, callune qui contient 2%) (**Anklam, 1998**)

De telles matières se trouvent dans les miels de fleurs (environ 0,3 g/par 100 g) et dans les miels de miellat (1 g/100 g et plus), jusqu'à aujourd'hui, elles ne sont d'aucune utilité pour l'appréciation de qualité des miels, à l'exception des activités enzymatiques (**Bogdanov, 1981**).

### 3.5. Les enzymes

Le miel contient plusieurs enzymes dont la présence est à rattacher à l'origine double du miel : Végétale et animale. On sait que le nectar contient dès sa récolte des enzymes qui agissent sur les sucres; les sécrétions de l'abeille viennent y ajouter les enzymes des glandes pharyngiennes. Les principaux enzymes du miel sont : l'invertase (  $\alpha$ -1,4 glucosidase), l'amylase (  $\alpha$ -amylase; diastase), glucose oxydase, catalase et la phosphatase. Elles proviennent principalement des abeilles ; l'invertase et l'amylase sont importantes pour l'appréciation du miel (**Serrano et al., 2007**).

Les enzymes du miel ont fait l'objet d'un très grande nombre d'études et d'observations, cela tient essentiellement au fait qu'on utilise pratiquement ces substances comme des indicateurs de chauffage du miel; un miel ayant subi un chauffage exagéré ne contient plus d'enzymes; la destruction est sensiblement proportionnelle au temps de chauffage et à la température (**Persano Oddo et al., 1999**).

**Lobreau-Callen et al (1999)** rapportent les données suivantes, sur les enzymes: l'  $\alpha$ -amylase et  $\beta$ -amylase, diastase ou enzymes de la digestion de l'amidon sont présentes dans tous les miels frais en quantités variables suivant l'origine du miel. Les invertases sont les enzymes responsables de la transformation du saccharose du nectar, en lévulose et dextrose du miel. La glucose-oxydase est présente dans le miel et donne naissance à du peroxyde d'hydrogène ou eau oxygénée et à la gluconolactone. Ces trois types d'enzymes sont sensibles à la chaleur : à 10°C, elles peuvent se conserver de nombreux années, à 20°C, seulement quelques heures. Pour rester naturel, le miel ne doit pas être chauffé.

D'autres enzymes sont également présents :

- La Catalase.
- La phosphatase acide.

### 3.6. Les colloïdes du miel

La teneur en colloïdes des miels varie approximativement de 0.1 à 1%, (les miels les plus foncés étant les plus riches), ils sont constitués pour plus de la moitié par des protéines et ils contiennent également des substances cireuses, des pigments, des pentosanes (**Guillén et al., 2011**).

Lorsqu'on dilue un miel dans l'eau, on observe souvent un accroissement très sensible de la turbidité. Celle-ci est due à la précipitation des colloïdes qui est maxime pour leur point isoélectrique. Les colloïdes du miel sont chargés positivement; le point isoélectrique se situe vers un pH = 4,3 (**Brudzynski et Miotto, 2011**).

### 3.7. Les composés aromatiques

L'arome est un facteur de qualité important dans les produits alimentaires. L'arome de miel d'abeille dépend de la composition de fraction volatile, qui est sous l'influence de la composition de nectar et l'origine florale. Le miel monofloral est de haute valeur nutritionnelle (**Cuevas-gloire et al., 2007**).

Le miel contient de nombreuses substances, à l'état de traces, c'est le cas des constituants qui sont à l'origine de l'arôme du miel (**Bousetta et al., 1992**).

Les constituants aromatiques interviennent en proportions variables selon les différents provinces du miels (**Guler et al., 2007**).

### **3.8. Composés phénoliques**

Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires dont les principales sources sont les sécrétions végétales. Parmi les structures identifiées dans le miel : les acides phénoliques (acides benzoïques et cinnamiques), les flavonoïdes (flavones et les flavanones) en proportions très variables (**Al-Mamary et al., 2002**).

Les phénols interviennent sur la couleur par l'intermédiaire des flavonoïdes susceptibles de contribuer à la coloration jaune (**Amiot et al., 1989**).

D'autre part, les flavonoïdes les mieux représentés dans le miel sont la chryisine, l'apigénine, l'hesperatine, la pinocembrine, la Pinobanksine et la galangine (**Marquele et al., 2005; Meda, 2005**).

### **3.9. Les lipides**

De très faibles quantités de lipides ont été isolées dans le miel, principalement l'acide palmitique et oléique et très peu d'acide laurique myristoleique, stéarique et linoléique (**Chauvin, 1987**).

### **3.10. Les vitamines**

Il convient de rappeler tout d'abord que le miel est un aliment pauvre en vitamines (**Bogdanov et Matzke, 2003**). Les vitamines provient surtout des grains de pollen en suspension par une filtration poussée on les élimine en grande partie et par conséquent ils représentent une quantité pratiquement négligeable dans les miels filtrés (**Ciulu et al., 2011**).

**Tableau 04:** Vitamines dans le miel, en mg/100 g, (**Bogdanov et Matzke, 2003**).

Thiamine (B1)	0.00-0.01
Riboflavine (B2)	0.02-0,01
Pyridoxine (B6)	0.01-0.32
Niacine	0.10-0.20
Acide panthothénique	0.02-0.11
Acide ascorbique (vitamine C)	2.2-2.5
Phyloquinone (vitamine K)	0.025

### 3.11. Acides organiques

Le miel contient des quantités variables d'acides organiques tels que les acides : tartrique, malique, citrique, succinique et oxalique qui conditionnent la réaction acide du miel (**Bogdanov, 2006**).

Dans le miel de trèfle, on a également décelé la présence des acides butyrique, acétique, formique et lactique, d'acide gluconique, et les lactones, ces derniers se trouvent dans de nombreux miels (**Jeffrey et Echazarreta, 1996**).

La teneur du miel en acide oscille entre 0.1% et 0.4% d'acide malique. Les miels qui contiennent plus de 0.4% d'acides sont suspects et ils ont généralement subi des modifications indésirables telles que la fermentation ou l'acidification. Le teneur en lactone varie entre 0.2 méq et 2.0 méq l/100g (**Bogdanov et al., 1995**).

### 3.12. Hydroxyméthyl furfural (HMF)

On appelle hydroxyméthylfurfural, ou simplement HMF, un dérivé de déshydratation des hexoses qui se forme dans le miel au cours de son



vieillessement, dans un miel conservé à température ordinaire (entre 15 et 20°C) (**Kuçuk et al., 2007**).

Le taux d'HMF augmente progressivement, lentement tout d'abord pour s'accélérer par la suite. Le teneur initial en HMF serait à multiplier par 1.10 au bout de 6 mois et par 2 au bout d'un an. Cette progression serait plus rapide dans les miels à pH faible (compris entre 3 et 3.5) (**Gonnet, 1999**).

L'élévation de la température a une action importante sur la formation de l'HMF. Deux paramètres entrent en jeu dans cette formation ; la température et la durée. Ils ont constaté, en effet qu'une chaleur modérée (35 à 40°C) pendant plusieurs jours peut avoir les mêmes effets sur le miel, qu'un chauffage de quelques heures à 50°C ou de quelques minutes à 80°C (**Tosi et al., 2004**).

La détermination du taux d'HMF est la mesure à une longueur d'onde déterminée de la coloration rouge due à l'action de l'HMF d'un miel s'exprime en mg/Kg, la limite légale est actuellement de 40 mg/Kg max. un miel de bonne qualité ne devrait pas avoir un taux supérieur à 25 mg/Kg (**Downey et al., 2005 ; Zappala et al., 2005**).

### 3.13. pH

Le pH ou le potentiel d'hydrogène, appelé indice de Sorensen est la mesure du coefficient caractérisant l'acidité d'un milieu, il représente la concentration des ions  $H^+$  d'une solution. Le coefficient 7 (eau distillée à 22°C) correspond à la neutralité, supérieure il est basique, inférieur il est acide. Il se situe entre 3.5 et 4.5 pour les miels de nectar et entre 4.5 et 5.5 pour les miels de miellat. Un miel de forte réactivité (pH de l'ordre de 3.5) est généralement plus fragile qu'un miel dont la réactivité est plus faible (environ de 5), l'HMF s'y forme plus rapidement. Il y aura donc lieu d'en tenir compte en technologie (**Gonnet, 1986**).

### 3.14. Acidité

L'acidité est un critère de qualité important, tous les miels ont une réaction acide, ils contiennent des acides organiques, dont certains sont volatils, et des lactones. Le problème de l'acidité des miels est très complexe, certains acides présents dans le miel proviennent sans aucun doute du nectar ou du miellat, mais leur origine principale est à rechercher dans les sécrétions salivaires de l'abeille et dans les processus enzymatiques et fermentatifs (**Luiz et al., 2007**).

Le principal acide dérivé du glucose est l'acide gluconique, sa formation s'accompagne de dégagement d'eau oxygénée ( $H_2O_2$ ) (**María et al., 2007**).

- L'acidité libre est l'acidité titrable par l'hydroxyde de sodium jusqu'au pH du point équivalent, soit pHe, (qui est le point de neutralisation de tous les acides libres)
- L'acidité des lactones correspond à l'acidité combinée non titrable directement.
- L'acidité totale est la somme de L'acidité libre et L'acidité des lactones.

Un miel de bonne qualité ne doit pas avoir une acidité libre supérieure à 4 mille équivalents pour 100 g. L'acidité naturelle des miels peut s'accroître lorsque le miel vieillit, lorsqu'il est extrait de rayons fortement propolisés et notamment lorsqu'il s'altère par fermentation (**Pataca et al., 2007**).

L'ancienne norme prescrit une valeur maximale d'acidité totale de 40 méq/Kg. Dans le projet du codex alimentarius, elle a été augmentée à 50 méq/Kg, étant donné qu'il existe en quelque sorte des miels qui ont une teneur naturelle en acide plus élevée (**Bogdanov, 2002**).

# CHAPITRE III

## PROPRIETES DU MIEL

L'aspect physique du miel peut varier considérablement d'un échantillon à un autre. Ces variations peuvent porter sur la couleur pouvant aller du jaune très pâle au brun presque noir, sur sa viscosité (**Chua et al., 2012**).

## **1. Propriétés physiques**

### **1.1. Propriétés mécaniques**

#### **a) Poids spécifique (Densité)**

Le poids spécifique est en fonction principalement de la teneur en eau. Un miel récolté trop tôt, extrait dans un local humide ou abandonné longtemps dans un maturateur contient trop d'eau. Ce défaut se décèle au densimètre ou au réfractomètre (**Jean-Prost, 2005**).

La valeur de la densité varie entre 1,39 et 1,44 à 20 °C. Elle est fonction de la teneur en eau et à moindre degré de la composition chimique du miel (**Gonnet, 1982 ; Lobreau-Callen et al., 1999 ; Al-Khalifa et Al-Arify, 1999**).

#### **b) Viscosité**

La viscosité est l'une des caractéristiques physiques la plus significative, car elle affecte la qualité du produit et la conception des équipements de traitement. Elle est influencée par la température, l'humidité et la présence des sucres (**Recondo et al., 2006**).

La majorité des miels ont une viscosité normale, d'autres possèdent une viscosité anormale; ils sont thixotropes. Cette propriété est due à la présence de protéines particulières (miel de Callune) (**Gonnet, 1982 ; Özcan et al., 2006 ; Yanniotis et al., 2006**).

### **1.2. Propriétés thermiques**

#### **a) Chaleur spécifique**

La chaleur spécifique du miel a été étudiée par Helvey au moyen d'un calorimètre sur des solutions de miel de plus en plus faibles, la chaleur spécifique est de 0.54 à 20°C pour 17 % d'eau. Elle varie très peu d'un miel

à l'autre. Le coefficient de température est de 0.02 cal /°C, en moyenne, valeur relativement basse (**Lazaridou et al., 2004**).

Le réchauffement du miel demande 2 fois moins de calories que celle du même poids d'eau, mais il transmet très mal la chaleur qu'il reçoit de sorte qu'il peut être réchauffé rapidement en un point et rester froid tout à côté (**Ahmed et al., 2007**).

#### **b) Conductivité thermique**

Elle s'exprime en calories par cm<sup>3</sup> par seconde et par degré centigrade. Le miel est mauvais conducteur de la chaleur, sauf quand il est déshydraté. La formule qui l'exprime est (L = la conductibilité) :  $L = 1.29 \cdot 10^{-4}$  à 20C°, pour un miel à 20% d'eau et finement cristallisé (**Huchet et al., 1996**)

#### **c) Abaissement du point congélation**

L'abaissement du point de congélation dépend de la proportion de glucose et de lévulose ainsi que de la teneur en saccharose et en dextrines. sur 10 échantillons de miel, ils ont obtenu un abaissement de 1.42C° à 1.53C° en solution à 15% et 2.75C° à 3.15C° en solution à 25% (**Bogdanov et al., 2006**)

### **1.3. Propriétés électriques**

#### **a) Conductivité électrique**

La conductivité électrique est l'un des paramètres efficaces pour la distinction entre les miels floraux et les miels de miellats, ainsi que pour la classification des miels unifloraux. Elle dépend de la teneur du miel en minéraux et acides (**Bogdanov et al., 2004 ; Bogdanov et al., 2005**).

En général, la conductivité électrique d'un miel est d'autant plus élevée que sa teneur en substances minérales est élevée (**Lobreau - Callen et al., 1999**).

D'après **Bogdanov et al. (2005)**, la conductivité électrique du miel de miellat est supérieure à 0,8 mS/cm ; celle du miel de nectar est inférieure

à cette valeur. Exception faite pour le miel de châtaigner qui peut atteindre des valeurs supérieures à 0,8 mS/cm.

La conductibilité électrique est donnée en  $\text{ms.cm}^{-1}$  (s pour siemens) ; elle est exprimée pour un volume de liquide d'un centimètre d'épaisseur pour  $1 \text{ cm}^2$  de surface (**Kaškonien et al., 2010**).

#### **1.4. Propriétés optiques**

##### **a) Indice de réfraction**

L'indice de réfraction du miel est en fonction de la teneur en eau et de la température, sa mesure au moyen du réfractomètre constitue la méthode la plus rapide et l'une des plus sûres pour évaluer la teneur en eau des miels.

La plupart des miels ont un indice de réfraction allant de 1,5041 à 1,4915 pour une teneur en eau de 13 à 18 %, car l'indice de réfraction du miel est d'autant plus élevé que sa teneur en eau est plus basse (**Louveaux, 1985 ; Lobreau-Callen et al., 1999**).

Les tables de Chataway revues et corrigées par White donnent la correspondance entre l'indice de réfraction et la teneur en eau (**Bogdanov et al., 2002**).

**Tableau 05 :** Correspondance entre la teneur en eau des miels et leur indice de réfraction (Chauvin, 1968 ; Bogdanov et al., 2002).

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

### b) Pouvoir rotatoire

Le pouvoir rotatoire est la caractéristique optique que possèdent les sucres de dévier le plan de la lumière polarisée. Il est utilisé pour distinguer entre les miels de nectar et les miels de miellat (Gonnet, 1982).

La majorité des miels de miellat ont des valeurs positives «dextrogyres» tandis que les miels de nectar ont des valeurs négatives « lévogyres » (Nanda et *al.*, 2003).

### c) Coloration

La couleur du miel peut aller du blanc au noir. Il existe des miels sans couleur ; transparents (miel de *Robinia pseudoacacia*), d'autres sont blancs (miels de *Rosmarinus officinalis*, *Citrus* sp), mais la plupart des miels multif floraux sont ambrés, et certains sont très foncés, presque noirs (miel de *Quercus* sp). Plusieurs composés sont à l'origine de la couleur du miel tels que les caroténoïdes (carotène, xanthophylles), composés phénoliques (flavonols...), de même que les minéraux et les acides aminés (tyrosine, tryptophane) (Amiot et *al.*, 1989 ; Negueruela et Perez-Arquillue, 2000).

Les normes internationales établissent des échelles de couleur des miels avec des standards (par exemple Pfund et Lovibond), qui déterminent de manière subjective principalement l'attribut luminosité toutefois, il est important d'évaluer la chromaticité au moyen d'un spectrocolorimètre (Paul Schweitzer, 2001)

### d) Turbidité

Lorsque les miels sont ramenés à l'état liquide par passage à l'étuve à 65°C jusqu'à disparition totale des cristaux de glucose, ils se présentent généralement comme des liquides très transparents. Toutefois, ils contiennent toujours en suspension des éléments figurés (levures, poussières grains de pollen, colloïdes) qui leur donnent une certaine turbidité (Marini et *al.*, 2004).

### e) Fluorescence

Beaucoup de miels présentent une fluorescence plus ou moins importante sous l'action de l'ultraviolet. Les couleurs de fluorescence des miels sont variables. Selon Gonnet (1974), certains miels tels que les miels de châtaigner par exemple sont légèrement fluorescents en lumière UV.



## f) Mutarotation

Lorsqu'on dissout du miel dans l'eau, il faut quelques heures avant que ne se stabilise le pouvoir rotatoire de la solution obtenue. Les sucres du miel mis en solution passent par des formes physiques divers ayant chacune un pouvoir rotatoire différent, ils n'atteignent que progressivement un équilibre stable. C'est le glucose qui a la stabilité la plus grande, ce phénomène s'appelle la mutarotation (**Bogdanov et al., 2004**).

## 2. Propriétés biologiques

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

### 2.1. Propriétés antioxydantes

Les antioxydants jouent un rôle important dans la préservation des aliments et la santé humaine, par désactivation et stabilisation des agents d'oxydations (espèces réactives oxygénées) responsables de nombreuses maladies telles que le cancer, la cataracte, le diabète, les maladies cardiovasculaires et les différents processus d'inflammation (**Ames et al., 1993** ; **Meda et al., 2005**).

Le miel est utilisé comme source naturelle d'antioxydants qui sont efficaces pour la réduction des risques de ces maladies (**Meda et al., 2005**). D'après **Bertoncelj et al. (2007)**, les composés responsables de l'activité antioxydante dans le miel sont : les flavonoïdes (Chrysine, pinocembrine, pinobanksine, quercétine, Kaempférol...etc.), les acides phénoliques (cafféique, coumarique, ferrulique, éllagique et chlorogénique), l'acide ascorbique, la catalase, la peroxydase et les caroténoïdes .

Cependant, cette activité est variable d'un miel à un autre selon la source botanique et la présence de différents composés antioxydants (**Al-Mamary et al., 2002**).

En général, l'activité antioxydante d'un miel pourrait être la combinaison d'une large gamme d'activité des composés suivants :

- Phénols, peptides, acides organiques, enzymes, produits de la réaction de Maillard et autres composés mineurs (**Gheldof et Engesth, 2002**).
- Ainsi, les composés phénoliques sont des piègeurs efficaces des radicaux peroxydes à cause de leur structure contenant un anneau aromatique et un groupe hydroxyle possédant un hydrogène mobile. L'action des composés phénoliques est peut-être liée à leur capacité de réduire et chélater l'ion ferrique qui catalyse la peroxydation des lipides (**Al-Mamary et al., 2002**).

## **2.2. Propriétés antimicrobiennes**

Les hommes ont depuis toujours utilisé le miel non seulement comme nourriture, mais aussi pour ses propriétés antiseptiques, comme médicament, comme substance servant à la conservation des fruits et des graines, et jadis dans les embaumements (Egypte, Ancien Empire). Cette utilisation repose sur l'observation de son action anti purifiante. Les notions empiriques de la valeur antiseptique du miel ont été confirmées scientifiquement ces dernières années (**Roopal V Patel et al., 2011**).

L'activité antimicrobienne varie d'un miel à un autre et elle a été longuement traitée par plusieurs auteurs (**Weston et al., 1999; Taormina et al., 2001 ; Bogdanov et Blumer, 2001**).

Plusieurs facteurs contribuent à l'activité antimicrobienne : la haute pression osmotique, l'oxydation enzymatique du glucose, la faible activité de l'eau et l'acidité (**Cortopassi-Laurino et Gelli, 1991; Taormina et al., 2001**).

### a) L'effet osmotique

Le miel est saturé en sucre avec environ 84% de glucose et fructose. La teneur en eau n'est que de 15 à 21% du poids. Les fortes interactions entre le sucre et l'eau, ne laissent pas assez de molécules d'eau libres pour permettre le développement de microorganismes. Quelques levures arrivent à vivre dans des miels ayant une forte teneur en eau. Aucune fermentation n'est possible si la teneur en eau est inférieure à 17,1%. La plupart des bactéries sont incapables de pousser si l'*aw* est inférieure à 0,94 ce qui est le cas dans le miel non dilué (Chauhan et *al.*, 2010; Jason et *al.*, 2004).

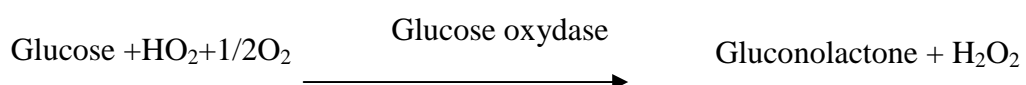
### b) L'acidité

Une des caractéristiques du miel est son acidité avec un pH compris entre 3,2 et 4,5. Ce pH est suffisant pour inhiber de nombreux pathogènes, qui ont besoin d'un pH entre 7,2 et 7,4. Certaines espèces de bactéries sont capable de pousser dans un milieu plus acide : *Escherichia coli*, 4,3; *Salmonella sp.*, 4,0; *Pseudomonas aeruginosa*, 4,4; *Streptococcus pyogenes*, 4,5. pour le miel non dilué l'acidité reste un facteur anti bactérien, mais lorsque le miel est dilué (sur la peau par exemple), le pH n'est plus aussi bas, l'effet inhibiteur dépend donc de l'espèce de bactérie (Jason et *al.*, 2004).

### c) Le peroxyde d'hydrogène (l'inhibine)

D'éminents chercheurs se sont penchés sur ces travaux. Il existe 2 types d'agents antibactériens dans le miel, identifiés comme suit :

Une substance antibactérienne extractible par l'éther à froid et volatile à 95°C, l'activité antibactérienne de ces préparations exclut l'action d'H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> produit grâce à une glucose-oxydase (Voidarou et *al.*, 2011).



La concentration en cette inhibine dépend de l'activité de ces enzymes (glucose oxydase et catalase), et aussi de l'influence de la chaleur

et de la lumière qui altèrent la glucose-oxydase. Cependant, l'ajout de la catalase dans un soluté de miel a révélé une autre activité antimicrobienne due aux résidus non peroxydes car le peroxyde d'hydrogène est dégradé par la catalase (**Weston *et al.*, 1999 ; Bogdanov et Blumer, 2001**).

#### d) **Autres facteurs phytochimiques**

Une activité antibactérienne a été retrouvée même lorsque la glucose oxydase est neutralisée par la catalase, ou la chaleur; ceci suppose la présence d'autres molécules capables d'inhiber la croissance bactérienne. Donc il existe des inhibines non peroxydes qui contribuent à l'activité antimicrobienne du miel. Parmi ces composés, il y a le lysozyme, les acides phénoliques, les flavonoïdes et les substances aromatiques (**Bogdanov et Blumer, 2001 ; Taormina *et al.*, 2001**).

Différents facteurs antibactériens n'étant pas des peroxydes ont été isolés : pinocembrin, terpenes, benzyl alcohol, 3,5-dimethoxy-4-hydroxybenzoic acid (syringic acid), méthyl 3,5-dimethoxy-4-hydroxybenzoate (methyl syringate), 3, 4, 5-trimethoxybenzoic acid, 2-hydroxy-3-phenylpropionic acid, 2-hydroxybenzoic acid et 1,4-dihydroxybenzene. Ces différents composés n'ayant pas tous été analysés, on utilise le terme UMF ("Unique Manuka Factor") pour définir la capacité antibactérienne non peroxyde. Le chiffre correspondant est égal à la concentration minimum nécessaire à l'activité antibactérienne. Contrairement à la glucose oxydase qui a une activité peroxyde, l'UMF qui n'a pas d'activité peroxyde est résistant à la lumière, la chaleur, les rayons gamma et nécessite ni dilution ni oxygène (**Monica *et al.*, 2007**).

D'après **Weston *et al.* (1999)**, les composés phénoliques issus du pollen, nectar et propolis sont partiellement responsables de l'activité antimicrobienne du miel manuka de la Nouvelle Zélande.

Une étude effectuée sur dix sortes de miels concernant l'évaluation de l'efficacité des différentes substances à propriétés antimicrobiennes a révélé que les acides ont la plus importante contribution concernant l'activité

antimicrobienne, puis les bases, les substances neutres et finalement les substances volatiles. L'efficacité antimicrobienne varie d'un miel à l'autre. Par exemple, la fraction acide occupe 90 % de miel de manuka Néo-Zélandais, tandis que pour les miels de colza et de montagne ce sont les substances neutres et les bases qui dominent, respectivement (**Bogdanov et Blumer, 2001**).

### 2.3. Propriétés thérapeutiques

Depuis des millénaires déjà, le miel a été utilisé dans la médecine populaire dans de nombreux domaines et Aristote (env. 350 av. J.C.) le recommandait pour soulager divers maux (**Paulus et al., 2012 ; Bogdanov et Blumer, 2001**).

Le miel est non seulement considéré comme une substance sucrée, savoureuse, mais également comme une partie de la médecine traditionnelle. Il a été rapporté qu'il est efficace contre les désordres gastrointestinaux, la guérison des blessures et des brûlures, et pour produire une protection gastrique contre les lésions gastriques aiguës et chroniques (**Gomez-Caravaca et al., 2006**).

Les propriétés cicatrisantes du miel tiennent à ses caractéristiques physiques, chimiques et enzymatiques. Le miel, par sa saturation en sucres entretient une pression osmotique trop élevée pour inhiber la croissance des microbes (**Candiracci et al., 2012**). Cette action est à la base du traitement des plaies par le miel. Ainsi, cette pression entraîne une résorption de l'œdème péri lésionnel et un appel local de macrophages qui favoriseraient le nettoyage des plaies. Il y a en plus une augmentation secondaire des fibroblastes producteurs de collagène qui favoriserait une cicatrice de bonne qualité (**Attipou et al., 1998**).

#### 2.4. Propriétés nutritionnelles

Le miel est un aliment glucidique à haute valeur énergétique (320 calories par 100 grammes de miel) assimilable par l'organisme par sa haute teneur en glucose et fructose (**Melliou et Chinou, 2011; Gonnet, 1982**).

D'autre part, le miel est une source de différentes matières minérales comme le calcium, le magnésium, le soufre et le phosphore qui sont utiles au métabolisme. Différentes études ont révélé l'action bénéfique des sucres des miels, favorisant l'assimilation et la fixation par l'organisme des sels minéraux et notamment du calcium (**Chauvin, 1987**).

De part sa richesse en éléments biologiques, le miel intensifie les capacités du système immunitaire. Le miel contribue aussi à l'élévation du taux d'hémoglobine dans le sang. Ainsi, le miel peut être introduit dans certains régimes alimentaires. Par conséquent, il est adapté aux personnes âgées, les sportifs et les enfants. Mais il n'est pas un aliment complet car il est pauvre en protides, lipides et vitamines (**Gonnet, 1982 ; Blasa et al., 2007**).

## CHAPITRE IV

# LES CARACTERES DU POLLEN UTILISES POUR L'IDENTIFICATION DES MIELS

La présence de grains de pollen dans le miel en plus ou moins grande quantité est un phénomène remarquablement constant. La quantité de pollen contenue dans les miels, même les plus fluides, est importante. Typiquement, elle est de 20.000 à 100.000 grains dans un échantillon de 15 grammes (quelques milliers dans l'acacia et au plus quelques dizaines dans la lavande) (**Hubersan, 2001**).

#### *Origine du pollen dans les miels*

- ✚ Lorsque l'abeille récolte le nectar des fleurs, elle entre plus ou moins en contact, non seulement avec les nectaires (organe producteur de nectar), mais aussi avec la plupart des pièces florales, et notamment les anthères (organe producteur de pollen). Selon la morphologie des fleurs visitées ce contact peut intéresser différentes parties du corps de la butineuse, mais il aboutit régulièrement à marquer les gouttelettes de nectar par quelques grains de pollen de la plante visitée. Il est par ailleurs certain qu'avant même le passage de l'abeille, le pollen peut commencer à tomber mûr sur le nectar lorsque la morphologie des fleurs le permet. Il s'agit là d'un véritable marquage car les grains associés au nectar vont le suivre dans le jabot de la butineuse, dans les cellules du rayon puis dans le miel extrait (**Ismail et al., 2013**).
- ✚ Il existe toutefois d'autres voies de pénétration. Le pollen abonde à l'intérieur de la ruche, surtout sous forme de provisions stockées dans les cellules à proximité du couvain. Il est également présent dans la fourrure des abeilles, sur leurs pièces buccales et sur leurs pattes. Il a été évoqué aussi une possibilité d'une pollution par les pollens atmosphériques pénétrant dans la ruche par un trou d'aération (**Morais et al., 2011**).

Les grains de pollen ont des caractères morphologiques spécifiques; on peut donc identifier une plante (espèce, genre ou famille) par l'observation de son pollen. La taille du pollen peut varier de 0,002 à 0,3 mm. La forme et l'ornementation de la paroi sont également typiques; celle-ci est constituée de



sporopollénine, un polymère dur et compact qui est la substance naturelle la plus résistante produite par un végétal (**Erdtman, 1969**).

## **1. Structure des grains de pollen**

Un grain de pollen est une cellule vivante sexuée, mâle, entourée de deux couches protectrices, l'intine et l'exine. La cellule contient le cytoplasme et 2 nuclei 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 nuclei fertilisateurs et un tube pollinique. Ce dernier va les acheminer dans l'ovaire de la fleur pour qu'ils fusionnent avec les nuclei de l'ovule, cette fusion s'achève par une graine (**Del Fueyo et al., 2012**). 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**).

### **1.1. L'intine**

L'intine est une membrane semi-perméable, fine, entourant le cytoplasme (**Dajoz, 1993**)

La couche intérieure de la paroi, l'intine, semble contenir les enzymes nécessaires à la germination du tube pollinique, à la pénétration de la cuticule du stigmate et à la croissance subséquente à travers le stigmate (**Laurian et al., 2004**).

### **1.2. L'exine**

L'exine est la couche externe, riche en sporopollénine (un polymère composé de phénoliques et de dérivés d'acides gras) comportant une architecture unique caractérisée par des interstices là où les composés de la couche extérieure du pollen sont déposés. Cette couche est résistante, puisqu'on la retrouve sous forme fossile après des millions d'années (**Dajoz et al., 1991**).

Selon **Nathalie (2003)**, l'exine comprend :

- Une base claire et uniforme.
- Des tiges ou columelles disposées radialement plus ou moins espacées.
- Le toit ou tectum parfois incomplet laissant apparaître les columelles.
- Et enfin l'ornementation, dépressions, murettes, épines, etc...

La disposition générale d'un grain varie beaucoup, néanmoins le cas le plus fréquent est un grain plus ou moins sphérique comportant 3 apertures (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

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 (*Jasione 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) (**Dajoz et al., 1991**).

### **1.3. Les apertures**

Selon **Laaidi et al., 1997**:

On peut voir à 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.

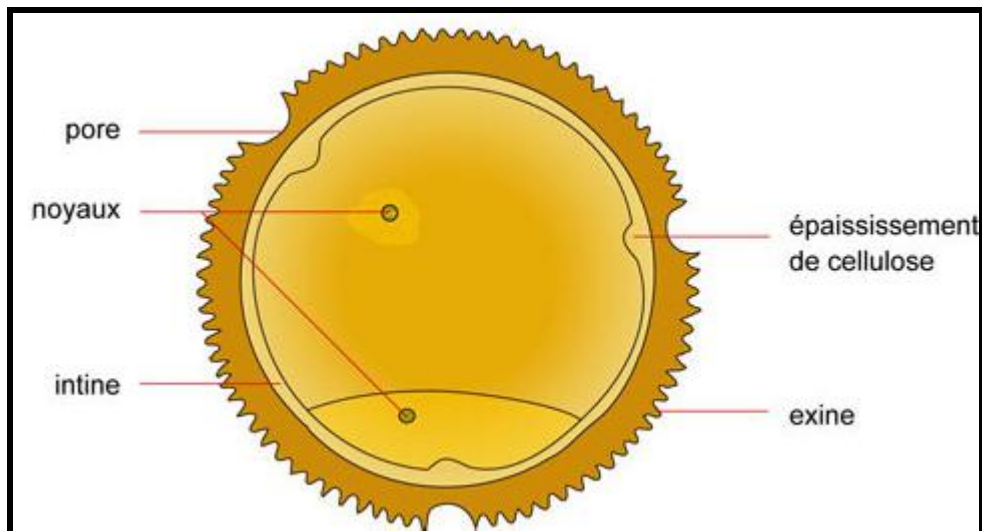
Elles sont fréquemment renflées comme dans le robinier faux acacia. Selon leur forme, on distingue les pores (porus) de forme arrondie et les sillons (colpus) de forme allongée. De nombreuses combinaisons sont possibles entre les pores et les sillons, citons les grains :

- 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, 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).

Enfin 3 types très particuliers sont rencontrés fréquemment:

- Les grains fenestrés propres à la plupart des composées (pissenlit, intybe, etc.), sorte de grains à hublots très décoratifs.
- Les grains bi-ailés, propres au gymnosperme pin, sapin, comportant 2 ballonnets réunis par une sorte de pont.
- Les grains composés en tétrades (bruyère) ou en polyades (mimosacées).



**Fig. 3:** Structure du grain de pollen (Nathalie, 2003).

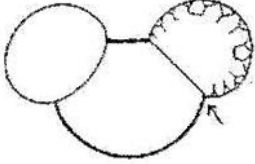

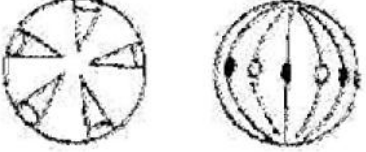
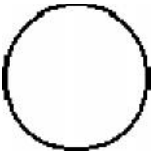
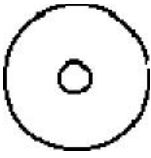
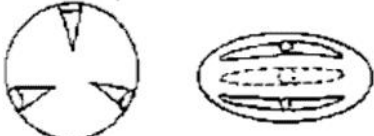
#### **1.4. L'ornementation de l'exine**

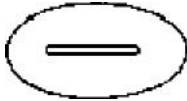
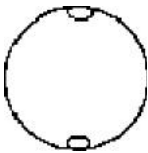

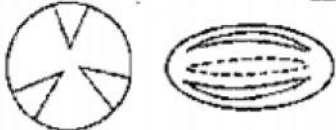
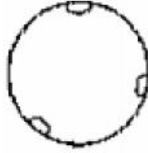
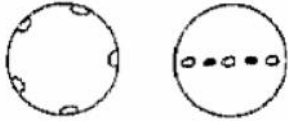
Selon **Suc (1996)**, l'exine présente fréquemment des figures géométriques ou des traits qui permettent généralement une bonne identification. Citons quelques cas typiques:

- Exine lisse (bourdaine)
- Exine fovéolée (tilleul). Nombreuses petites dépressions.
- Exine striée (fruitiers genre prunus). Style empreinte digitale.
- Exine ponctuée (campanule). Nombreux petits points noirs.
- Exine baculée (gui). Eléments de sculpture plus hauts que larges.
- Exine échinulée (verge d'or). Eléments de sculpture pointus.
- Exine réticulée (lis, ciste, colza). En réseau ou filet.

**Tableau 06:** Clé de détermination des grains de pollen (simplifiée)

(Aegri et Iversen, 2005)

 <p><b>Pollen à ballonnets</b></p> <p>1 ballonnet: <i>Tsuga</i>                  2 ballonnets:                  -sans constriction                  taille 70-80 µm: <i>Picea, Cedrus</i>                  -avec constriction                  Corps du grain 80-100µm:  <i>Abies</i>                  Corps du grain 40-50 µm:  <i>Pinus</i></p>	 <p>Vue polaire</p> <p><b>péricolpé</b> : <i>Hêtre, Tilleul</i></p> <p>Grains à plusieurs sillons répartis irrégulièrement autour du grain, exine ondulée ou verruquée: <i>Ranunculus</i></p>	 <p>Vue polaire    Vue équatoriale</p> <p><b>stéphanocolporé</b></p> <p>Grain à plusieurs sillons équatoriaux au milieu desquels s'ouvrent des pores:                  - 6 sillons, 6 pores : <i>Sanguisorba</i>                  - 4 sillons, 4 pores : <i>Pulmonaria</i></p>
 <p><b>inaperturé</b></p> <p>ex: <i>Taxodiaceae</i>  <i>Cyperaceae</i>  <i>Juniperus</i></p>	 <p><b>monoporé</b></p> <p>- grain à large pore et opercule (peu distinct) et exine diversement ornementée: <i>Nymphaeaceae</i>                  - grain à petit pore annelé: <i>Graminae</i></p>	 <p>- grain à trois sillons au milieu desquels s'ouvrent des pores :</p> <p><b>tricolporé</b></p> <p>- exine à petits points ou ondulée: <i>Umbelliferae, Compositae (Centaurea), Fagus</i> .                  - à exine épineuse: <i>Compositae (Antemis...)</i>                  -exine moyennement réticulée: <i>Olea</i></p>

 <p><b>monocolpé</b></p> <p>- grain ovoïde, pointu aux extrémités avec grand sillon replié et exine épaisse lisse : <i>Ginkgo</i></p> <p>- grain à 1 sillon, exine finement réticulée: <i>Liliaceae</i></p> <p>- grain &gt; 50µm très fragile: <i>Iridaceae</i>, type <i>Iris</i>.</p>	 <p>vue polaire</p> <p><b>diporé</b></p> <p>Grain à deux pores et exine réticulée: <i>Colchicum</i></p>	 <p><b>péricolpé</b></p> <p>Grain à plusieurs sillons percés de pores répartis sur toute la surface du grain, à exine: épaisse, épineuse: <i>Compositae</i> (<i>Cichorium</i>)</p> <p>mince et réticulé : <i>Polygonaceae</i> (<i>Rumex</i>)</p>
 <p>vue polaire    vue équatoriale</p> <p><b>tricolpé</b> à 3 sillons</p> <p>- exine épaisse, scabre et verruquée : <i>Quercus</i>, <i>Papaver</i>, <i>Ranunculus</i>, <i>Ficaria</i>, <i>Clematis</i>.....</p> <p>- exine épaisse et réticulée: <i>Fraxinus</i>, <i>Cruciferaeae</i></p> <p>- 3 sillons courts, larges, granuleux: <i>Platanus</i></p>	 <p>Grain à trois pores</p> <p>vue polaire</p> <p><b>triporé</b></p> <p>- très gros (&gt; 60µm), exine épaisse, épineuse: <i>Dipsacus</i></p> <p>- gros (&gt; 25µm) à exine épineuse: <i>Campanula</i></p> <p>- petit (&lt; 20µm) à exine ondulée ou granulée: <i>Betula</i>, <i>Corylus</i>...</p>	 <p>vue polaire    vue équatoriale</p> <p><b>stéphanoporé</b></p> <p>Grain à 4 pores équatoriaux:</p> <p>-exine lisse: <i>Alnus</i></p> <p>-exine granulée: <i>Carpinus</i>, <i>Betulus</i>.</p> <p>Grain à plusieurs pores équatoriaux</p> <p>-exine rugueuse: <i>Ulmus</i></p>

<div data-bbox="316 203 464 349" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="293 371 475 454"><b>stephanocolpé</b> vue polaire</p> <p data-bbox="197 524 568 707">- 6 sillons larges équatoriaux à exine réticulée: <i>Labiataceae</i> (<i>Thymus</i>), <i>Lavandula</i>, <i>Ocinum basilicum</i>, (<i>Basilic</i>).</p> <p data-bbox="197 775 568 808">- plus de 6 sillons: <i>Ephedra</i></p>	<div data-bbox="683 203 831 349" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="667 371 849 454">plusieurs pores <b>périporé</b></p> <p data-bbox="568 524 938 607">répartis sur toute la surface du grain</p> <p data-bbox="568 629 938 663">- exine verruquée: <i>Plantago</i></p> <p data-bbox="568 685 938 768">- exine épineuse: <i>Malvaceae</i>(<i>Malva</i>)</p> <p data-bbox="568 790 938 909">-exine réticulée:<i>Caryophyllaceae</i> (<i>Dianthus</i>)</p> <p data-bbox="568 931 938 1066">- exine avec pointe et ondulée: 7 à 25 pores répartis sur un seul pôle équatorial: <i>Juglans</i></p> <p data-bbox="568 1088 938 1155">-plus de 50 pores: <i>Chenopodiaceae</i></p>	<div data-bbox="986 203 1134 327" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="1007 349 1114 383"><b>Tetrade</b></p> <div data-bbox="1182 203 1331 327" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="1235 349 1337 383"><b>Polyade</b></p> <p data-bbox="948 506 1066 539">exemple :</p> <p data-bbox="948 562 1023 595"><i>Typha</i></p> <p data-bbox="1246 562 1337 595"><i>Acacia</i></p> <p data-bbox="948 607 1102 640"><i>Orchidaceae</i></p>
--	---	---

## **2. Composition analytique du pollen**

D'après **Campos (1997)** et **Donadieu (1983)**, le pollen contient:

- Un certain pourcentage d'eau, en moyenne 10 à 12% pour le pollen frais et 4% pour le pollen asséché (5% étant la limite supérieure à ne pas dépasser pour être assuré d'une bonne conservation).
- Des glucides (sucres) avec un pourcentage moyen de 35%.
- Des lipides (corps gras) pour environ 5%.
- Des protides (substances azotées) avec un pourcentage moyen de 20%, dont une grande partie sous forme d'acides aminés à l'état libre ou à l'état combiné. Ces acides aminés sont les suivants: acide aspartique, acide glutamique, alanine, arginine, cystine, glycine (ou glycolle), histidine, isoleucine, leucine, lysine, méthionine, phénylalanine, proline, sérine, thréonine, tryptophane, tyrosine, et valine. Non seulement le pollen contient donc un très grand nombre d'acides aminés, mais il contient surtout les huit acides aminés indispensables à la vie que notre organisme ne peut pas synthétiser et qu'il faut trouver journalièrement dans notre alimentation, à savoir: l'isoleucine, la leucine, la lysine, la méthionine, la phénylalanine, la thréonine, le tryptophane et la valine. Cette richesse en acides aminés essentiels confère au pollen un atout majeur dont l'intérêt est évident.
- Des vitamines en grand nombre et parmi les plus importantes, dont une particulière abondance en vitamines du groupe B qui y sont toutes représentées en grande quantité: vitamine B1 ou thiamine, vitamine B2 ou riboflavine, vitamine B3 (vitamine PP) ou nicotinamide, vitamine B5 ou acide pantothénique, vitamine B6 ou pyridoxine, vitamine B7 ou méso-inositol, vitamine B8 (vitamine H) ou biotine, vitamine B9 ou acide folique, et vitamine B12 ou cyanocobalamine (cette dernière étant présente en beaucoup plus faible quantité que les précédentes). On trouve également la présence, mais en beaucoup plus petites quantités, de provitamine A ou carotène (qui se transforme en vitamine A dans l'organisme), de vitamine C ou acide ascorbique, de vitamine D et de



vitamine E ou tocophérol, leur infime quantité ne signifiant pas qu'elles jouent un rôle négligeable dans la composition globale du pollen.

- Un vaste échantillonnage de substances minérales (dont de nombreuses sous forme d'oligo-éléments), parmi les quelles on peut citer: le calcium, le chlore, le cuivre, le fer, le magnésium, le manganèse, le phosphore, le potassium, le silicium, et le soufre.
- Un certain nombre d'enzymes: amylase, invertase et certaines phosphatases.
- Des substances antibiotiques actives sur toutes les souches de *Colibacilles* et certaines de *Proteus* et *Salmonelles*.

**Tableau 07:** Les composants du pollen (**Bogdanov et al., 2004 a**).

<b>Composants</b>	<b>Teneurs (Min-Max)</b>
<b>Composants principaux</b>	<b>g/100g matière sèche</b>
Protéines	10-40
Lipides	1-10
Glucides	13-55
Fibres, pectine	0,3-20
Cendres	2-6
<b>Sels minéraux, éléments de trace</b>	<b>mg/kg</b>
Potassium	4000-20000
Magnésium	200-3000
Calcium	200-3000
Phosphore	800-6000
Fer	11-170
Zinc	30-250
Cuivre	2-16
Manganèse	20-110
<b>Vitamines</b>	<b>mg/kg</b>
-carotène	50-200
B1; thiamine	6-13
B2; riboflavine	6-20
B3; niacine	40-110
B5; acide pantothénique	5-20
B6; pyridoxine	2-7
C; acide ascorbique	70-300
H; biotine	0,5-0,7
Acide folique	3-10
E; tocophérol	40-320

### **3. Récolte du pollen**

Selon **Melin (2002)**, la récolte du pollen va dépendre de la qualité et de la quantité des grains. Un grain très fin et trop agglutinant ne sera pas récolté préférentiellement (cas du troène); un grain trop gros sera également délaissé (cas de la mauve sauvage).

Ce sont les jeunes butineuses qui sont en principe chargées de la récolte du pollen. Leur objectif est d'amasser le pollen en boules pour pouvoir le rapporter à la ruche. A cet effet, l'abeille utilise ses trois paires de pattes. La première paire pour l'aider à rassembler le pollen qui est à l'état de poussière. Il se pose par contact sur l'ensemble de son corps quand elle vient sur la fleur. L'abeille peut aussi provoquer cette dépose sur son corps en libérant le pollen contenu dans les étamines s'il ne tombe pas de lui-même. Elle brosse donc ce pollen et le fait passer, par les pattes, de l'avant de son corps vers l'arrière. Les boules grossissent ainsi progressivement en arrivant jusqu'aux pattes postérieures. Là, l'abeille possède des poils qui agissent un peu comme des peignes et permettent de mieux former des boules de pollen et surtout de les retenir (**Campos et al., 2010**).

Afin d'arriver à une récolte significative, l'abeille va de fleur en fleur et continue jusqu'à ce que les boules soient assez grosses pour être rapportées. De retour à la ruche, elle dépose ce pollen dans des alvéoles de garde-manger. Le pollen est stocké au plus près du couvain car il entre prioritairement dans l'alimentation des larves. Il est pour l'abeille la nourriture de croissance, alors que le miel issu du nectar est sa nourriture à l'âge adulte. Les abeilles ont parfois la bonne idée de protéger le pollen, susceptible de moisir à l'humidité, en le recouvrant de miel et produisent ainsi ce que l'on appelle parfois le "pain des abeilles", qui associe pollen et miel (**Suc, 1996**).

L'évolution de la récolte du pollen au cours de l'année dépend nécessairement de l'environnement floral. Les saules et les arbres fruitiers sont les principales espèces qui contribuent aux récoltes printanières. Celles-ci représentent d'ailleurs souvent plus de la moitié du poids de pollen récolté sur

l'année. En fin de saison, les trèfles et le lierre participent aussi de manière significative aux récoltes **Melin (2002)**.

**DEUXIEME PARTIE**  
**MATERIELS ET METHODES**

Dans cette partie, l'objectif principal était d'identifier les plantes mellifères sur lesquelles les abeilles récoltent de nectar et d'évaluer la qualité des miels de la région d'étude. Donc cette recherche se propose de vérifier :

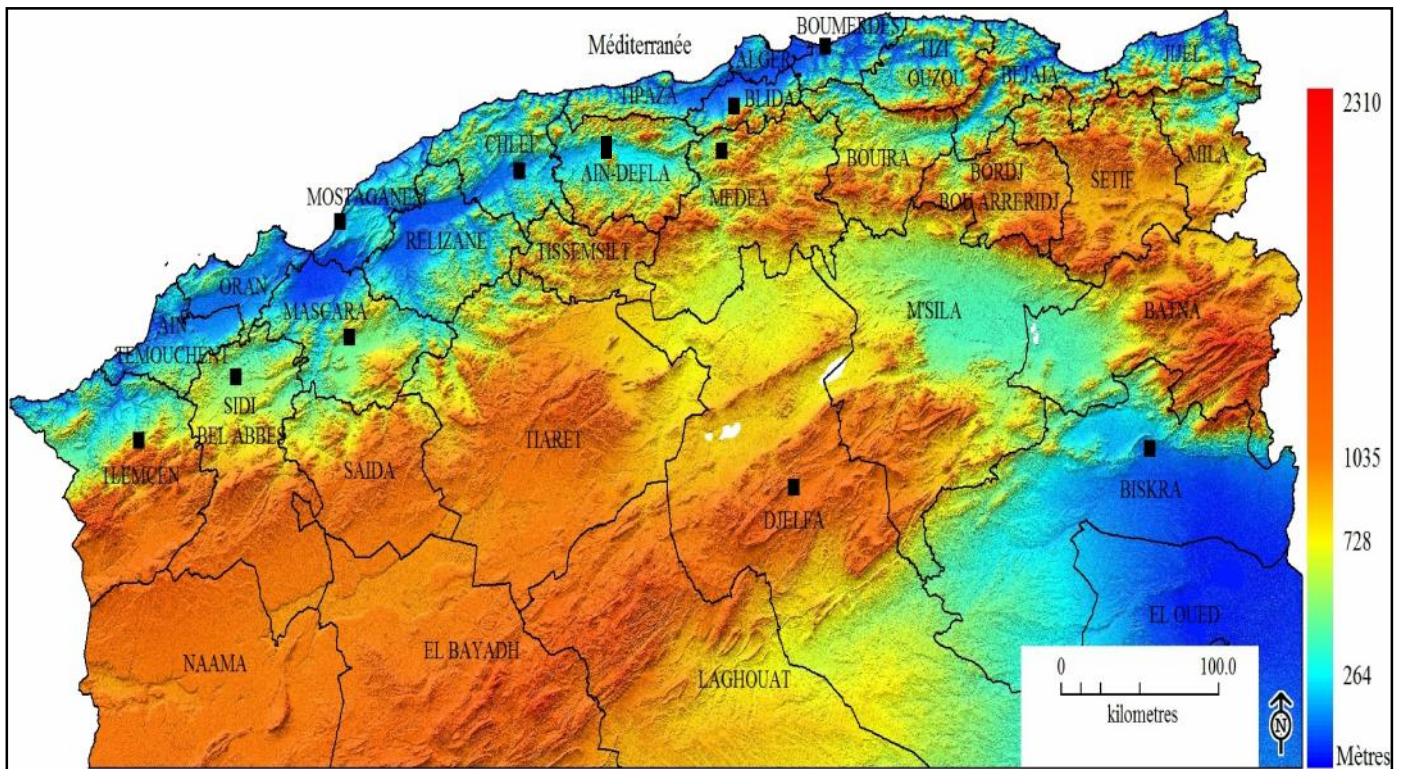
- ✚ Si les miels algériens sont conformes aux normes établis par le *Codex Alimentarius*;
- ✚ Si les échantillons de miels analysés correspondent aux noms commerciaux attribués par les apiculteurs ;
- ✚ Et si les miels de la région d'étude ont un effet antimicrobien.

### **1. Présentation de différents échantillons**

34 échantillons de miel ont été collectés sur 10 sites. Les échantillons ont été obtenus à partir des apiculteurs de différentes régions de l'Algérie.

Vingt quatre échantillons proviennent de la partie ouest, sept échantillons du centre et 3 en provenance du sud (figure 04).

Le tableau 8 indique les références des différents échantillons, l'origine géographique et l'appellation botanique. Les miels ont été récoltés entre 2006 et 2009.



**Fig. 4:** Carte de la région d'étude montrant les provinces des échantillons de miel.

■ Sites d'étude

Tableaux 08 : Présentation de différents échantillons

Échantillons	Origine géographique	Appellation initiale	Année de récolte
E1	Mascara	De mogntane	2006
E2	Mascara	D'oranger	2006
E3	Mascara	Multifloral	2006
E4	Mascara	Multifloral	2006
E5	Mascara	De foret	2006
E6	Mascara	De foret	2006
E7	Mostaganem	D'oranger	2006
E8	Mostaganem	D' <i>Eucalyptus</i>	2006
E9	Mostaganem	D' <i>Eucalyptus</i>	2006
E10	Mostaganem	D' <i>Eucalyptus</i>	2006
E11	Mascara	Multifloral	2007
E12	Blida	D'oranger	2007
E13	Boumerdess	D' <i>Eucalyptus</i>	2007
E14	Mascara	Multifloral	2007
E15	Media	D' <i>Eucalyptus</i>	2007
E16	Ain Defla	De foret	2007
E17	Mascara	Multifloral	2007
E18	Djelfa	De Sidr	2007
E19	Djelfa	De Sidr	2008
E20	Media	Toutes fleurs	2008
E21	Besikra	Moutarde blanche	2008
E22	Chlef	Miel de foret	2008
E23	Blida	Agrumes	2008
E24	SBA	Multifloral	2008
E25	Mascara	D'oranger	2008
E26	Mascara	Multifloral	2008
E27	Mascara	D'olivier	2008
E28	Mascara	D'oranger	2009
E29	Mascara	Toutes fleurs	2009
E30	SBA	Multifloral	2009
E31	Télemcen	De foret	2009
E32	Télemcen	De sidr	2009
E33	Mostaganem	D' <i>Eucalyptus</i>	2009
E34	Mascara	Multifloral	2009



## 2. Analyses physicochimiques

Le miel contient un très grand nombre de substances, mais il existe entre les miels des variations de composition relativement importantes qui sont liées à leurs origines florales et géographiques.

Les principaux paramètres de miel sont la coloration, l'humidité, la teneur en matières insolubles dans l'eau, la conductivité électrique, le pH et l'acidité, le spectre de sucres, 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**).

Parmi ces critères, trois traduisent plus particulièrement la qualité du miel :

- ✓ La teneur en HMF, liée à la transformation du fructose lors du chauffage ou du stockage du miel ;
- ✓ L'indice diastasique, représentatif de l'activité enzymatique de l'amylase ;
- ✓ La valeur de l'acidité libre associée au dosage des acides libres dans le miel, qui augmente lors de la fermentation.

Nous avons sélectionné certains paramètres qui nous permettront d'apprécier la qualité des miels étudiés, ces paramètres sont :

- La teneur en eau ;
- L'acidité ;
- Le pH ;
- La conductivité électrique ;

- Le taux de cendres ;
- La teneur en HMF ;
- L'activité de diastase;
- Les sucres.

### 2.1. Mesure de la teneur en eau

L'humidité du miel conditionne sa conservation plus elle est élevée, plus le miel risque de fermenter. La technique la plus simple pour mesurer le taux d'humidité dans un miel est la réfractométrie (**Guo et al., 2010**).

Les indices de réfraction des échantillons de miel ont été mesurés à en utilisant un réfractomètre d'Abbé. La teneur en eau a été mesurée en trois exemplaires, et le pourcentage d'humidité, ce qui correspond à l'indice de réfraction corrigé, a été calculée en utilisant la table de CHATAWAY (**Bogdanov, 2002**).

### 2.2. Mesure de la conductibilité électrique

La conductivité électrique représente un bon critère pour la détermination de l'origine botanique du miel. Cette mesure dépend de la teneur en minéraux du miel; plus elle est élevée, plus la conductivité électrique correspondante est élevée et il existe une relation linéaire entre ces grandeurs de mesures (**Acquarone et al., 2007**).

La conductivité électrique a été déterminée à 20°C en utilisant un conductimètre. Les déterminations ont été effectuées sur une solution aqueuse de miel à 20% (m/V) (**Leo et al., 2011**).

### 2.3. Mesure de l'acidité

L'étude de l'acidité d'un miel permet d'identifier son origine botanique. Les miels de nectar ont un pH faible (de 3,3 à 4,0) tandis que les miels de miellat ont un pH un peu plus élevé (de 4,5 à 5,5) (**Deschamps, 1998**).

L'acidité des différents échantillons de miel a été déterminée en utilisant un pH-mètre. 10 g de miel ont été dissout dans 75 ml d'eau distillée dans un erlenmeyer. En agitant (avec un agitateur magnétique), on a introduit continuellement dans la solution les électrodes du pH-mètre et on a continuellement déterminé le pH au fur et à mesure qu'on ajoute la solution titrant (NaOH 0,1 N) jusqu'à un pH de 8,5. Les résultats sont exprimés en milliéquivalent pour neutraliser 1kg du miel (**Iglesias et al., 2012**).

#### **2.4. PH**

Le pH des échantillons a été potentiométriquement déterminé en utilisant un pH-mètre (LEVEL L). L'électrode a été calibrée en utilisant des solutions tampon de pH 7 et 4. Le pH est mesuré sur une solution de miel à 10 % (p/v) (**Bogdanov, 2002 ; Gomes et al., 2010**).

#### **2.5. Mesure de taux cendres**

Le taux de cendre du miel est le pourcentage de matière minérale. Les cendres ont été obtenus par l'incinération du miel dans un four à une température de  $600 \pm 25^{\circ}\text{C}$  pendant 2 heures ; la proportion des cendres est exprimée par g/100g du miel (**Codex, 2001**).

#### **2.6. Détermination de la teneur en HMF**

L'analyse de la quantité d'hydroxyméthylfurfural (HMF) est une excellente méthode pour apprécier la qualité d'un miel : son vieillissement et son chauffage (**Rizelio et al., 2012; Bogdanov et al., 1997**).

Le taux d'HMF est mesuré à l'aide d'un spectrophotomètre à doubles rayons. Cette méthode détermine la concentration d'HMF des échantillons du miel, son principe est basé sur la détermination de l'absorbance UV de l'HMF à deux longueurs d'onde 284 nm et 336 nm. L'HMF est calculé après la soustraction des deux absorbances 284 nm et 336 nm (**Amr et al., 2007**).

## 2.7. Dosage des sucres par la méthode Lane-Eynon

Les critères de qualité du miel en ce qui concerne les sucres sont d'une part la quantité totale des sucres réducteurs (glucose et fructose), d'autre part, la teneur en sucre non réducteur (saccharose).

### *Sucres réducteurs*

La méthode est basée sur la capacité des sucres réducteurs de réduire l'hydroxyde cuivrique en oxyde cuivreux. On titre un volume donné de réactif de Fehling (10 ml ou 25 ml) à l'aide d'une solution sucrée de miel contenant les sucres réducteurs. L'indicateur bleu de méthylène est utilisé pour rendre plus claire la disparition de la couleur bleue du réactif de Fehling (point de virage). Le volume de solution sucrée utilisé pour le titrage est converti en mg de sucres réducteurs à l'aide d'une table de conversion (**Bogdanov, 2002**).

### *Sucres non réducteurs*

Le saccharose, un disaccharide non réducteur, ne peut donc pas être dosé directement par cette méthode. Cependant, il est possible de le doser indirectement en faisant d'abord une hydrolyse du saccharose, puis en appliquant la méthode sur les produits d'hydrolyse. En effet, l'hydrolyse du saccharose donne des quantités égales de D-glucose et de D-fructose (**Bogdanov, 2002**).

## 2.8. Détermination de l'indice diastasique

L'indice diastasique correspond au nombre d'unités d'amylase présentes dans 1 g de miel. Une unité correspond à la quantité d'enzyme ( - amylase) qui, en 1 heure de temps, hydrolyse 0,010 g d'amidon jusqu'au stade final fixé (transmission 50%) (**Sak-Bosnar et Saka , 2012**).

Le substrat est un polymère d'amidon couplée à un chromophore bleu lorsqu'il hydrolysé, le substrat libère des fragments soluble coloré, l'absorbance à 660 nm de la solution est proportionnelle à l'activité diastasique (**Iglesias et al., 2012**).

### 3. Méliissopalynologie

La présence de grains de pollen dans le miel en plus ou moins grande quantité est un phénomène remarquablement constant (**Huberson, 2001**).

La science qui se propose de déterminer l'origine florale des miels, s'appelle la méliissopalynologie (**Louveaux, 1970**). Elle permet d'identifier les plantes butinées à l'origine de la production du miel, ce qui est d'un grand intérêt dans la détermination des appellations et la détection des fraudes concernant l'étiquetage des produits (**Clément, 2002**).

#### 3.1. Principe de l'analyse pollinique

L'examen au microscope du miel permet d'en préciser l'origine florale. La méthode de l'analyse pollinique consiste à séparer les grains de pollen de la matière qui les entoure afin de pouvoir en observer la morphologie sur une lame microscopique (**Von der Ohe et al., 2004**).

Elle est applicable uniquement aux miels extraits par centrifugation car la composition en pollen est modifiée dans les miels obtenus par pression ou filtration (**Soria et al., 2004**).

L'analyse pollinique des miels demande beaucoup de patience et une certaine expérience pour une bonne identification des pollens (**Feás et al., 2010 ; Louveaux , 1978**).

Deux types d'analyse pollinique sont proposés par les laboratoires :

- ✚ L'analyse pollinique qualitative consiste en l'identification des pollens présents dans l'échantillon afin d'en déterminer globalement la nature : miel de montagne, miel de plaine, miel exotique, etc.
- ✚ L'analyse pollinique quantitative consiste de donner avec précision la quantité de pollen contenue dans chaque miel.

### 3.2. Techniques

L'extraction du pollen présent dans le miel est basée sur la différence de densité entre le pollen et le miel dilué (**Louveaux et al., 1978 ; Von Der Ohe et al., 2004**).

10 g de miel (pesés exactement à 0,1 g près) sont dissous dans 20 ml d'eau chaude (ne pas dépasser 40°C). La solution obtenue est centrifugée pendant dix minutes à 3500tr/min, le surnageant est jeté de façon à ne conservé que le culot.

Pour une meilleure élimination des sucres du miel il est recommandé de reprendre le dépôt par 10 ml d'eau distillée, de la transvaser dans un tube à centrifugation et de centrifuger à nouveau pendant dix minutes à 3500tr/min. On transfère le dépôt (au moyen d'une anse de platine ou d'une fine baguette de verre), autant que possible de façon quantitative, sur une lame porte-objet et on le répartit sur une surface d'environ 20 x 20 mm. Après séchage (plus avantageusement à la chaleur mais sans excéder 40°C) on l'inclut dans la glycérine-gélatine et on recouvre d'une lamelle.

### 3.3. Identification des grains de pollen

L'identification se fait au microscope à différents grossissements. On a observé l'ensemble de la préparation et noté toutes les espèces rencontrées jusqu'à ce qu'on ne trouve plus des espèces nouvelles (**Yang et al., 2012**).

La morphologie des grains est variée et caractéristique. Les caractères considérés sont la symétrie, la forme, les apertures (pores ou sillons) ainsi que l'ornementation de l'exine (**Punt et al., 1994**).

L'identification se fait avec l'aide des pollens de références, des atlas de pollen, des données tirées des publications spécialisées [**Clément (2002), Erdtman (1969), Faegri et Iversen (1975), Kremp (1965), Louveaux (1970), Reille (1990), Sawyer et Pickard (1981)**] et grâce aux banques de données numériques et bibliographiques du Centre d'Etudes Techniques Apicoles de Moselle (CETAM).

### *Expression des résultats*

Les résultats obtenus par l'analyse qualitative sont présentés sous forme de spectres polliniques. Le spectre pollinique d'un miel est la liste des taxons rencontrés dans ce miel avec leur fréquence relative. La fréquence relative, exprimée en pourcentage, a été obtenue en effectuant le rapport du nombre de grains de pollen d'un type pollinique sur la totalité de grains de pollens comptés dans une préparation, selon la formule suivante :

$$\mathbf{FR} = (n/N)*100$$

**FR:** Fréquence relative en %.

**n:** Nombre de grains de pollen comptés pour le taxon.

**N:** Nombre total de grains de pollens comptés.

#### *a) Présentation des pollens par classes de fréquence*

En méliissopalynologie en vue de l'interprétation, **Louveaux et al. (1970, 1978)**, **Von Der Ohe et al. (2004)** ont proposé quatre catégories de pollens suivant la valeur de la fréquence relative :

- ✚ Pollens dominants: FR > 45%
- ✚ Pollens d'accompagnement: FR varie de 16 à 45%
- ✚ Pollens isolés importants: FR varie de 3 à 15%
- ✚ Pollens isolés ou rares:FR < 3%

#### *b) Calcul de la fréquence d'apparition des taxons*

Les pollens qui sont souvent rencontrés dans les miels peuvent donner lieu à la détermination de l'origine géographique. La fréquence d'apparition des taxons dans les miels de même type a été calculée avec la formule suivante:

$$\mathbf{FA} = n / n_i$$

**FA:** Fréquence d'apparition du taxon en %.

**n:** Nombre d'échantillon contenant le taxon.

**n<sub>i</sub>:** Nombre total des échantillons.

Les taxons considérés comme les plus fréquents sont ceux avec une fréquence 50% (Louveaux et *al.*, 1978). Ils sont représentés sous forme de diagramme de fréquence

### 3.4. Dénombrement des grains de pollen

L'analyse pollinique quantitative permet de connaître la variation de la richesse en pollen des miels comme elle permet de donner avec précision la quantité de pollen contenue dans chaque miel (Yang et *al.*, 2012).

10 grammes de miel exactement pesés à 0,01g près sont dissous dans environs 20 ml d'eau chaude (pas plus de 40°C). On centrifuge la solution pendant dix minutes, on aspire par le haut avec précaution le liquide superflu de telle sorte que le sédiment reste recouvert par une colonne de liquide de 1 à 2 cm. On agite le sédiment et on transvase de façon quantitative dans un tube à centrifugation et on centrifuge à nouveau pendant dix minutes.

La suspension du culot est prélevée avec une micro pipette et de déposer sur une lame porte objet à raison de 0,01 ml/cm<sup>2</sup>.

Après séchage, on dépose une goutte de glycérine gélatinée, puis on recouvre avec une lamelle. La préparation est lutée au moyen d'une solution étendue de baume de canada.

La lame microscopique est observée dans son intégralité. Elle comporte tous les pollens contenus dans 10g de miel.

Le nombre absolu de pollens dans 10 g de miel (PG/10g) est calculé d'après la formule suivante:

$$N = (F * n) / (f * a)$$



**N:** Nombre de grains de pollen contenu dans le volume de la suspension.

**F:** Surface de la lame sur laquelle, on étalé le volume de la suspension examiné (mm<sup>2</sup>)

**n:** Nombre de grains de pollen comptés sur l'ensemble des champs examinés.

**f:** Surface d'un champ de microscope (mm<sup>2</sup>)

**a:** Nombre de champs comptés

### ***Expression des résultats***

La fréquence absolue ou teneur en grains de pollen par 10g de miel est une constante qui permet de caractériser les miels. **Maurizio (1968)** a classé les miels en cinq catégories suivant la teneur absolue en pollen N. Ce sont :

- ✚ Classe I :  $N < 20.000$
- ✚ Classe II :  $20.000 < N < 100.000$
- ✚ Classe III :  $100.000 < N < 500.000$
- ✚ Classe IV :  $500.000 < N < 1.000.000$
- ✚ Classe V :  $N > \text{à } 1.000.000$ .

Les investigations menées sur un grand nombre de miels ont permis d'établir la correspondance entre les différentes classes préconisées par MAURIZIO et les types de miels. Selon **Louveaux et al., en 1970, 1978** :

- ✚ La classe I comporte les miels de fleurs pauvres en pollen et miels de miellat,
- ✚ La classe II renferme la plupart des miels de fleurs,
- ✚ La classe III comprend les miels riches en pollen,
- ✚ La classe IV correspond à des miels très riches en pollen,
- ✚ La classe V indique les miels des fleurs extrêmement riches en pollen ou miels de presse.

#### 4. Détermination de l'activité antimicrobienne des miels

Dans le but de déterminer l'action antimicrobienne du miel. Nous avons choisi deux souches bactériennes et un champignon microscopique potentiellement pathogènes:

✚ *Escherichia coli* (ATCC 25922) ;

✚ *Staphylococcus aureus* (ATCC 25213);

✚ *Candida albicans* (ATCC 10231).

##### 4.1. Préparation des suspensions

Les suspensions bactériennes sont préparées à partir des pré-cultures de 24 heures à 37°C, dans un bouillon nutritif et ajustées à  $1 \times 10^6$  UFC/ml par mesure de la transmission optique à 640 nm pour *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus* (Ahmed et al, 2012 b).

Les suspensions de cellules végétatives de levures (*Candida albicans*), sont préparées dans 10 ml de solution de Tryptone-sel. Le nombre de cellules de la suspension est ajusté à une valeur de  $1 \times 10^6$  UFC/ ml par mesure de la transmission optique à 640 nm (Candiracci et al., 2012).

##### 4.2. Détermination de l'effet antimicrobien des miels

L'évaluation du pouvoir antimicrobien du miel est réalisée par la technique de diffusion en gélose (Méthode des aromatogrammes) (Ahmed et al, 2012a).

###### *Principe*

Cette méthode repose sur le pouvoir migratoire des miels à l'intérieur d'une boîte de Pétri, dans un milieu nutritif solide.

La culture bactérienne est ensemencée à la surface d'une gélose spécialement étudiée, la gélose de Mueller-Hinton. Des disques pré-imprégnés d'une dose connue de miel sont déposés à la surface de la gélose. Le miel diffuse à partir du disque en créant un gradient de concentration. La détermination du diamètre de la zone d'inhibition permet une estimation de la concentration minimale inhibitrice.

### ***Technique***

Le milieu de culture utilisé est la gélose Muller-Hinton (4mm d'épaisseur) en surfusion est coulé dans des boites de Pétri. L'ensemencement de l'inoculum de 1ml est réalisé en surface (ensemencement en nappe) après la solidification du milieu. Le surplus d'eau est évaporé dans l'hotte jusqu'à ce que la gélose soit sèche. Les disques d'aromatogrammes dont le diamètre est de 0.5 cm sont imprégnés dans des dilutions des miels étudiés et disposés à la surface des boites en appuyant légèrement à l'aide d'une pince stérile. Chaque disque est imprégné d'une quantité variable (25  $\mu$ l à 100  $\mu$ l) de miel sélectionné. Les dilutions (A, B, C, D) sont respectivement (25%, 50%, 75% et 100%).

La boite est ensuite fermée et incubée dans l'étuve à 37° pendant 24 heures. Après l'incubation, l'absence de la croissance bactérienne se traduit par un halo translucide autour du disque, identique à celui de la gélose stérile.

On a fait les mêmes étapes pour chaque souche bactérienne et chaque échantillon de miel étudié.

### ***Lecture***

Elle consiste à mesurer avec précision les diamètres des zones d'inhibition qui apparaissent autour des disques d'aromatogramme à l'aide de pied à coulisse. Une bactérie est considérée sensible si le diamètre de la zone d'inhibition est supérieur à 8 mm (**Ahmed et al., 2012a**). Cette sensibilité augmente en fonction du diamètre de cette zone d'inhibition.

## **5. Analyses statistiques des résultats**

Les données collectées ont été traitées en utilisant une combinaison de méthodes statistiques. Une première approche basée sur l'utilisation de l'Analyse en Composantes Principales (ACP) et une seconde représentée par l'analyse par la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) à l'aide de deux logiciels MINTAB et STATISTICA.

L'ACP est un outil d'analyse de données qui permet d'expliquer la structure des corrélations ou des covariances en utilisant des combinaisons linéaires des données originelles. Son utilisation permet de réduire et d'interpréter les données sur un espace réduit (**Lagarde, 1995**).

La CAH est un outil puissant pour analyser des données des paramètres physicochimiques des miels et pour décrire les degrés de similarité entre les échantillons des miels étudiés en utilisant leurs spectres polliniques. La matrice des données de pourcentage d'apparition des variables a été étudiée. La liaison est située à une distance d'autant plus faible que les échantillons sont semblables c'est-à-dire plus le taux de similarité est faible, plus l'origine géographique et l'origine florale des échantillons des miels se rapprochent. Ceux qui sont similaires sont reliés entre eux.

TROISIEME PARTIE  
RESULTATS ET DISCUSSIONS

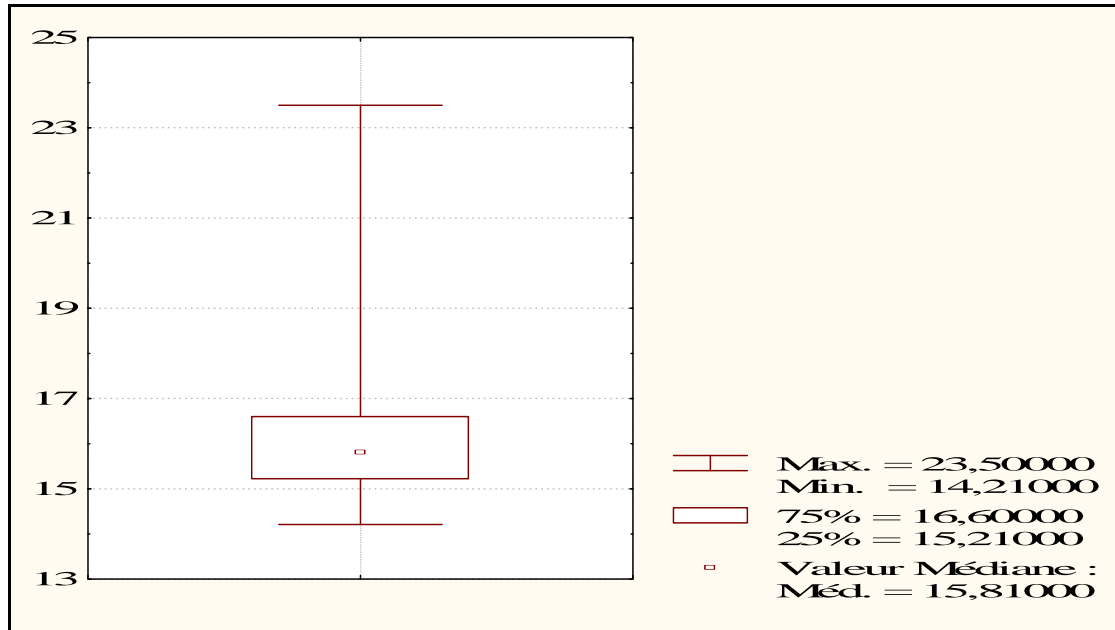
## 1. Analyses physico-chimiques

### 1.1. Teneur en eau

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

Les valeurs de la teneur en eau des échantillons de miel analysés oscillent entre 14,21 et 23,5%, correspondant à des indices de réfraction compris entre 1,4260 à 1,5660 (fig. 5). La majorité des miels ont présenté une teneur en eau inférieures à 18 % qui sont le maximum permis par le Codex Alimentaire Européen à l'exception des échantillons E24, E30 et E34 qui possèdent des teneurs en eau supérieures à la norme. Ceci pourrait être du à la manière de la récolte de ces miels.

**Ouchemoukh et al. (2007)** ; **Makhloufi et al. (2010)** ; **Benaziza-Bouchema et Schweitzer (2010)** ; **Chefrour et al. (2007)** ; **Beneddouche et Dahmani (2011)** ont trouvé des teneurs en eau allant de 14 à 21% pour 168 miels algériens. Pour les miels tunisiens l'humidité varie de 16,0 à 21,8% (**Jilani et al., 2008**). **Terrab et al. (2003a)** ont trouvé une valeur moyenne de 17,5% dans 29 miels marocains.



**Fig. 5** : variation de la teneur en eau des miels analysés

Les fortes teneurs en eau proviendraient d'une récolte trop précoce ou sont seulement dues à l'hygroscopicité du miel (**Tchoumboue et al., 2001 ; 2007**).

Par conséquent, la teneur en eau est une fonction complexe d'un grand nombre de variables, pratiques d'extraction et maniement du produit, nature hygroscopique du produit qui dépend à son tour aux conditions climatiques, la période de l'année (printemps et été), l'humidité initiale du nectar, le degré de maturation atteint, ainsi que de son origine géographique (**Salamanca et al., 2002**).

L'humidité du miel varie largement en fonction de l'origine florale, du climat et de la teneur en eau du nectar et/ou du miellat (**Nanda et al., 2003**).

L'humidité des échantillons de miels analysés présente une différence hautement significative ( $p < 0,01$ ).

En outre, comme l'humidité ambiante diffuse lentement au sein du miel, on doit éviter l'exposition à des atmosphères d'incorporation (humidité relative) pour éviter la croissance de champignons aérobies à la surface

(Costa et *al.*, 1999 ; Downey et *al.*, 2005). Etant donné que les échantillons analysés sont mûrs, ils ne risquent pas de fermenter dans de bonnes conditions de stockage exception faite pour l'échantillon E24, E30 et E34.

La qualité du miel se conserve mieux lorsque celui-ci est entreposé dans un endroit frais et secs, si le miel est contenue dans les récipients non étanchée entreposé dans un endroit humide, il va absorber de l'eau ce qui peut mener à une fermentation (Cervantes et *al.*, 2000).

## 1.2. Conductibilité électrique

La conductivité électrique est un paramètre qui montre une grande variabilité liée à l'origine florale, il est considéré comme l'un des meilleurs paramètres pour la différenciation entre les miels de différentes origines florales (Terrab et Heredia, 2004 ; Terrab et *al.*, 2004).

La conductivité électrique permet de distinguer aisément des miellats des miels de fleurs, d'après Dawney et *al.*, (2005) ; les miels de miellat, possèdent une conductibilité électrique beaucoup plus élevée que les miels de fleurs.

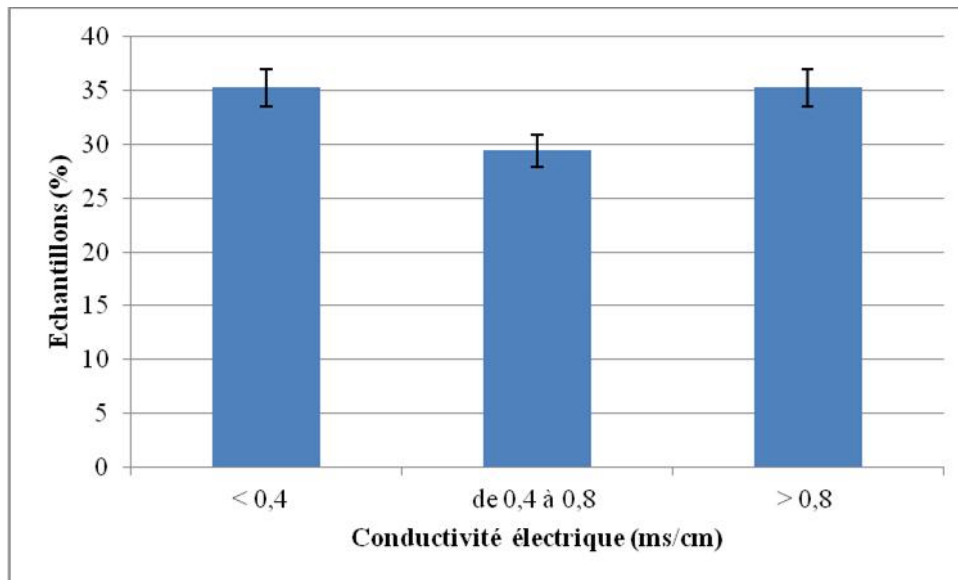
D'autre part la conductibilité électrique d'un miel est en rapport avec sa couleur, selon Gonnet (1984) ; Kaškonien et *al.* (2010) ; Louvaux (1980), les miels foncés conduisent mieux le courant électrique que les miels clairs.

Alqarni et *al.* (2012) ; Piazza et *al.*, (1991) ont indiqué qu'il existait une corrélation entre le contenu de substances minérales et le couleur, étant les miels plus foncées celles qui présentent un contenu de cendres plus important. Les résultats trouvés dans notre travail confirment cette hypothèse. Les teneurs en matières minérales et conductibilité électrique évoluent dans le même sens.

Il y a une différence significative ( $p < 0,05$ ) entre la plupart des résultats obtenus. Ces derniers varient entre 0,10 et 2,40 ms/cm. Par conséquent, les échantillons de miels pourraient être d'origine multiple (nectar et meillat). Les miels de miellat sont, en général, beaucoup plus minéralisés que les miels de nectar, donc ont une conductivité plus élevée (Kaškonien et *al.*, 2010) .



La figure 6 montre que la conductivité électrique des miels étudiés est assez élevée avec une moyenne de 0,68 ms/cm ; 35,29% des échantillons ont des valeurs supérieures à 0,8 ms/cm.



**Fig. 6 :** La distribution des échantillons de miel en fonction de la conductivité électrique

En comparant les résultats que nous avons obtenus avec ceux précédemment publiés par d'autres auteurs, on remarque qu'ils sont inclus dans l'intervalle trouvés par **Luque (2009)** (0,155 ms/cm – 2,02 ms/cm) ainsi que celui obtenu par **Persano Oddo et Piro (2004)** (0,08 – 2,09).

La conductivité électrique de nos miels est similaire à celle obtenue dans 151 miels algériens (0,10 à 1,61 ms/cm) (**Beneddouch et Dahmani, 2011**) ; (**Ouchemoukh et al. 2007**) ; (**Makhloufi et al. 2010**) ; (**Benaziza-Bouchema et Schweitzer, 2010**)

La variabilité des résultats est due à la fluctuation des concentrations en sels minéraux, en acides organiques et protéines (**Terrab et Heredia, 2004** ; **Terrab et al., 2004**).

### 1.3. Acidité libre

L'acidité est un critère de qualité 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 dont certains sont libres et d'autres combinés sous forme de lactones. Certains de ces acides proviennent du nectar ou du miellat mais leur origine principale provient des sécrétions salivaires de l'abeille; le principal acide dérive du glucose sous forme d'acide gluconique. Sa formation s'accompagne de dégagement d'eau oxygénée (**Gomes et al., 2010; Bogdanov et al., 2004 ; Louveaux, 1968**).

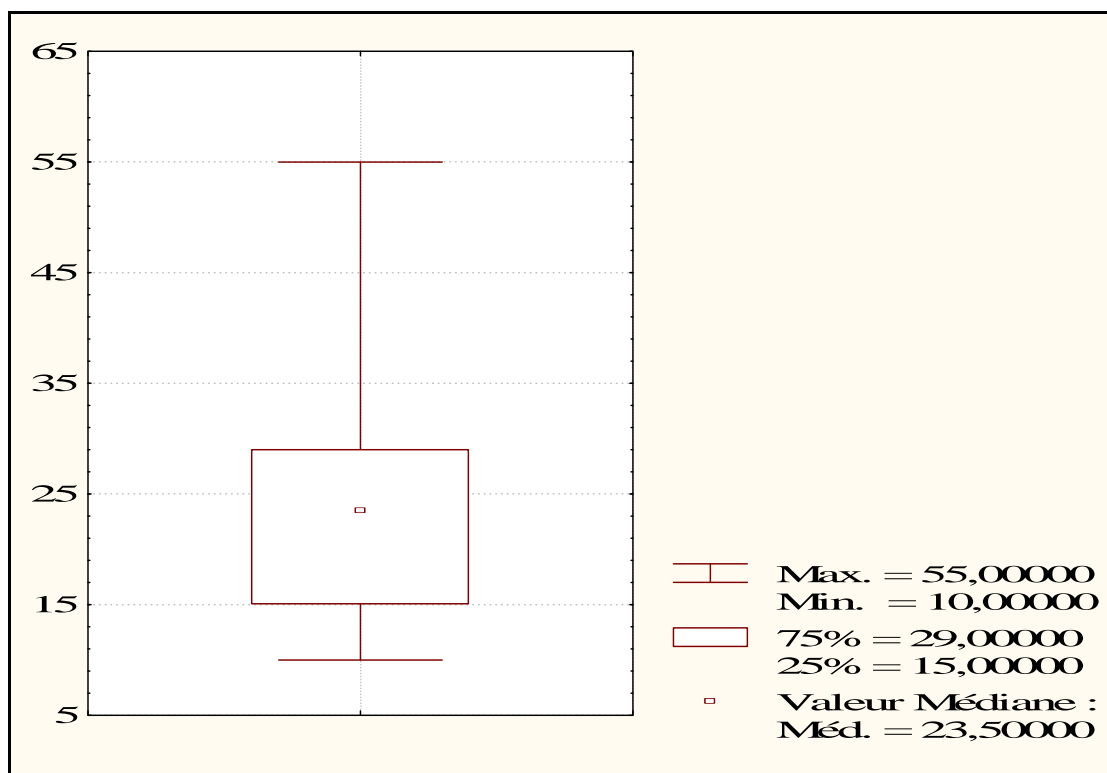
La fermentation du miel provoque une augmentation de l'acidité dans le miel, bien qu'il existe une fluctuation naturelle considérable. L'ancienne norme prescrit une valeur maximale de 40 milliéquivalents/kg. Dans le projet du Codex Alimentarius, elle a été augmentée à 50 milliéquivalents/kg, étant donné qu'il existe quelques sortes de miels qui ont une teneur naturelle en acide plus élevée (**Cavia et al., 2007**).

En analysant les résultats expérimentaux obtenus, on peut remarquer des différences hautement significatives entre les échantillons ( $p < 0.01$ ). Ces différences sont déterminées tant par la région géographique, comme pour l'origine florale (**Terrab et al., 2002**).

Les taux d'acidité libre varient de 10 à 55 meq/kg avec une moyenne de 23,01 meq/kg (fig. 7). L'ensemble des échantillons a démontré des teneurs en acidité en accord avec les critères de conformité (**Acquarone et al., 2007 ; Bogdanov, 1999**) à l'exception d'un seul échantillon (E31) présentant une acidité très élevée par rapport à la norme (50 meq/kg). Ces résultats concordent avec les données rapportées par **Beneddouché et Dahmani (2011)**.

De ce fait le miel n° 31 est considéré comme un produit fragile pour la conservation car l'acidité forte de milieu favorise la dégradation des hexoses en

HMF qui déprécie la qualité du miel (Ajlouni et Sujirapinyokul, 2010 ; Fallico et al., 2004).



**Fig. 7:** Variation de l'acidité libre des miels analysés.

En conclusion, beaucoup sont les facteurs qui déterminent les valeurs d'acidité des miels, mais indubitablement celui d'un plus grand poids est l'origine florale. En outre les caractéristiques saveurs et arôme sont en rapport avec l'acidité puisque cette dernière détermine le goût et la plus grande ou plus petite libération des composés volatils responsables de l'arôme (Pataca et al., 2007; Lazarevi et al., 2012)

#### 1.4. pH

Le pH ou potentiel d'hydrogène ou indice de Sorensen est défini comme le cologarithme de la concentration en ions H dans une solution. Pour le miel, est un indice de la "réactivité acide" du produit (Vanhanen et al., 2011 ; Louveaux, 1985).

Les miels de nectar ont un pH faible (de 3,3 à 4,5) tandis que les miels de miellat ont un pH un peu plus élevé (Pesenti et al., 2008).

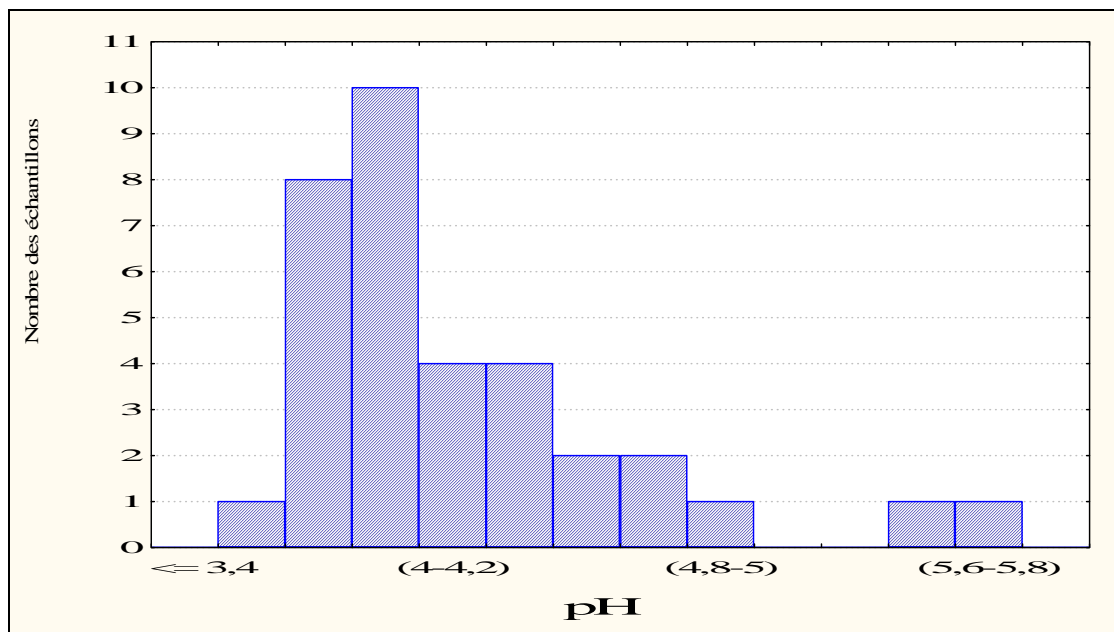
Les valeurs du pH obtenues varient entre 3,58 et 5,7 ; ces résultats confirment le caractère acide du miel (**Nanda et al., 2003**).

Il n'y a pas de limites fixes pour des valeurs de pH mais ce paramètre peut être utilisé comme une indication de l'origine botanique (**Vanhanen et al., 2011**).

Deux échantillons possèdent un pH de 5,52 et 5,70 (E18 et E26) donc ces miels pourraient être d'origine de meillat.

Ces résultats rentrent dans l'intervalle des pH trouvés par **Makhloufi et al. (2010)** sur 66 miels algériens (3,40 à 6,23) et concordent avec ceux obtenus par d'autres auteurs [**Osman et al. (2007)** ; **Sodré et al. (2007)**; **Welke et al. (2008)**; **Carvalho et al. (2009)** **Malacalza et al. (2005)**; **Acquarone et al. (2006)**; **Baroni et al. (2009)**; **Corbella et Cozzolino (2006)**].

La majorité des résultats présentent une différence significative ( $p < 0,05$ ). Cette différence est due au type de fleur et à l'origine géographique des miels (**Khalil et al., 2012**).



**Fig. 8:** Répartition du pH dans les échantillons de miel analysés

### 1.5. Cendres

Les cendres représentent le résidu minéral du miel après incinération. La détermination des cendres offre la possibilité de connaître la teneur en matière minérale globale du miel (**Silva et al., 2009**).

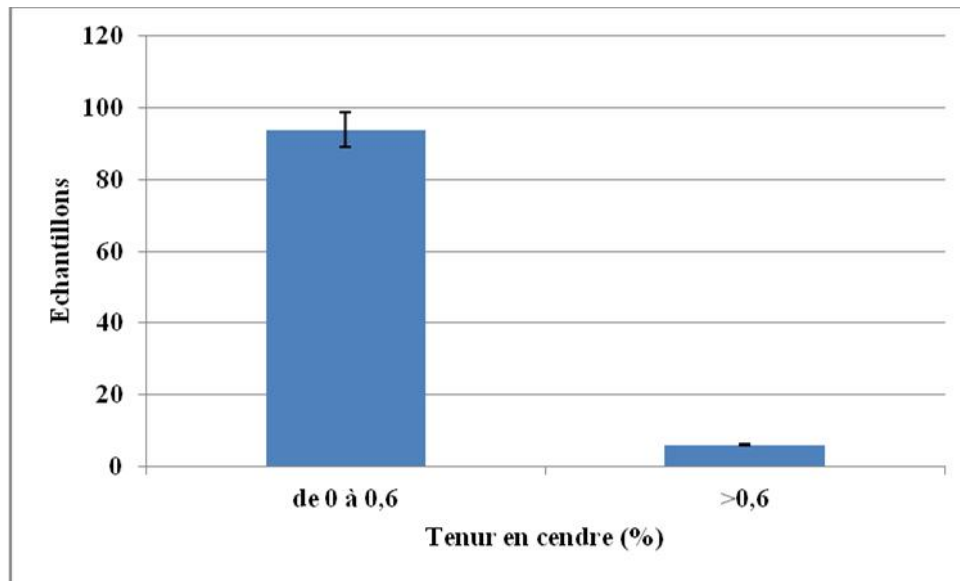
Les résultats des analyses, révèlent que nos échantillons sont minéralisés (0,01 - 1,294) (figure 9). Ces résultats se rapprochent de ceux rapportés par **Alqarni et al. (2012)** qui trouvent des teneurs en cendre allant de 0,043 à 1,723%.

Pour **Ouchmoukh et al. (2007)**, les substances minérales de 11 échantillons de miel algérien varient de 0,09 à 0,54%.

Les valeurs de cendres obtenues ont été dans tous les cas inférieures à 0.6% sauf pour deux échantillons E 11 et E 29. Ceci indiquerait que tous les miels étudiés sont d'origine florale, à l'exception des échantillons E11 et E29 qui proviennent d'un mélange de deux origines (nectar et miellat) ; puisque cette valeur est supérieure à celle exigé par le Codex Alimentarius, qui établit un maximum de 0.6% pour miels de fleurs et de 1% pour miels de miellat (**Terrab et al., 2005**).

Les cendres sont déterminées par le contenu de substances minérales du miel. Ce contenu dépend fondamentalement et quantitativement aux caractéristiques du sol et du climat de la région d'origine du miel (**Vanhanen et al., 2011 ; Terrab et al., 2004 ; White, 1978**).

**Feás et al. (2011) ; White et al., (1980) ; Felsner et al. (2004)** ont confirmé l'existence d'une relation entre la couleur des miels et leurs teneurs en cendres. Les miels claires sont nettement moins riches en cendres que les miels foncés, c'est le cas des échantillons E1, E2, E3, E6, E9 et E32 qu'ils sont les plus pauvres en minéraux.



**Fig.9:** Répartition des cendres dans les échantillons de miel analysés

### 1.6. HMF

L'hydroxyméthylfurfural (HMF) est un sucre de dégradation du fructose, naturellement présent dans tous les miels à la récolte à l'état de trace; (1 à 3mg/kg) (Fallico et al., 2004 ; Makhloufi et al., 2010). Ce taux augmente avec le chauffage et le vieillissement du miel (Marceau, et al., 1994 ; Khalil et al., 2010) .

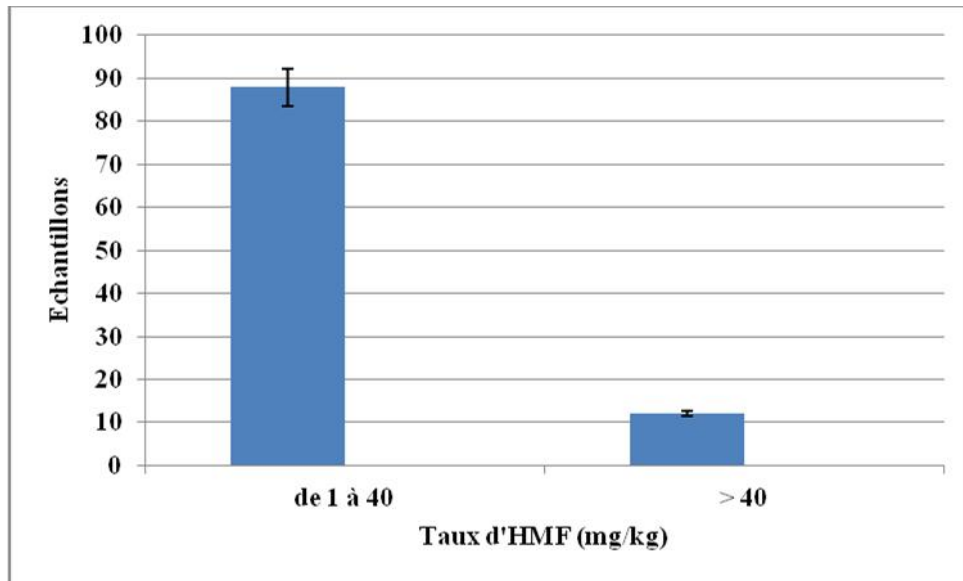
La concentration en HMF est reconnue comme indicateur du niveau de fraîcheur du miel (Corbella et Cozzolino, 2006), critère important pour la détection des miels surchauffés, d'autant que l'HMF est présent en quantité faible ou absent dans les miels frais (Karabourniotti et Zervalaki, 2001).

Les valeurs obtenues pour l'hydroxyméthylfurfural (HMF) se situent entre 1,02 mg/kg et 64,37 mg/kg. Les recommandations de l'Union européenne (2002) fixent un maximum de 40 mg d'HMF/kg de miel (Turhan et al., 2008 ; Bogdanov et al., 1997 et Kowalski, 2013 ).

Les échantillons E23, E25, E31 et E33 présentent des valeurs en HMF dépassant cette norme (figure 10). Ceci pourrait être expliqué par un traitement thermique de ces échantillons et/ou un stockage dans de mauvaises conditions (Zappalà et al., 2005; Tosi et al., 2002).

LHMF s'élabore dans tous les miels conservés à la température ambiante au cours du vieillissement (Kahraman et al., 2010; Gonnet, 1963).

**Makhloufi et al. (2010) ; Benaziza-Bouchema et Schweitzer (2010) ; Bendeddouche et Dahmani (2011)** ont trouvé des valeurs en HMF allant de 0 à 598,8 mg/kg pour 140 miels algériens. Des teneurs minimales en HMF ont été enregistrés dans deux miels Australiens (1,35 et 1,12 mg/kg) (**Ajlouni et Sujirapinyokul, 2010**).



**Fig. 10:** Répartition de l'HMF dans les miels analysés

### 1.7. Diastase

L'indice diastasique représente l'activité enzymatique de l'amylase dont la valeur, malgré une variabilité naturelle, traduit la dégradation des enzymes naturelles du miel (**Sak-Bosnar et Saka , 2012**). La grande variabilité de ce paramètre et le fait qu'il dépend fortement de l'origine botanique du miel ont été confirmés et quantifiés par **Persano et al. (1990)**.

L'importance de cette enzyme réside dans le fait que sa présence dans le miel est considérée comme un indice de qualité (**Kahraman et al., 2010**). Ainsi, le Codex Alimentarius inclut sa détermination comme un standard de qualité (**Aldcorn et al., 1985 ; Makhloufi et al., 2007**).

L'activité de diastase, est influencée par le stockage (plus le stockage est long, plus l'activité de diastase est diminuée) et le sur chauffage du miel (**Simsek et al., 2012**).

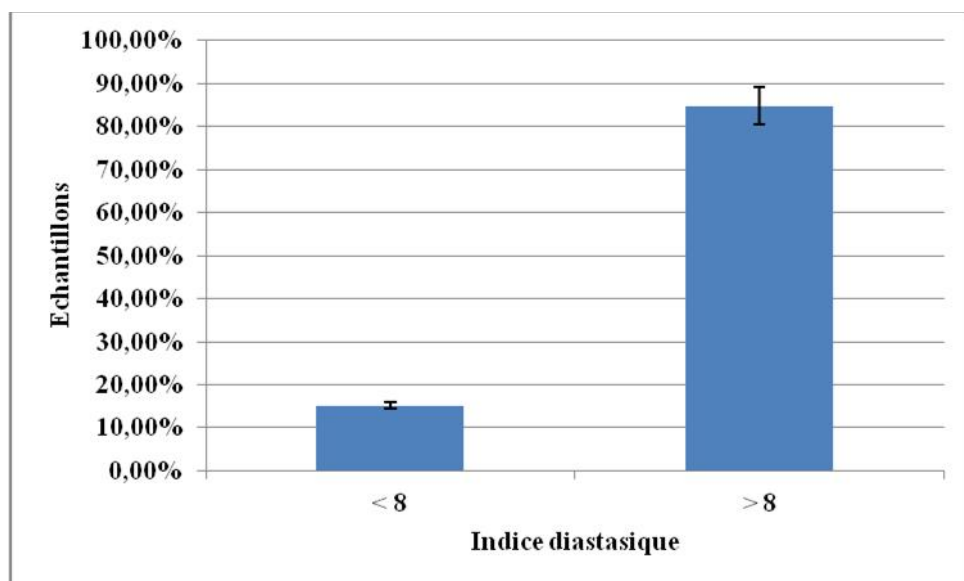
**Yilmaz et Kufrevioglu (2001)** trouvent que le stockage a une influence marquante sur l'augmentation de la teneur en HMF et la diminution de l'indice diastasique (ID).

L'union européenne et le codex Alimentarius proposent le 8 comme valeur minimal de l'indice diastasique pour les miels en général, et que certain miels tel que les miels monofloraux ont une activité diastasique naturellement basse (**Serrano et al., 2007**).

En analysant les résultats expérimentaux obtenus (fig 11), on peut remarquer des différences significatives entre les échantillons ( $p < 0,05$ ). L'activité diastasique des échantillons de miel étudiés varie entre 5,00 unités de Schade et 37,5 unités de Schade. 85% des échantillons sont considérés comme des miels frais, de qualité conforme aux normes.

L'indice diastasique est diminué dans les échantillons E13, E23, E25, E31 et dans le miel E33. Cette réduction pourra être expliquée par le vieillissement de ces échantillons ou bien la pauvreté naturelle en enzymes (**Tosi et al., 2008**).

L'activité diastasique de 66 miels algériens varie de 4 à 40 (**Makhloufi et al., 2007; 2010**) ; **Meda et al. (2005)** ont trouvés des indices diastases variant de 17,1 à 27,9.



**Fig. 11:** Variation de l'activité de diastase des miels analysés



La valeur de diastase dépend de l'origine du miel et peut varier dans de très larges limites (**Ajlouni et Sujirapinyokul, 2010** ; **Ramirez et al. 2000**; **Persano et al., 1990**).

### 1.8. Sucres

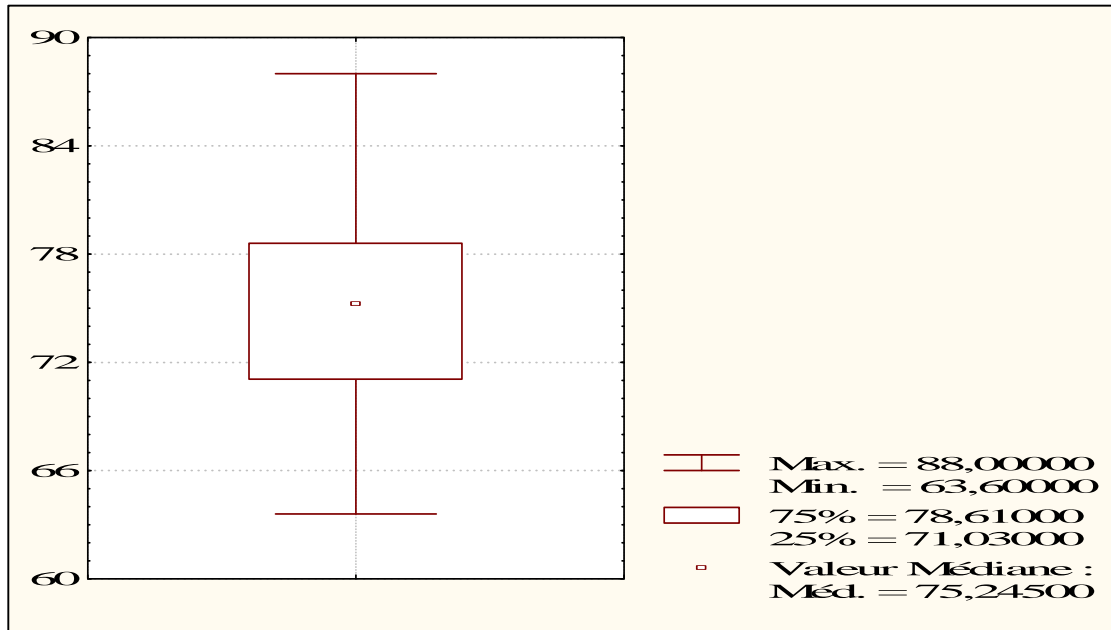
Les critères de qualité du miel en ce qui concerne les sucres sont d'une part la quantité totale de glucose et fructose, d'autre part, la teneur en saccharose (**Bogdanov et al., 1997** et **Cordella, 2003**).

**Pataca et al. (2007)**, démontrent que le glucose et le fructose dominent nettement ; les autres sucres peuvent se trouver à l'état de traces ou en quantité plus ou moins importantes mais toujours dans des proportions ne dépassant pas quelques pour cent (**Ouchemoukh et al., 2010**).

#### a) Sucres réducteurs

Le miel est une solution extrêmement concentrée de sucres simples, parmi ces sucres, figurent le fructose et le glucose, que l'on trouve en quantité voisine dans les miels (**Tosun, 2013**).

L'analyse quantitative des sucres montre que la teneur en sucres réducteurs des miels analysés varie entre 63,6 % et 88 % avec une moyenne de 74,99% (figure 12); la majorité des résultats présentent une différence significative ( $p < 0,05$ ). **Crane (2003)** a montré que, la composition du miel en sucres varie aussi en fonction de nombreuses facteurs: botanique, nature de la fleur et facteur météorologiques influant sur la miellée, ...etc.



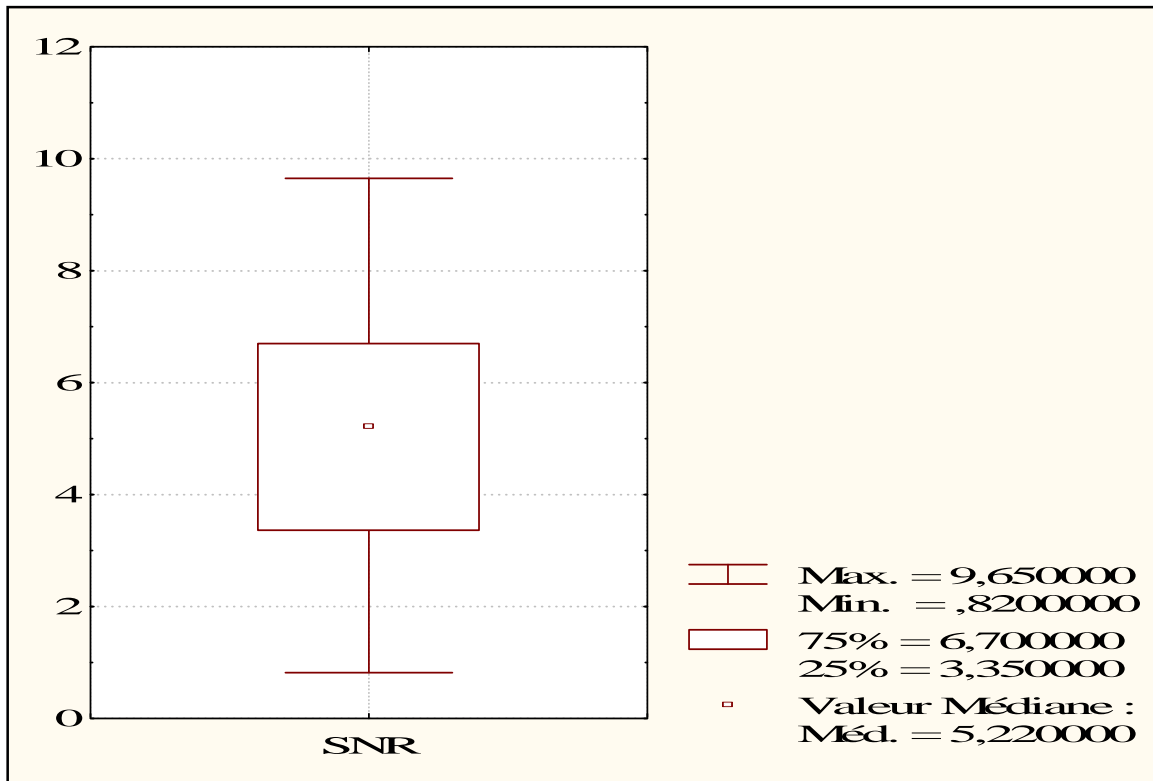
**Fig. 12** : variation en sucres réducteurs des miels analysés

La législation du Codex alimentarius prévoit que la teneur apparente en sucres réducteurs exprimés en sucres invertis ne représente pas moins de 60%. Par rapport aux résultats recueillis de nos échantillons, on remarque que les teneurs en sucres réducteurs dépassent cette valeur (**Terrab et al., 2001** ; **Nagai et al., 2002**).

Ces résultats concordent avec ceux obtenus par **Ouchemoukh et al. (2007)** sur 11 miels algériens (67.83 à 80.25).

**b) Sucres non réducteurs**

Les proportions des sucres non réducteurs sont minimales variant entre 0,82 jusqu'à 9,65% pour l'ensemble des échantillons. D'après **Bocquet (1993); Azeredo et al. (2003)**, la limite maximale est de 10 % par rapport à nos résultats, les échantillons sont conformes aux normes.



**Fig. 13 :** Variation en sucres non réducteurs des miels analysés

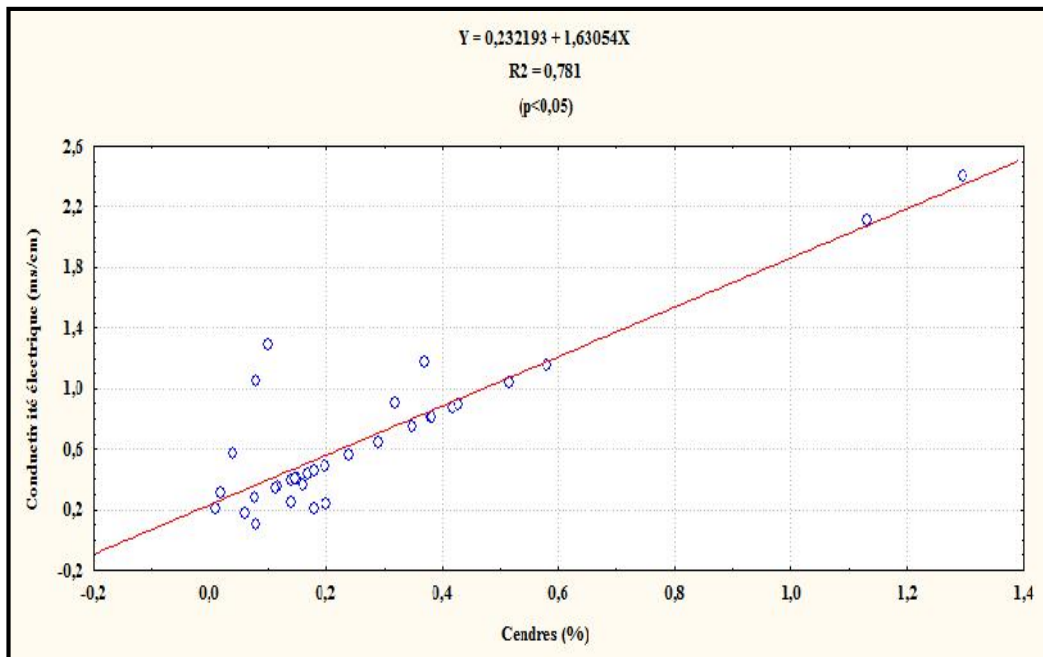
### 1.9. Relation entre la conductivité électrique et les cendres

Puisque les teneurs en matières minérales et la conductibilité électrique évoluent dans le même sens, donc il est possible qu'il existe une relation entre les deux variables.

La figure 14 montre une corrélation positive entre la teneur en minéraux et le taux de la conductivité électrique ; la tendance est linéaire, le coefficient de corrélation  $R = 0,883$ , ce qui indique que cette corrélation est élevée.

**Salamanca et Serra, (2002)**, ont trouvé une dépendance linéaire entre les deux paramètres.

**Acquarone et al. (2006)** ont rapporté des résultats similaires et ont suggéré que la relation était due à la concentration totale d'ions dans le miel.



**Fig. 14:** Relation entre la conductivité électrique et le taux de cendres.

## 2. Analyse pollinique

Les résultats d'analyses polliniques présentent divers intérêts : tout d'abord ils constituent la base d'un premier référentiel sur les miels de la région d'étude (**Terrab et al., 2002**).

Dans cette étude, 34 échantillons provenant de différentes régions de l'Algérie ont été analysés.

Pour l'ensemble des miels analysés, 47 types polliniques répartis dans 30 familles de plantes ont été recensés. Le tableau 26 de l'annexe II présente la liste des taxons rencontrés.

La documentation 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 où le terme « Type » a été employé, comme par exemple Type *Poaceae*. Toutefois, certains pollens ont dû être classés indéterminés.

### 2.1. Résultats par région de production

Les résultats des analyses polliniques sont présentés suivant les régions de production des miels.

#### 2.1.1. Résultats de l'analyse pollinique des miels de l'ouest Algérien

##### a) Analyse pollinique qualitative

###### *Spectres polliniques*

Le tableau 9 présente les spectres polliniques de l'ensemble des échantillons de miels de l'ouest Algérien. Le nombre total des taxons rencontrés est de 46 types polliniques appartenant à 29 familles de plante. Le nombre de taxons varie de 6 à 12. La fréquence relative (FR) des types polliniques varie de 0,10 (*Pinus* sp.) à 92% (*Eucalyptus* sp.).

###### *Regroupement des pollens par catégorie de fréquence*

Le tableau 10 montre les catégories de pollens d'après la classification établie par **Louveaux et al. (1978)**. 75% des échantillons montrent un pollen dominant (FR 45%) sauf 6 échantillons de miel qui ne présentent pas de pollen dominant.

Les pollens dominants sont :

- ✚ *Citrus* sp. (7échantillons)
- ✚ *Eucalyptus* sp. (5 échantillons)
- ✚ *Hedysarum coronarium* (2 échantillons).
- ✚ *Lavandula stoechas* (2 échantillons).
- ✚ *Lavandula angustifolia* (un échantillon).
- ✚ *Thymus vulgaris* (un échantillon).

Les pollens d'accompagnement (16 FR 45%) sont :

- ✚ *Eucalyptus* sp. (12 échantillons)
- ✚ *Hedysarum coronarium* (4 échantillons).
- ✚ *Olea europea* (4 échantillons).
- ✚ *Pimpinella anisum* (2 échantillons).
- ✚ *Prunus/pyrus* (2 échantillons).
- ✚ *Rosmarinus officinalis*, *Daucus carota* et *Sedum* sp.

Les pollens isolés importants (3 FR 15 %) comptent 15 taxons dont *Daucus carota*, *Olea europea*, *Tamarix* sp., *Sinapis arvensis*.

Les pollens isolés (FR < 3 %) Ils appartiennent à des familles et des genres différents avec une fréquence relative variant de 0,10 (*Pinus* sp.) à 2,95 (*Trifolium repens*).

**Tableau 09:** Spectres polliniques des miels de l'ouest Algérien

Taxon	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E14	E17	E24	E25	E26	E27	E28	E29	E30	E31	E32	E33	E34	Fq
<i>Acaia</i> sp. (Mimosaceae)		0,32						0,75	1,6										2,59						16,67
<i>Achillea</i> sp (Asteracée)																	1,65							2	8,33
<i>Artemisia</i> sp. (Asteraceae)		4																							4,17
<i>Asparagus</i> sp. (Liliaceae)			9,37			0,99																			8,33
<i>Aster</i> type (Asteraceae)											0,59	7,5				5,98	0,32	1,78							20,83
<i>Calendula arvensis</i> (Asteraceae)				7,02	1,5																				8,33
<i>Calycotum spinosa</i> (Papilionaceae)					6																				4,17
<i>Carduus</i> sp (Asteraceae)					3,08		2,5	0,14		0,22							1,22					0,33		0,25	29,17
<i>Ceratonia siliqua</i> (Fabaceae)			15,6																						4,17
<i>Cirsium arvens</i> (Asteraceae)	0,78	0,65							0,4												1,56		0,14		20,83
<i>Cistus</i> sp. (Cistaceae)			1,5										2,5	4,5	1,1		0,65	0,49						0,75	29,17
<i>Citrus</i> sp. (Rutaceae)		46		45			60				1,98		30		34,5		7,09	48		39,8					37,50
<i>Convolvulus arvensis</i> (Convolvulaceae)										2		2						12,2					11		16,67
<i>Daucus carota</i> (Apiaceae)	12,9	6,5		15	15			6		8			1,88						20,1		13,6				37,50
<i>Echium plantagineum</i> (Boraginaceae)		0,98							3,49	0,78						6,55	1,7					5		3	29,17
<i>Erica arborea</i> (Ericaceae)																				9,14					4,17
<i>Eucalyptus</i> sp. (Myrtaceae)	15		49,7	20		23	21,9	92	82	80	12	43,1	20	22,3		15,7	36,8	15,3	39	29,9	34,1	87	26	22	87,50
<i>Fraxinus</i> sp. (Oleaceae)			14,8																						4,17
<i>Ficus indica</i> (Cactaceae)	1,98																								4,17
<i>Hedysarum coronarium</i> (Fabaceae)		10				18,1			10	3	11	10,5	5	37,9	41,4	17,1					2	56,1	64		54,17
<i>Juniperus communis</i> (Cupressaceae)																3,21									4,17
<i>Lavandula angustifolia</i> (Lamiaceae)		21			60,3											8,45							6		16,67
<i>Lavandula stoechas</i> (Lamiaceae)						36						3					1,98			19,8					16,67
<i>Loranthus europaeus</i> (Loranthaceae)																		1,34							4,17

Taxon	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E14	E17	E24	E25	E26	E27	E28	E29	E30	E31	E32	E33	E34	Fq
<i>Malva sp. (Malvaceae)</i>	0,43			1,19																					8,33
<i>Olea europea (Oleaceae)</i>	5,98	4,78					0,18				4,88	21	30,2				40,5	17,9	8,9	5,75	12,6		0,27	4,75	54,17
<i>Oxalis sp. (Oxalidaceae)</i>		3,5									0,77									1,96	0,79				16,67
<i>Papaver rhoeas (Papaveraceae)</i>				2,26	1,76					0,79	0,46	1,76		0,66		0,78	2,45	2,45	0,65						41,67
<i>Pimpinella anisum (Apiaceae)</i>					9,26						34,6					4,53			5,71		17,6	0,67	0,45		29,17
<i>Pinus sp. (Pinaceae)</i>			1,95					0,11						0,1											12,50
<i>poacées</i>										0,5								0,53							4,17
<i>Prunus/pyrus (Rosaceae)</i>	4,44									2	27,7		10			36									20,83
<i>Punica granatum (Pinucaceae)</i>							5																		4,17
<i>Quercus sp. (Fagaceae)</i>					3,07	3,02																			8,33
<i>Rosmarinus officinalis (Lamiaceae)</i>						19			2											13,5					12,50
<i>Rubus sp. (Rosaceae)</i>														13,4		1,65			9						12,50
<i>Salix sp. (Salicaceae)</i>														7					3,1					0,25	12,50
<i>sedum sp. (Crassulaceae)</i>															20										4,17
<i>Senecio jacobea (Asteraceae)</i>	0,59																								4,17
<i>Sinapis arvensis (Brassicaceae)</i>				9,52			10			0,21	3,13														16,67
<i>Tamarix sp. (Tamaricaceae)</i>			7,03									1,07													8,33
<i>Taraxacum officinale (Asteraceae)</i>															1,4		0,87								8,33
<i>Thymus vulgaris (Lamiaceae)</i>	57,9																								4,17
<i>Trifolium alexandrinum (Fabaceae)</i>								1		2		10,1		14,2							5				20,83
<i>Trifolium repens (Fabaceae)</i>		2,27					0,44				2,95		0,44		1,61		4,87		11					3	33,33
<i>Vicia sativa (Fabaceae)</i>									0,51	0,5															8,33
<i>Zizyphis Lotus (Rhamnaceae)</i>																									0



**Tableau10:** Classification des pollens des miels de l'ouest Algérien par catégorie.

Echantillons	Pollens dominants (Fr>45%)	Pollens d'accompagnement (16<Fr<45%)	Pollens isolés importants (3%<Fr <16%)	Pollens isolés (Fr<3%)
E1	<i>Thymus vulgaris</i>		<i>Daucus carota, Olea europea, Eucalyptus sp., Prunus/pyrus sp.</i>	<i>Senecio jacobea, Malva sp., Cirsium arvens, Ficus indica</i>
E2	<i>Citrus sp.</i>	<i>Lavandula angustifolia</i>	<i>Artemisia sp., Daucus carota, Hedysarum coronarium, Olea europea, Oxalis sp.</i>	<i>Acaia sp., Cirsium arvens, Trifolium repens, Echium plantagineum</i>
E3	<i>Eucalyptus sp.</i>		<i>Asparagus sp., Ceratonia siliqua, Fraxinus sp., Tamarix sp.</i>	<i>Cistus sp., Pinus sp.</i>
E4	<i>Citrus sp.</i>	<i>Eucalyptus sp.</i>	<i>Calendula arvensis, Daucus carota, Sinapis arvensis</i>	<i>Malva sp., Papaver rhoeas</i>
E5	<i>Lavandula angustifolia</i>		<i>Calycotum spinosa, Carduus sp, Daucus carota, Pimpinella anisum, Quercus sp.</i>	<i>Calendula arvensis, Papaver rhoeas</i>
E6	<i>Lavandula stoechas</i>	<i>Eucalyptus sp., Hedysarum coronarium, Rosmarinus officinalis</i>		<i>Asparagus sp., Quercus sp.</i>
E7	<i>Citrus sp.</i>	<i>Eucalyptus sp.</i>	<i>Sinapis arvensis, Punica granatum,</i>	<i>Trifolium repens, Olea europea, Carduus sp.</i>
E8	<i>Eucalyptus sp.</i>		<i>Daucus carota,</i>	<i>Acaia sp., Carduus sp., Pinus sp., Trifolium alexandrinum</i>
E9	<i>Eucalyptus sp.</i>		<i>Hedysarum coronarium, Echium plantagineum,</i>	<i>Vicia sativa, Rosmarinus officinalis, Cirsium arvens, Acaia sp.</i>
E10	<i>Eucalyptus sp.</i>		<i>Daucus carota</i>	<i>Carduus sp., Convolvulus arvensis, Echium plantagineum, Hedysarum coronarium, Papaver rhoeas, Poacées type, Prunus/pyrus, Sinapis arvensis, Trifolium alexandrinum, Vicia sativa</i>
E11		<i>Pimpinella anisum, Prunus/pyrus,</i>	<i>Eucalyptus sp., Hedysarum coronarium, Olea europea, Sinapis arvensis,</i>	<i>Aster type, Citrus sp., Oxalis sp., Papaver rhoeas, Trifolium alexandrinum</i>
E14		<i>Eucalyptus sp., Olea europea,</i>	<i>Aster type, Hedysarum coronarium, Trifolium alexandrinum,</i>	<i>Convolvulus arvensis, Papaver rhoeas, Tamarix sp., Lavandula stoechas</i>
E17	<i>Citrus sp.</i>	<i>Eucalyptus sp., Olea europea</i>	<i>Hedysarum coronarium, Prunus/pyrus,</i>	<i>Cistus sp., Daucus carota, Trifolium repens</i>
E24		<i>Eucalyptus sp., Hedysarum coronarium</i>	<i>Cistus sp., Rubus, Salix, Trifolium alexandrinum,</i>	<i>Pinus sp., Papaver rhoeas,</i>
E25	<i>Citrus sp.</i>	<i>Hedysarum coronarium, sedum.</i>		<i>Cistus sp., Taraxacum officinale, Trifolium repens.</i>
E26		<i>Hedysarum coronarium, Prunus/pyrus</i>	<i>Aster, Echium plantagineum, Eucalyptus sp., Juniperus communis, Lavandula angustifolia, Pimpinella anisum,</i>	<i>Papaver rhoeas, Rubus</i>
E27		<i>Eucalyptus sp., Olea europea,</i>	<i>Citrus sp., Trifolium repens,</i>	<i>Achillea sp., Aster, Carduus sp., Cistus sp., Echium plantagineum, Lavandula stoechas, Papaver rhoeas, Taraxacum officinale,</i>

<b>E28</b>	<i>Citrus sp.</i>	<i>Olea europea,</i>	<i>Convolvulus arvensis, Eucalyptus sp.,</i>	<i>Aster type, Cistus sp., Loranthus europaeus, Papaver rhoeas, Poacées type</i>
<b>E29</b>		<i>Daucus carota, Eucalyptus sp.,</i>	<i>Olea europea, Pimpinella anisum, Rubus sp., Salix sp., Trifolium repens</i>	<i>Acacia sp., Papaver rhoeas,</i>
<b>E30</b>	<i>Citrus sp.</i>	<i>Eucalyptus sp.</i>	<i>Erica arborea, Olea europea, Rosmarinus officinalis</i>	<i>Oxalis sp.</i>
<b>E31</b>	<i>Lavandula stoechas</i>	<i>Eucalyptus sp, Pimpinella anisum.</i>	<i>Daucus carota, Olea europea</i>	<i>Cirsium arvens, Oxalis sp.</i>
<b>E32</b>	<i>Eucalyptus sp.</i>		<i>Echium plantagineum, Trifolium alexandrinum</i>	<i>Carduus sp., Hedysarum coronarium, Pimpinella anisum</i>
<b>E33</b>	<i>Hedysarum coronarium</i>	<i>Eucalyptus sp.</i>	<i>Convolvulus arvensis, Lavandula angustifolia</i>	<i>Cirsium arvens, Olea europea, Pimpinella anisum</i>
<b>E34</b>	<i>Hedysarum coronarium</i>	<i>Eucalyptus sp.</i>	<i>Olea europea,</i>	<i>Achillea sp., Carduus sp., Cistus sp., Echium plantagineum, Salix sp., Trifolium repens</i>

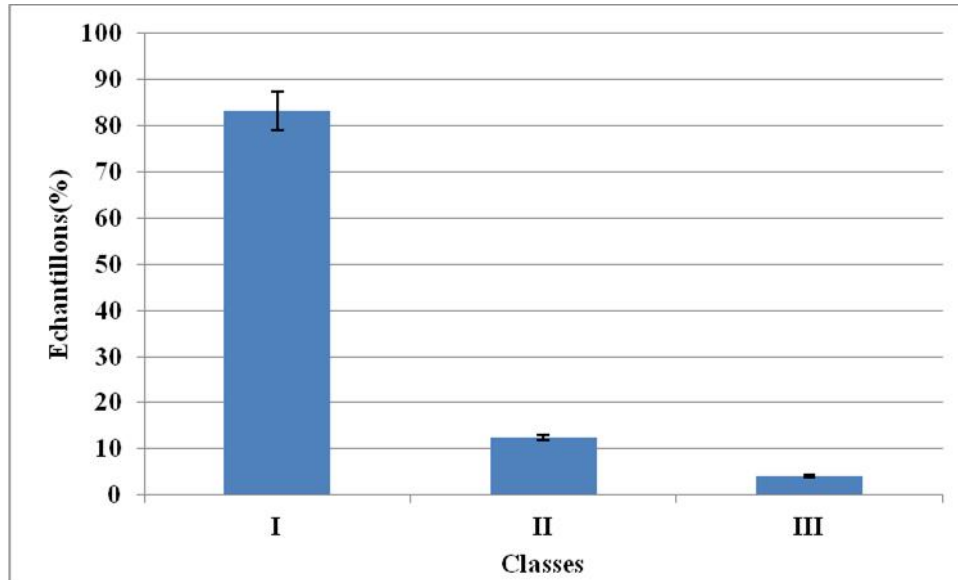
**a) Analyse pollinique quantitative**

Le tableau 11 montre les résultats de l'analyse quantitative des échantillons des miels de l'ouest Algérien.

**Tableau 11:** Résultats de l'analyse quantitative des miels de l'ouest Algérien

<b>Echantillons</b>	<b>Teneurs en pollens</b>	<b>Classes</b>
<b>E1</b>	26653	II
<b>E2</b>	7971	I
<b>E3</b>	56630	II
<b>E4</b>	1094	I
<b>E5</b>	325181	III
<b>E6</b>	13813	I
<b>E7</b>	1910	I
<b>E8</b>	28855	II
<b>E9</b>	10666	I
<b>E10</b>	10144	I
<b>E11</b>	4239	I
<b>E14</b>	2159	I
<b>E17</b>	13760	I
<b>E24</b>	11840	I
<b>E25</b>	5600	I
<b>E26</b>	4350	I
<b>E27</b>	16230	I
<b>E28</b>	5290	I
<b>E29</b>	9120	I
<b>E30</b>	9640	I
<b>E31</b>	1420	I
<b>E32</b>	2540	I
<b>E33</b>	11890	I
<b>E34</b>	8600	I

D'après ce tableau, la quantité de pollens varie de 1094 pollens/10g (E4) à 325181 pollens/10g (E5). La majorité des miels (83%) appartient à la classe I correspondant aux miels de fleurs pauvres en pollen sauf pour E5 qui est de classe III ou miel de fleur riche en pollen et 12% des échantillons appartiennent à la classe II (figure 15).



**Fig. 15** : Classification des miels de l'ouest Algérien selon leur richesse en pollen.

## b) Interprétation des résultats

### *Origine florale*

D'après **Louveaux et al. (1970, 1978)**, **Von Der Ohe et al. (2004)**, la dominance d'un pollen d'une plante, avec une fréquence relative égale ou supérieure à 45% dans le sédiment de miel permet d'affirmer que ce dernier provient principalement du nectar de la plante considérée donc d'indiquer l'origine botanique du miel analysé.

Pour les miels de l'ouest Algérien 18 échantillons présentent la dominance d'un pollen.

- Le *Citrus sp.* se trouve à l'état dominant dans 7 échantillons de miel (E2, E4, E7, E17, E25, E28 et E30): ce sont des miels monofloraux de *Citrus*. Ces miels sont de classe I d'après la classification établie par

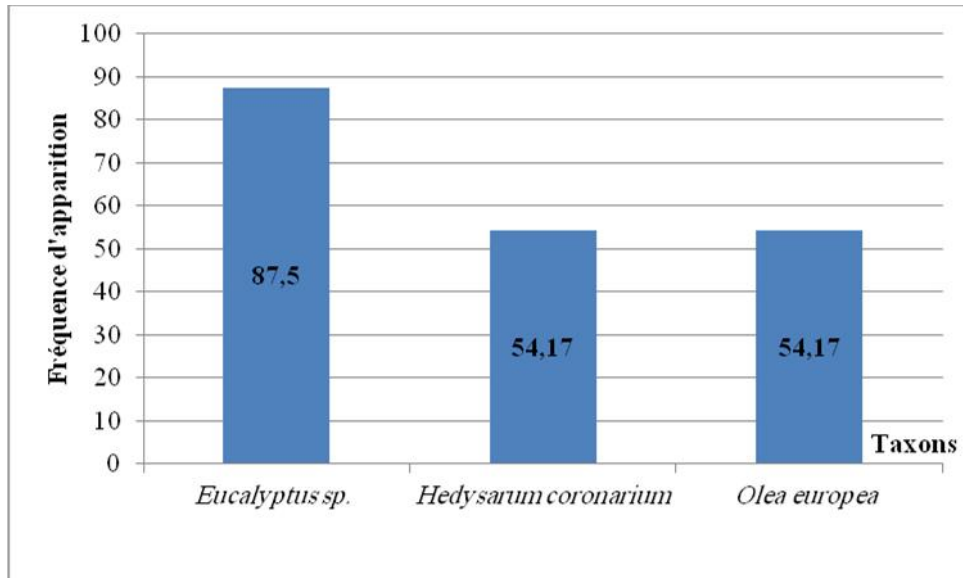
Maurizio. Ce sont des miels pauvres en pollen d'après la catégorisation de Louveaux (Atanassova et al., 2009).

- L'*Eucalyptus* sp. est dominant dans 5 miels (E3, E8, E9, E10 et E32) qui seraient des miels monofloraux d'*Eucalyptus*. 40% de ces miels sont moyennement riches en pollen appartenant à la classe II d'après l'analyse quantitative.
- E6 et E31 sont caractérisés par la dominance du pollen de *Lavandula stoechas* avec une fréquence relative égale respectivement à 35,98 et 19,82%. Ce sont des miels de lavande appartenant à la classe I ou des miels pauvres en pollen.
- Le pollen d'*Hedysarum coronarium* (Sainfoin ou Sulla) domine dans deux échantillons de miel (E33 et E34).
- Le *Thymus vulgaris* se trouve en abondance dans le miel E1 avec une fréquence relative égale à 57,91. C'est un miel monofloral de *Thymus* appartenant à la classe II de Maurizio.
- L'échantillon E5 est un miel monofloral de *Lavandula angustifolia*. Cet échantillon appartient à la classe III, c'est un miel riche en pollen.
- E11, E14, E24, E26, E27 et E29 ne présentent pas de pollens dominants sont donc des miels polyfloraux ou miels toutes fleurs.

#### *Taxons caractéristiques*

Les pollens les plus fréquents dans les 24 échantillons de miel dont l'association peut être considérée comme caractéristiques des miels de l'ouest Algérien comprennent 3 types polliniques. Parmi ces pollens on peut citer : *Eucalyptus* sp., *Hedysarum coronarium* et *Olea europea* .

La figure 16 montre la répartition des taxons les plus fréquents dans les 24 échantillons de miels de l'ouest Algérien.



**Fig.16:** Fréquence d'apparition des taxons dans les miels de l'ouest Algérien.

### 2.1.2 Résultats de l'analyse pollinique des miels du centre Algérien

Les miels du centre Algérien sont au nombre de 7 (E12, E13, E15, E16, E20, E22 et E23).

#### a) Analyse pollinique qualitative

##### *Spectres polliniques*

Le tableau 12 présente les spectres polliniques des échantillons étudiés. Le nombre total des taxons rencontrés est de 21 avec 15 familles de plantes. Ce nombre varie de 6 taxons (E23) à 10 taxons (E12).

La fréquence relative des types polliniques rencontrés est comprise entre 0,25% et 90% dont l'*Eucalyptus sp.* a montré le pourcentage le plus élevé.

##### *Regroupement des pollens par catégorie de fréquence*

Le tableau 13 montre les différentes catégories de pollen. Ce tableau permet de constater que :

- Six échantillons présentent un pollen dominant (FR = 45%).
- L'échantillon E15 ne présente pas un pollen dominant.
- Les pollens d'accompagnement comptent 6 taxons : *Prunus/pyrus sp.*, *Eucalyptus sp.*, *Olea europea*, *Pimpinella anisum*, *Daucus carota* et *Hedysarum coronarium*.

- Les pollens isolés importants sont au nombre de 12 taxons dont *Eucalyptus* sp., *Oxalis* sp., *Pimpinella anisum*, *Sinapis arvensis*, *Daucus carota*, *Echium plantagineum*, *Hedysarum coronarium*, *Trifolium alexandrinum*, *Citrus* sp., *Olea europea*, *Prunus/pyrus*, *Trifolium repens*.
- Les pollens isolés sont représentés par des taxons tels que *Carduus* sp., *Pinus* sp., *Cirsium arvens*, *Aster* type, *Acaia* sp., *Papaver rhoeas*, *Rubus* sp.

**Tableau 12:** Spectres polliniques des miels du centre Algérien.

Taxon	E12	E13	E15	E16	E20	E22	E23	Fq
<i>Acaia</i> sp. (Mimosaceae)				0,75				14,29
<i>Achillea</i> sp. (Asteracée)								0,00
<i>Artemisia</i> sp. (Asteraceae)								0,00
<i>Asparagus</i> sp. (Liliaceae)								0,00
<i>Aster</i> type (Asteraceae)			1			1,7		28,57
<i>Calendula arvensis</i> (Asteraceae)								0,00
<i>Calycotum spinosa</i> (Papilionaceae)								0,00
<i>Carduus</i> sp (Asteraceae)	0,99			1,5	0,32			42,86
<i>Ceratonia siliqua</i> (Fabaceae)								0,00
<i>Cirsium arvens</i> (Asteraceae)		0,25						14,29
<i>Cistus</i> sp. (Cistaceae)					2,65			14,29
<i>Citrus</i> sp. (Rutaceae)	46			0,25	3,52	4,2	18	71,43
<i>Convolvulus arvensis</i> (Convolvulaceae)	1,78							14,29
<i>Daucus carota</i> (Apiaceae)		5	4	7,78		20,11		57,14
<i>Echium plantagineum</i> (Boraginaceae)			6					14,29
<i>Erica arborea</i> (Ericaceae)								0,00
<i>Eucalyptus</i> sp. (Myrtaceae)	3,78	90	20,12	86,22	63,92		31	85,71
<i>Fraxinus</i> sp. (Oleaceae)								0,00
<i>Ficus indica</i> (Cactaceae)								0,00
<i>Hedysarum coronarium</i> (Fabaceae)		3	6		14,64		21,3	57,14
<i>Juniperus communis</i> (Cupressaceae)								0,00
<i>Lavandula angustifolia</i> (Lamiaceae)								0,00
<i>Lavandula stoechas</i> (Lamiaceae)								0,00
<i>Loranthus europaeus</i> (Loranthaceae)								0,00
<i>Malva</i> sp. (Malvaceae)								0,00
<i>Olea europea</i> (Oleaceae)		0,97	18,88			8	13	42,86
<i>Oxalis</i> sp. (Oxalidaceae)	3,5							14,29
<i>Papaver rhoeas</i> (Papaveraceae)				0,5		2,97		28,57
<i>Pimpinella anisum</i> (Apiaceae)	10		40		14,95	55,47		57,14
<i>Pinus</i> sp. (Pinaceae)	0,5							14,29
Poacées								0,00
<i>Prunus/pyrus</i> (Rosaceae)	22						8,7	28,57



<i>Punica granatum</i> (Pinucaceae)					0,00	
<i>Quercus</i> sp. (Fagaceae)					0,00	
<i>Rosmarinus officinalis</i> (Lamiaceae)					0,00	
<i>Rubus</i> sp. (Rosaceae)				2,8	14,29	
<i>Salix</i> sp. (Salicaceae)					0,00	
<i>sedum</i> sp. (Crassulaceae)					0,00	
<i>Senecio jacobea</i> (Asteraceae)					0,00	
<i>Sinapis arvensis</i> (Brassicaceae)	9				14,29	
<i>Tamarix</i> sp. (Tamaricaceae)					0,00	
<i>Taraxacum officinale</i> (Asteraceae)					0,00	
<i>Thymus vulgaris</i> (Lamiaceae)					0,00	
<i>Trifolium alexandrinum</i> (Fabaceae)		0,78	4	3	4,75	57,14
<i>Trifolium repens</i> (Fabaceae)	2,45				8	28,57
<i>Vicia sativa</i> (Fabaceae)						0,00
<i>Zizyphis Lotus</i> (Rhamnaceae)						0,00

**Tableau 13:** Classification des pollens des miels du centre Algérien par catégorie.

Echantillons	Pollens dominants (Fr>45%)	Pollens d'accompagnement (16<Fr<45%)	Pollens isolés importants (3%<Fr <16%)	Pollens isolés (Fr<3%)
E12	<i>Citrus</i> sp.	<i>Prunus/pyrus</i>	<i>Eucalyptus</i> sp., <i>Oxalis</i> sp., <i>Pimpinella anisum</i> , <i>Sinapis arvensis</i>	<i>Carduus</i> sp., <i>Convolvulus arvensis</i> , <i>Pinus</i> sp., <i>Trifolium repens</i>
E13	<i>Eucalyptus</i> sp		<i>Daucus carota</i>	<i>Cirsium arvens</i> , <i>Hedysarum coronarium</i> , <i>Olea europea</i> , <i>Trifolium alexandrinum</i>
E15		<i>Eucalyptus</i> sp., <i>Olea europea</i> , <i>Pimpinella anisum</i>	<i>Daucus carota</i> , <i>Echium plantagineum</i> , <i>Hedysarum coronarium</i> , <i>Trifolium alexandrinum</i>	<i>Aster type</i>
E16	<i>Eucalyptus</i> sp		<i>Daucus carota</i>	<i>Acaia</i> sp., <i>Carduus</i> sp., <i>Papaver rhoeas</i> , <i>Trifolium alexandrinum</i> , <i>Citrus</i> sp.
E20	<i>Eucalyptus</i> sp		<i>Citrus</i> sp., <i>Hedysarum coronarium</i> , <i>Pimpinella anisum</i>	<i>Carduus</i> sp., <i>Cistus</i> sp.,
E22	<i>Pimpinella anisum</i>	<i>Daucus carota</i>	<i>Citrus</i> sp., <i>Olea europea</i> , <i>Trifolium alexandrinum</i>	<i>Aster type</i> , <i>Papaver rhoeas</i> , <i>Rubus</i>
E23	<i>Citrus</i> sp.	<i>Eucalyptus</i> sp., <i>Hedysarum coronarium</i>	<i>Olea europea</i> , <i>Prunus/pyrus</i> , <i>Trifolium repens</i>	

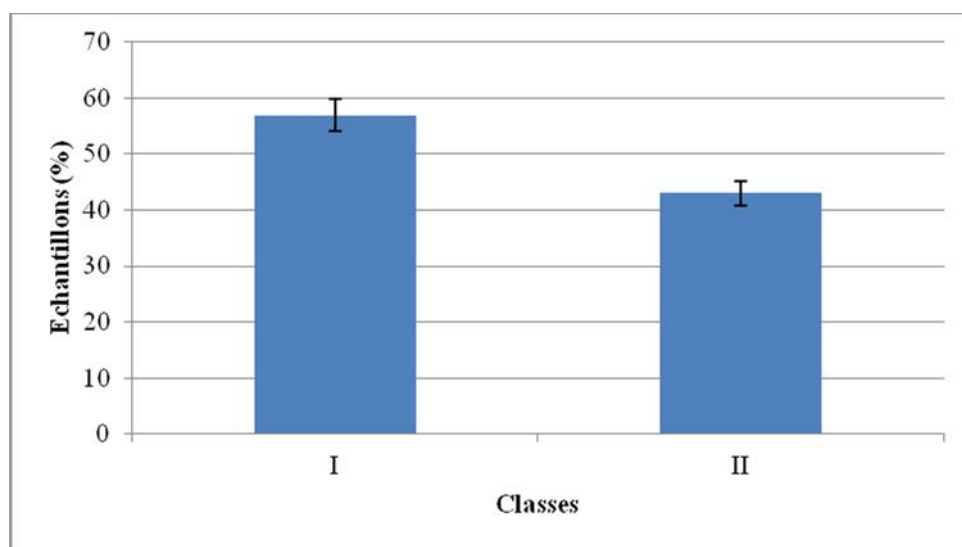
**b) Analyse pollinique quantitative**

Le tableau 14 présente le nombre de pollens pour les miels du centre Algérien, la fréquence absolue des pollens varie entre 2470 grains/10g de miel à 75400 grains.

**Tableau 14:** Résultats de l'analyse quantitative des miels du centre Algérien.

Echantillons	Teneurs en pollens	Classes
<b>E12</b>	6500	I
<b>E13</b>	75400	II
<b>E15</b>	39800	II
<b>E16</b>	9650	I
<b>E20</b>	2470	I
<b>E22</b>	31200	II
<b>E23</b>	11600	I

Le comptage du nombre de grains par 10 g de miel a montré que les miels pauvres en pollen dominent au centre Algérien bien que suivis de près par les miels à quantité moyenne de grains : 57 % des miels possèdent moins de 20 000 grains, 43 % ont un nombre moyen de grains (figure 17).



**Fig. 17:** Classification des miels du centre Algérien selon leur richesse en pollen.

### c) Interprétation des résultats

#### Origine florale

Trois des sept échantillons présentent la dominance d'*Eucalyptus* sp. (E13, E16 et E20) avec une fréquence relative allant de 63,92% à 90%. Ces miels sont donc des miels monofloraux d'*Eucalyptus*.

L'échantillon E15 ne présente pas de pollens dominants donc c'est un miel polyfloral ou miel toutes fleurs.

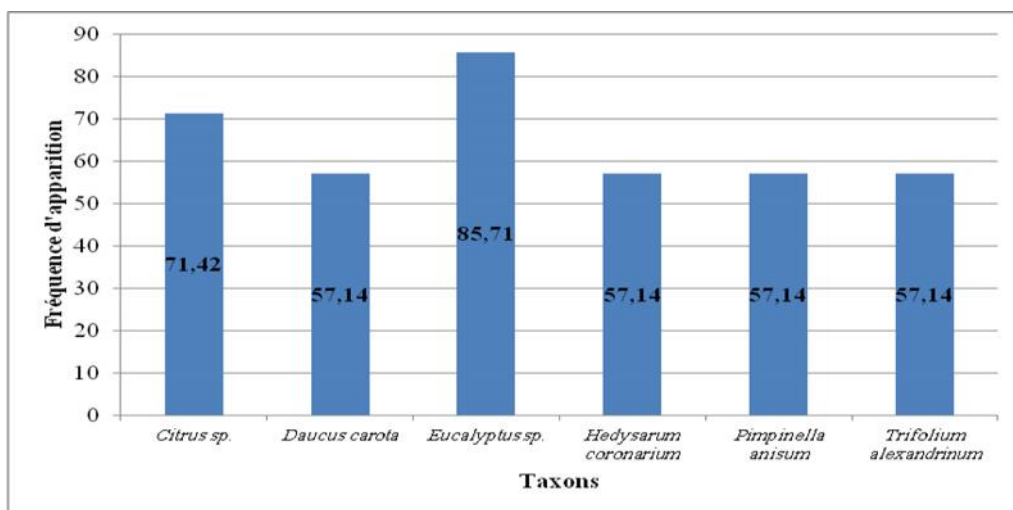
Le *Citrus* sp. est dominant dans 2 miels (E12 et E23) qui seraient des miels monofloraux de *Citrus* ; ces miels sont pauvres en pollen appartenant à la classe I.

Le pollen de *Pimpinella anisum* (Anis) domine dans l'échantillon E22.

#### Taxons caractéristiques

Les pollens les plus fréquents dans les miels du centre Algérien comprennent 6 types dont *Citrus* sp., *Daucus carota*, *Eucalyptus* sp., *Hedysarum coronarium*, *Pimpinella anisum* et *Trifolium alexandrinum*

La figure 18 montre la répartition des taxons les plus fréquents dans les 7 échantillons de miels du centre Algérien



**Fig. 18:** Fréquence d'apparition des taxons dans les miels du centre Algérien.

### 2.1.3. Résultats de l'analyse pollinique des miels du sud Algérien

Les miels du sud Algérien comprennent 3 échantillons E18, E19 et E21.

#### a) Analyse pollinique qualitative

##### *Spectres polliniques*

16 types polliniques répartis en 13 familles de plantes sont rencontrés. Le nombre de taxons varie de 6 (E18) à 8 (E19). La fréquence relative des types polliniques rencontrés est comprise entre 0,25 et 59,69% (tableau 15).

**Tableau 15:** Spectres polliniques des miels du sud Algérien.

Taxon	E18	E19	E21	Fq
<i>Acaia</i> sp. ( <i>Mimosaceae</i> )				0,00
<i>Achillea</i> sp. ( <i>Astéracée</i> )				0,00
<i>Artemisia</i> sp. ( <i>Asteraceae</i> )				0,00
<i>Asparagus</i> sp. ( <i>Liliaceae</i> )				0,00
<i>Aster</i> type ( <i>Asteraceae</i> )		3,55		33,33
<i>Calendula arvensis</i> ( <i>Asteraceae</i> )				0,00
<i>Calycotum spinosa</i> ( <i>Papilionaceae</i> )				0,00
<i>Carduus</i> sp. ( <i>Asteraceae</i> )				0,00
<i>Ceratonia siliqua</i> ( <i>Fabaceae</i> )				0,00
<i>Cirsium arvens</i> ( <i>Asteraceae</i> )				0,00
<i>Cistus</i> sp. ( <i>Cistaceae</i> )		0,25	0,8	66,67
<i>Citrus</i> sp. ( <i>Rutaceae</i> )				0,00
<i>Convolvulus arvensis</i> ( <i>Convolvulaceae</i> )				0,00
<i>Daucus carota</i> ( <i>Apiaceae</i> )		5		33,33
<i>Echium plantagineum</i> ( <i>Boraginaceae</i> )				0,00
<i>Erica arborea</i> ( <i>Ericaceae</i> )				0,00
<i>Eucalyptus</i> sp. ( <i>Myrtaceae</i> )	59,69	30	15	100,00
<i>Fraxinus</i> sp. ( <i>Oleaceae</i> )				0,00
<i>Ficus indica</i> ( <i>Cactaceae</i> )				0,00
<i>Hedysarum coronarium</i> ( <i>Fabaceae</i> )	24,21		45,15	66,67
<i>Juniperus communis</i> ( <i>Cupressaceae</i> )				0,00
<i>Lavandula angustifolia</i> ( <i>Lamiaceae</i> )				0,00
<i>Lavandula stoechas</i> ( <i>Lamiaceae</i> )		2,45		33,33
<i>Loranthus europaeus</i> ( <i>Loranthaceae</i> )				0,00

<i>Malva</i> sp. ( <i>Malvaceae</i> )	1,5	0,65	33,33
<i>Olea europea</i> ( <i>Oleaceae</i> )		7	33,33
<i>Oxalis</i> sp. ( <i>Oxalidaceae</i> )			0,00
<i>Papaver rhoeas</i> ( <i>Papaveraceae</i> )	1,95		33,33
<i>Pimpinella anisum</i> ( <i>Apiaceae</i> )		13	33,33
<i>Pinus</i> sp. ( <i>Pinaceae</i> )			0,00
<i>Poacées</i> type			0,00
<i>Prunus/Pyrus</i> sp. ( <i>Rosaceae</i> )		14,41	33,33
<i>Punica granatum</i> ( <i>Pinucaceae</i> )			0,00
<i>Quercus</i> sp. ( <i>Fagaceae</i> )			0,00
<i>Rosmarinus officinalis</i> ( <i>Lamiaceae</i> )			0,00
<i>Rubus</i> sp. ( <i>Rosaceae</i> )	5,62		33,33
<i>Salix</i> sp. ( <i>Salicaceae</i> )			0,00
<i>sedum</i> sp. ( <i>Crassulaceae</i> )			0,00
<i>Senecio jacobea</i> ( <i>Asteraceae</i> )			0,00
<i>Sinapis arvensis</i> ( <i>Brassicaceae</i> )		11	33,33
<i>Tamarix</i> sp. ( <i>Tamaricaceae</i> )	7,03		33,33
<i>Taraxacum officinale</i> ( <i>Asteraceae</i> )			0,00
<i>Thymus vulgaris</i> ( <i>Lamiaceae</i> )			0,00
<i>Trifolium alexandrinum</i> ( <i>Fabaceae</i> )			0,00
<i>Trifolium repens</i> ( <i>Fabaceae</i> )			0,00
<i>Vicia sativa</i> ( <i>Fabaceae</i> )		0,64	33,33
<i>Zizyphis Lotus</i> ( <i>Rhamnaceae</i> )		51,1	33,33

**Regroupement des pollens par catégorie de fréquence**

Le tableau 16 met en évidence la dominance de trois types de miel à savoir ; des miels d'*Eucalyptus* (l'échantillon E18), des miels de *Jujubier* (l'échantillon E19) et d'*Hedysarum coronarium* (l'échantillon E21).

- L'*Eucalyptus* et l'*Hedysarum coronarium* sont les pollens d'accompagnement.
- Les pollens isolés importants sont représentés par 9 taxons : *Rubus*, *Tamarix* sp., *Aster* type, *Daucus carota*, *Olea europea*, *Sinapis arvensis*, *Prunus/Pyrus* sp., *Pimpinella anisum*, *Eucalyptus* sp.
- Les pollens isolés sont constitués par les taxons tels que : *Malva* sp., *Papaver rhoeas*, *Cistus* sp., *Lavandula stoechas* et *Vicia sativa*

**Tableau 16:** Classification des pollens des miels du sud Algérien par catégorie.

Echantillons	Pollens dominants (Fr>45%)	Pollens d'accompagnement (16<Fr<45%)	Pollens isolés importants (3%<Fr <16%)	Pollens isolés (Fr<3%)
E18	<i>Eucalyptus</i> sp.	<i>Hedysarum coronarium</i>	<i>Rubus</i> sp., <i>Tamarix</i> sp.	<i>Malva</i> sp., <i>Papaver rhoeas</i>
E19	<i>Zizuphis lotus</i>	<i>Eucalyptus</i> sp.	<i>Aster</i> type, <i>Daucus carota</i> , <i>Olea europea</i>	<i>Cistus</i> sp., <i>Lavandula stoechas</i> , <i>Malva</i> sp.
E21	<i>Hedysarum coronarium</i>		<i>Sinapis arvensis</i> , <i>Prunus/Pyrus</i> sp., <i>Pimpinella anisum</i> , <i>Eucalyptus</i> sp.	<i>Vicia sativa</i> , <i>Cistus</i> sp.

**b) Analyse pollinique quantitative**

La quantité de pollens présents dans 10 g de miel est de 3130 pour E18, de 5687 pour E19 et de 5600 pour E21, ce qui indique des miels appartenant à la classe I ou miels de fleurs pauvres en pollen.

**c) Interprétation des résultats**

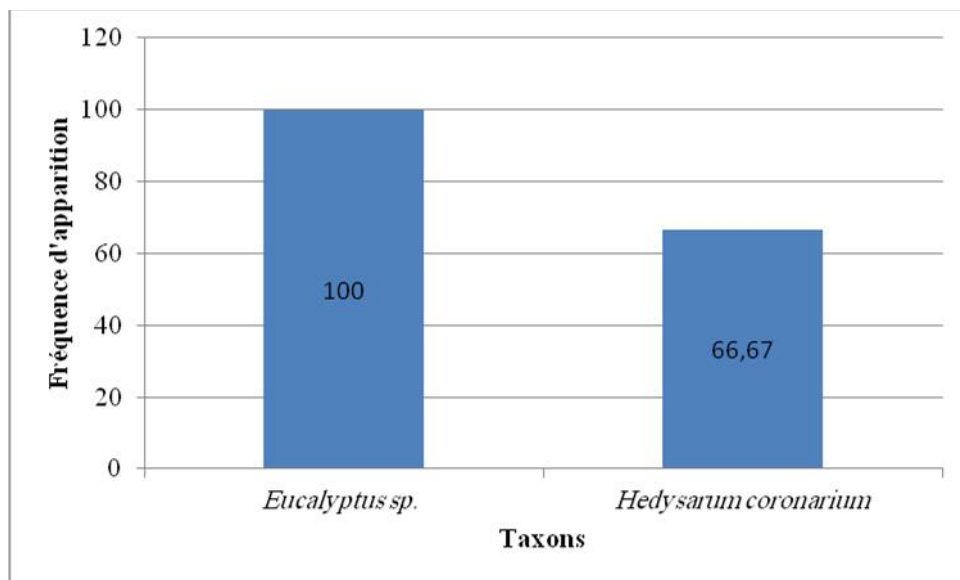
*Origine florale*

Les pollens dominants sont *Eucalyptus* sp. pour l'échantillon E18, *Zizuphis lotus* pour l'échantillon E19 et *Hedysarum coronarium* pour l'échantillon E21.

Tous les échantillons appartiennent à la classe I de Maurizio ou miels de fleurs pauvres en pollen.

*Taxons caractéristiques*

Les pollens les plus fréquents dans les 3 miels de sud Algérien comprennent deux types polliniques : *Eucalyptus* sp., et *Hedysarum coronarium* (fig. 19).



**Fig.19:** Fréquence d'apparition des taxons dans les miels de sud Algérien.

## 2.2. Description des différents types de miels

Les résultats des analyses polliniques ont permis de classer les miels en monofloraux et polyfloraux.

### 2.2.1. Les miels monofloraux

D'après les analyses polliniques, sur les 34 échantillons de miels étudiés, 27 échantillons soit 79% des miels se révèlent être monofloraux. Ces miels comprennent: les miels monofloraux de *Citrus*, miels monofloraux d'*Eucalyptus*, miels d' *Hedysarum coronarium*, miels de lavande, miel de *Pimpinella anisum*, miel de thym, et miel de jujubier.

#### a) Miels de *Citrus*

Sous le nom générique de *Citrus*, nous comprenons les diverses aurantiacées cultivées. Cependant l'usage du terme « miel d'oranger » dans le grand public est largement justifié par le fait que les miels de *Citrus aurantium* représentent l'essentiel de la production (Marin et al., 1995).

Castro-Vázquez et al. (2007); Terrab et al. (2003 b) ont observé que la sécrétion nectarifère maximale des fleurs d'oranger a lieu au début de la maturation des anthères : donc, la quantité de pollen du *Citrus* sp. des miels peut varier beaucoup.

Louveaux et al. (1978) considèrent qu'il s'agit d'un pollen hypo représenté ayant une fréquence entre 10 et 20%. Les anthères des fleurs de quelques variétés de *Citrus* sont en général stériles ; ce qui explique la faible fréquence de pollen (10 à 20%) dans les miels de *Citrus* (Louveaux, Maurizio et Vorwohl, 1970).

Les miels monofloraux de *Citrus* sont caractérisés par la dominance de pollens de *Citrus* sp. avec une fréquence relative variant entre 30% à 60% pour les échantillons de l'ouest et entre 18% à 46% pour les échantillons du centre Algérien. Du point de vue de l'analyse quantitative, ces miels appartiennent à la classe I de Maurizio (Soria et al., 2004). Ce sont donc des

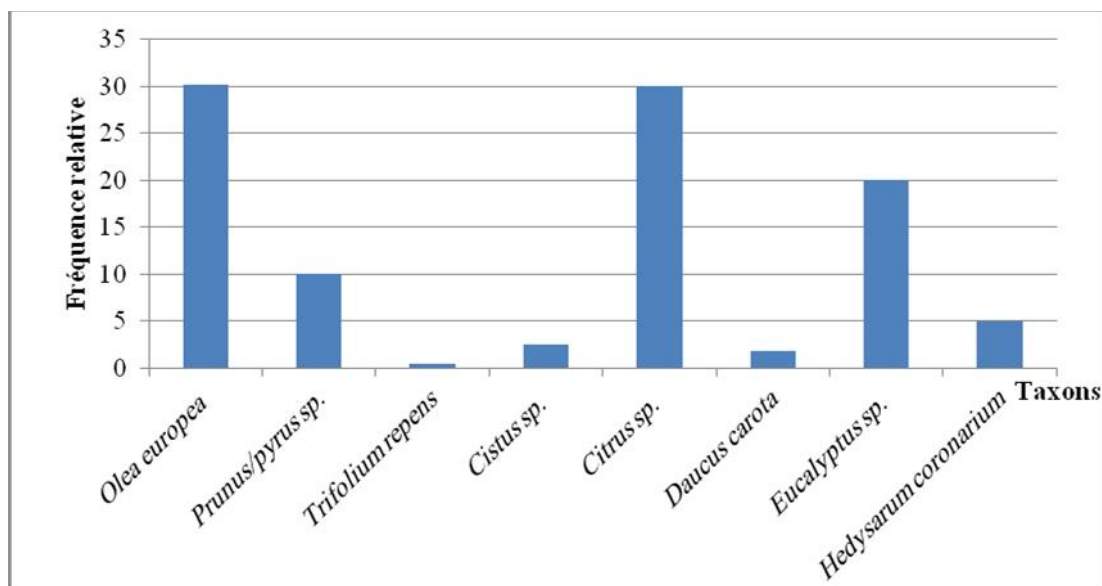


miels de fleurs pauvres en pollen (**Louveaux et al., 1970, 1978; Von Der Ohe, 2004 ; Vaughn et Bryant, 2001**).

Le pollen de *Citrus* est généralement sous représenté dans les miels d'agrumes (**Castro-Vazquez et al., 2009**). Cependant, dans l'échantillon E7, ce pollen dépasse les 50%, ce qui confirme les observations de **Vorwohl (1973)** sur la variabilité de la richesse en pollen des miels d'oranger (**Marin et al., 1995**).

Parmi les pollens d'accompagnement des miels de *Citrus* on notera le pollen d'olivier (*Olea*) avec une fréquence qui atteint 30,20 % dans un miel de l'ouest Algérien (E17). Cette remarque nous conduit à préciser que si les oliviers ne sont pas considérés comme des plantes mellifères, leurs fleurs sont cependant très visitées par les abeilles qui y récoltent un pollen abondant.

La figure 20 montre le diagramme pollinique d'échantillon de miel de *Citrus* (E17).



**Fig.20:** Diagramme pollinique de l'échantillon E17 : miel de *Citrus*.

L'origine géographique de miels de *Citrus* montre bien le caractère régional de la production de ces miels. On les trouve essentiellement dans les zones de cultures d'agrumes à titre d'exemples, Blida (Boufarik), Mascara (Mohammadia, Hacine, El Guetna) et Mostaganem (Bouguirat).

## b) Miels d'*Eucalyptus*

Ces miels sont caractérisés par une forte dominance du pollen d'*Eucalyptus* sp. avec une fréquence relative variant entre 49,7% à 92%.

L'*Eucalyptus* donne lieux à la dominance dans 9 échantillons de miels, ces derniers proviennent de toutes les régions d'étude (Ouest, centre et sud). En effet, on signale sa présence dans la majorité des miels étudiés. Si cette espèce n'apparaît pas comme pollen dominant, elle se présente comme pollen d'accompagnement ou comme pollen isolé.

Les fréquences les plus élevées sont enregistrés par les échantillons E13 et E8 et sont respectivement 90% et 92%. Cette forte présence est liée à la taille (entre 25 et 35 $\mu$ ) ainsi qu'à l'abondance de pollen dans les fleurs de Myrtaceae. Ainsi l'*Eucalyptus* constitue une plante apicole très intéressante en Algérie (**Benaziza-Bouchema et Schweitzer, 2010**).

La prédominance de cette espèce reflète l'importance miellée sur cette essence et son abondance dans ces régions (**Makhloufi et al., 2010**).

Selon **Louveaux (1968)**; **Makhloufi et al. (2007)**, différents facteurs sont susceptibles d'intervenir pour déterminer le choix des butineuses.

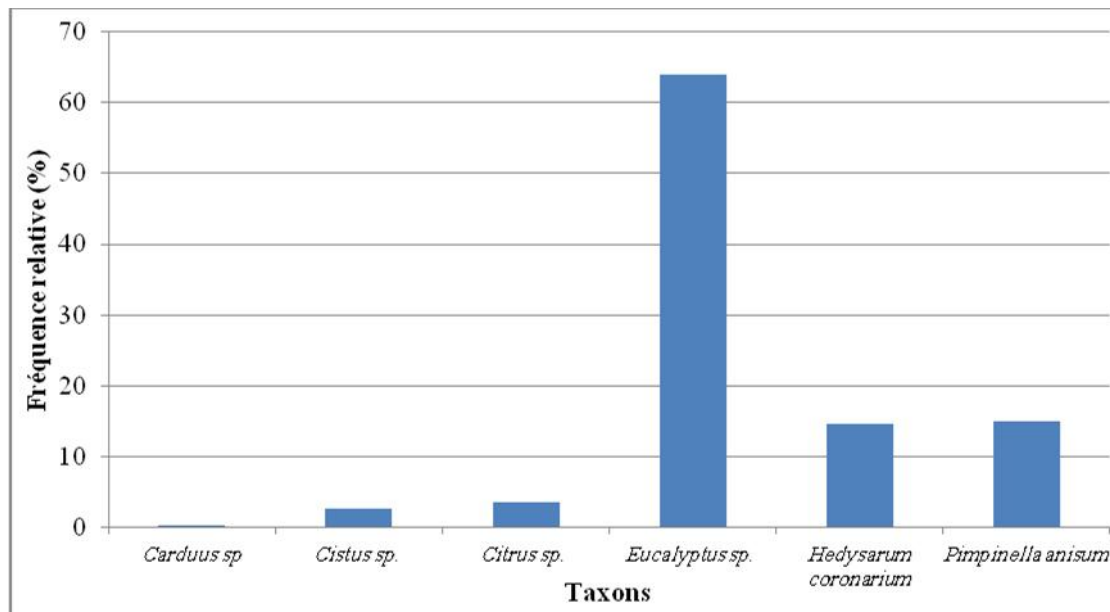
- ✚ Les plantes qui fournissent le pollen et le nectar à la fois sont préférées aux autres.

- ✚ Les plantes communes existant en peuplement denses sont également préférées.

**Hooper (1980)** ajoute que lors des étés suffisamment chauds, l'*Eucalyptus* produit une grande quantité de nectar et de pollen et que cette espèce est une plante mellifère maghrébine.

*Carduus* sp., *Citrus* sp., *Cistus* sp., *Hedysarum coronarium* et *Pimpinella anisum* sont le plus souvent présent dans les miels d'*Eucalyptus*.

La figure 21 montre le diagramme pollinique de l'échantillon E20 à prédominance d'*Eucalyptus* sp.



**Fig.21:** Diagramme pollinique de l'échantillon E20 : miel d'*Eucalyptus*.

### c) Miels d' *Hedysarum coronarium*

Le Sainfoin d'Espagne ou Sulla, *Hedysarum coronarium* est une plante relativement commune dans une grande partie de l'Afrique du Nord (**Hussein, 2000; Ricciardelli D'Albore, 1998**).

Les miels dans lesquels le pollen de cette plante est dominant ont été observés dans trois échantillons; la présence de ce pollen s'explique par l'importance de la culture de cette espèce dans ces régions.

L'*Hedysarum coronarium* est une plante fourragère qui présente une grande importance pour les abeilles (**Jerkovi et al., 2010; Makhloufi et al., 2010**).

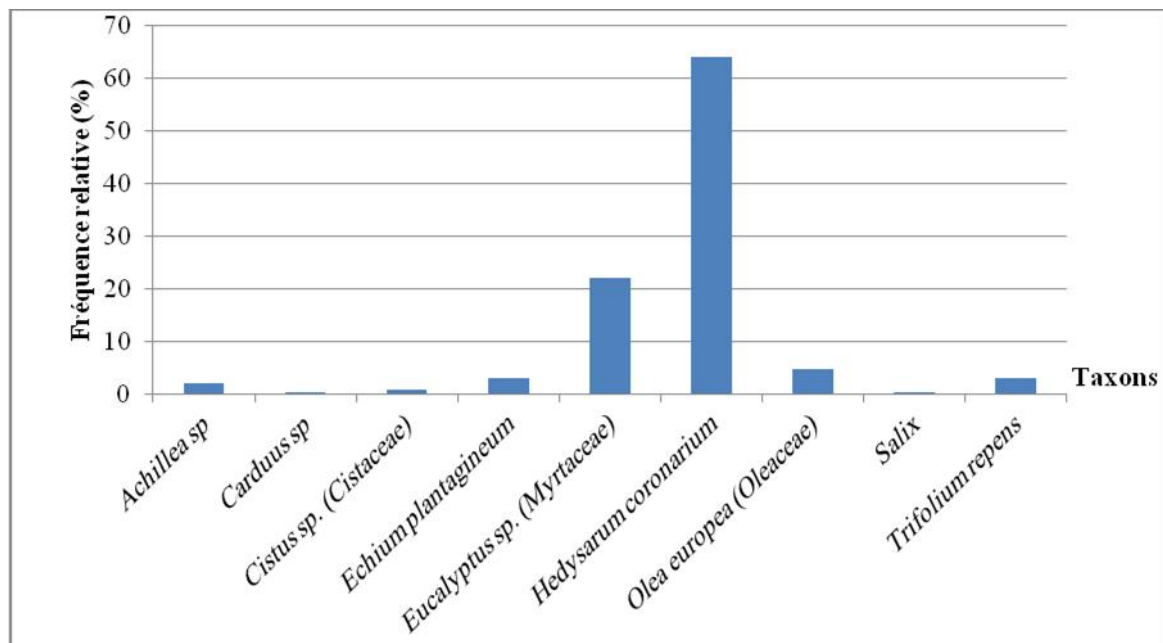
Les miels identifiés comme miels d' *Hedysarum* sont caractérisés par la dominance du pollen de cette plante avec une fréquence relative varie entre 45,2 et 64%. Ce type de miel est représenté par 3 échantillons présumés moutarde blanche, *Eucalyptus* et multifloral (E21, E33 et E34). Ces miels appartiennent à la classe I ou miels de fleurs pauvres en pollen. Dans les

mêmes échantillons, la fréquence relative des pollens d'*Eucalyptus* varie de 15% à 26%.

Le pourcentage de pollen d' *Hedysarum coronarium* atteint 64 % ce qui est en rapport avec la présence de grandes surfaces cultivées consacrées à cette plante fourragère, notamment à Mascara.

Leur fréquence est de 41,4% ; pourcentage correspondant à la flore d'accompagnement.

Le diagramme pollinique de l'échantillon E34 à prédominance d' *Hedysarum coronarium* est illustré dans la figure 22.



**Fig.22:** Diagramme pollinique de l'échantillon E34 : miel de Sainfoin.

#### d) Miels de lavande

*Lavandula* est un sous-arbrisseau de la famille des Labiées abondant dans le bassin méditerranéen, il pousse spontanément dans le nord Algérien. Le genre se compose d'environ 28 espèces, qui sont dans la plupart d'origine méditerranéenne (Mohammedi et Atik, 2012)

Les différentes espèces de lavandes fournissent aux abeilles en été, dans le bassin méditerranéen, des miellées importantes qui peuvent être à l'origine de miels purs (Guyot-Declerck et al., 2002).

La lavande offre un très bon nectar dont les abeilles sont très friandes. Leurs nectar est très aromatique et très appréciée par les abeilles (Loublier et al., 1994 ; Serra et al., 1993).

Ce type de miel est représenté par trois échantillons présumés miels de forêt. Il présente la dominance du pollen de *Lavandula angustifolia* avec une fréquence relative de 60,3% pour l'échantillon E5.

*Lavandula stoechas* domine dans deux échantillons (E6 et E31) avec une fréquence relative de 35,98% et 19,82%.

Les miels de *Lavandula stoechas* présentent dans leur spectre l'*Eucalyptus* sp. comme pollen d'accompagnement.

La figure 23 montre le diagramme pollinique de l'échantillon E31 à prédominance de *Lavandula stoechas*.

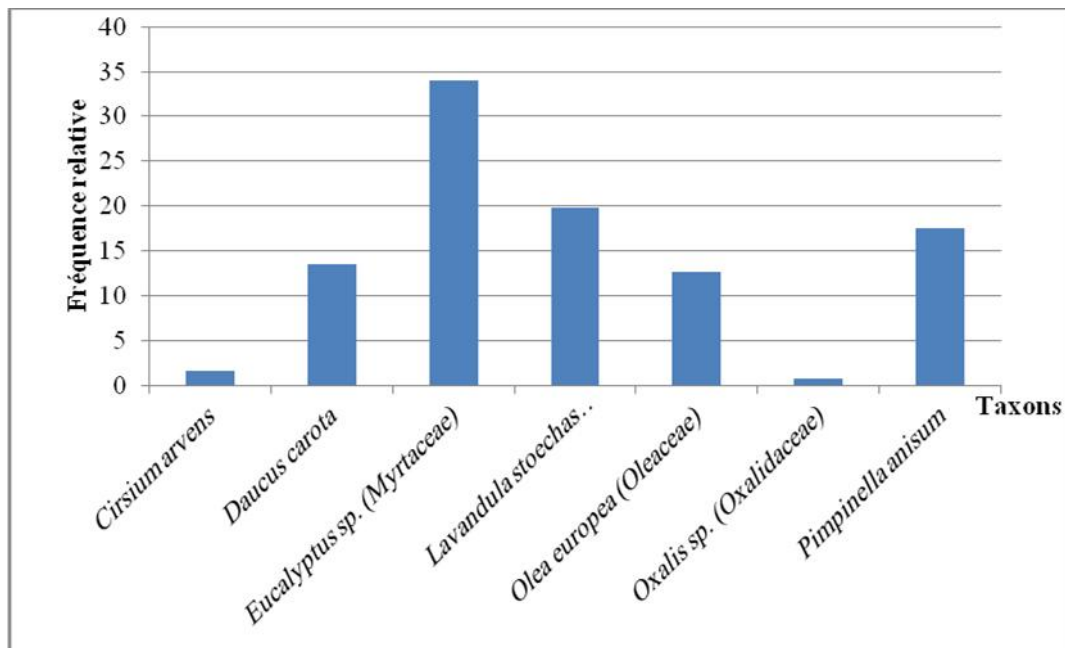


Fig.23: Diagramme pollinique de l'échantillon E31 : miel de lavande.

e) Miels de *Pimpinella anisum*

*Pimpinella anisum* est une plante aromatique et odorante. Leurs fleurs estivales, parfumées et mellifères, attirent les insectes pollinisateurs et les abeilles (**Ricciardelli d'Albore, 1998**).

Le pollen de *Pimpinella anisum* a été fréquemment rencontré dans un échantillon de miel du centre Algérien (E22) avec une fréquence relative de 55,47%. La quantité de pollen est de 31200 pollen/10g indiquant un miel de classe II ou miel de fleur moyennement riche en pollen.

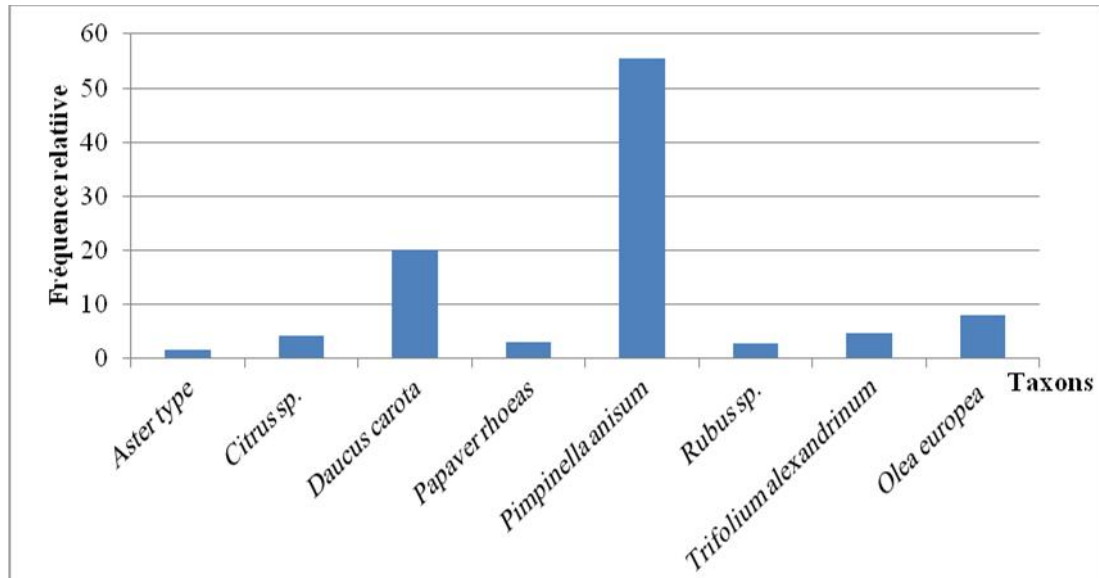
Cette plante est une bonne espèce nectarifère, elle joue un rôle important dans l'apiculture à travers l'Afrique du nord (**Makhloufi et al., 2010**)

**Louveaux et Abed (1984)** ont noté que le pollen de la famille des *Apiaceae* était abondant dans les miels du nord d'Afrique. Les miels monofloraux de *Pimpinella* sont représentés en Turquie (**Ricciardelli d'Albore, 1998**).

D'après Vorwohl, les miels de l'est Algérien et les miels tunisien sont riche en pollen de *Pimpinella* avec une association d'autres pollen tels que : l'*Acacia* sp., *Papaver*, *Olea*, *Myrtaceae* et *Cistus* sp. (**Makhloufi et al., 2010**).

Cependant, plus à l'ouest, aucune observation n'est faite de ce type de pollen dans le miel marocain (**Damblon, 1987, 1988 ; Terrab et al., 2003a-2003d**).

La figure 24 montre le diagramme pollinique de l'échantillon E22 à prédominance de *Pimpinella anisum*.



**Fig.24:** Diagramme pollinique de l'échantillon E22 : miel d'Anis.

#### f) Miels de *Thymus*

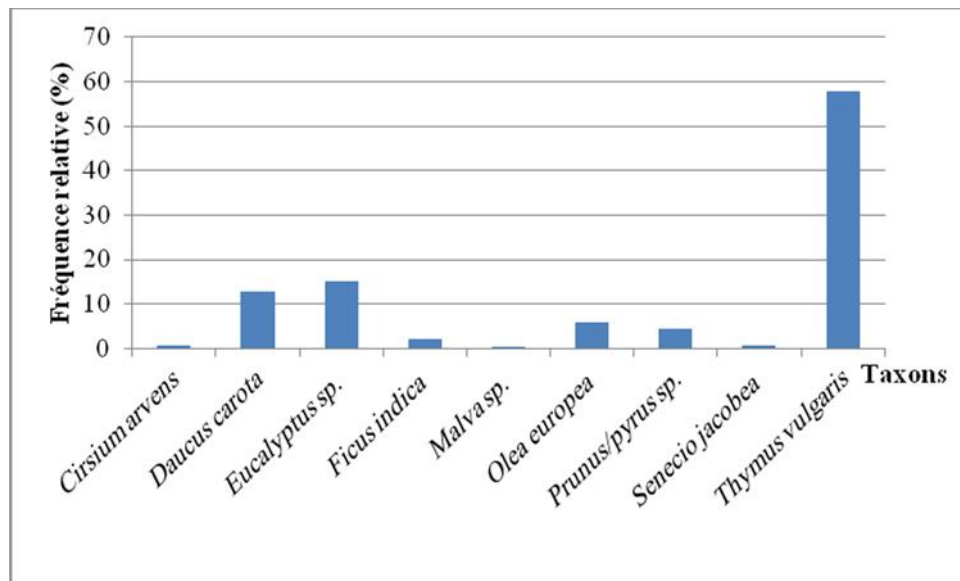
Parmi les espèces du genre *Thymus*, *T. serpyllum* et *T. vulgaris* se retrouvent fréquemment dans le sédiment des miels européens comme pollens isolés ou comme pollens d'accompagnement. Des miels purs de thym contenant le pollen de *Thymus* comme pollen dominant sont rares et on ne les a trouvés jusqu'ici que dans le bassin méditerranéen (**Damblon, 1987**).

Dans la région méditerranéenne, les miels de thym sont principalement produits en Grèce, en Italie, au Maroc et en Espagne (**Ricciardelli D'Albore, 1998**).

Les miels monofloraux de *Thymus* de l'Espagne sont caractérisés par la présence de *Calicotome villosa*, *Cytisus baeticus*, *Genista hirsuta*, *Ulex borgiae*, *Echium sp.*, *Eucalyptus sp.* et *Reseda luteola* dans leur spectre pollinique (**Terrab et al., 2004**).

Ce type de miel est représenté par l'échantillon E1 présumé miel de montagne. Le pollen de *Thymus vulgaris* domine avec une fréquence relative de 57,9%. La quantité de pollen est de 26653 pollen/10g indiquant un miel de classe II.

La figure 25 La figure montre le diagramme pollinique de l'échantillon E1 à prédominance de *Thymus vulgaris*.



**Fig.25** : Diagramme pollinique de l'échantillon E1 : miel de Thym.

#### **g) Miel de jujubier**

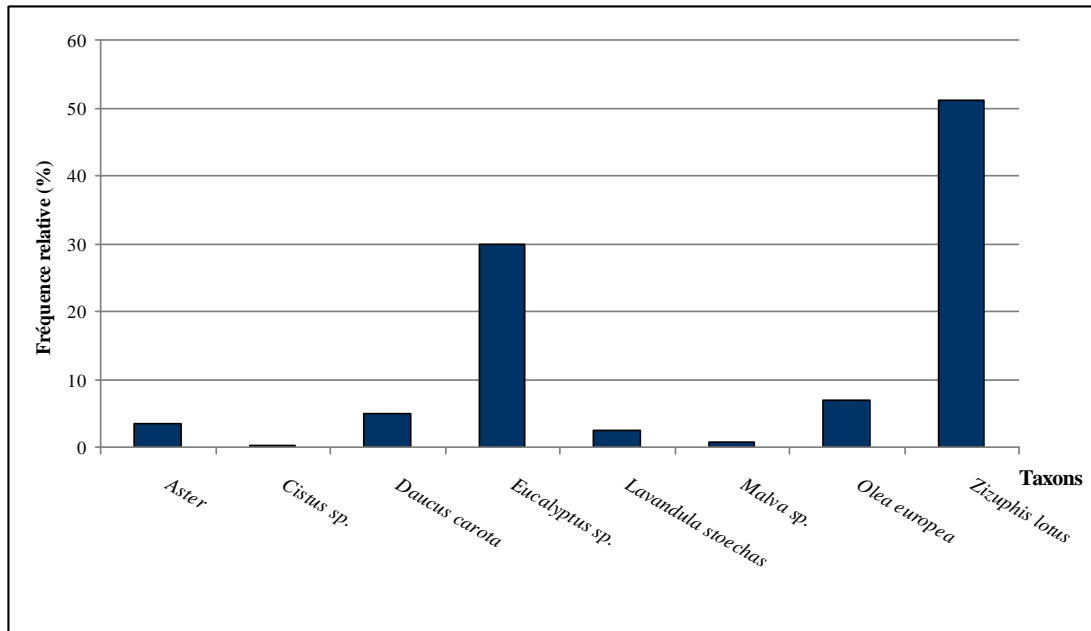
Miel très réputé et très recherché pour ses qualités thérapeutiques, ce miel est produit par l'abeille *Apis mellifera* qui va butiner sur le jujubier « *Zizyphus* » arbre épineux (**Javed Ansari et al., 2013**).

Le jujubier reste l'une des rares espèces végétales qui résiste à la chaleur et qui croît dans les régions steppiques (**Laamouri et al., 2008**).

Le pollen de *Zizyphus lotus* domine dans un seul échantillon de miel (E19) avec une fréquence relative de 51,1%. La présence de ce pollen s'explique par l'importance de la culture de cette espèce dans la région de Djelfa.

Le diagramme pollinique du miel de jujubier est mentionné dans la figure 26.





**Fig.26 :** Diagramme pollinique du miel de jujubier (E19).

### 2.2.2. Les miels multif floraux

Ce type de miels regroupe ceux qui n'ont pas de pollen dominant dans leur spectre. 21% des échantillons de miels analysés sont polyfloraux correspondant à des miels produits à l'ouest et au centre Algérien.

Les miels dont le spectre pollinique ne comporte pas de dominance ont été classés en fonction de leur origine géographique.

#### a) Miels de l'ouest Algérie

Sur les 24 miels de l'ouest on remarque que 6 seulement d'entre eux sont des miels dont le spectre pollinique ne comporte pas de dominance. Cependant on y retrouve secondairement les pollens de *Daucus carota*, d'*Eucalyptus sp.*, d'*Olea europea*, d'*Hedysarum coronarium*, de *Prunus/Pyrus sp.* et de *Pimpinella anisum*.

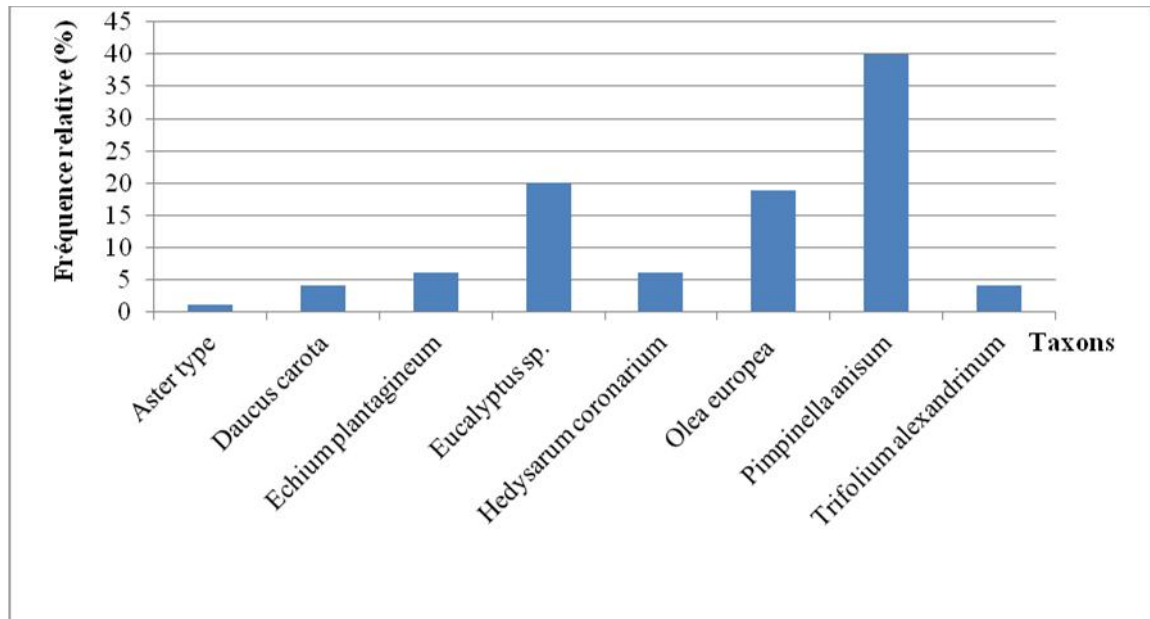
Les spectres polliniques sont complexes avec présence assez constante de *Papaver rhoeas* (tableau 17).

**Tableau 17:** Spectre pollinique des miels multif floraux du l'ouest Algérien.

Echantillons	Pollens d'accompagnement (16<Fr<45%)	Pollens isolés importants (3%<Fr <16%)	Pollens isolés (Fr<3%)
<b>E11</b>	<i>Pimpinella anisum</i> , <i>Prunus/pyrus</i> sp.	<i>Eucalyptus</i> sp., <i>Hedysarum coronarium</i> , <i>Olea europea</i> , <i>Sinapis arvensis</i> ,	<i>Aster</i> type, <i>Citrus</i> sp., <i>Oxalis</i> sp., <i>Papaver rhoeas</i> , <i>Trifolium alexandrinum</i>
<b>E14</b>	<i>Eucalyptus</i> sp., <i>Olea europea</i> .	<i>Aster</i> type, <i>Hedysarum coronarium</i> , <i>Trifolium alexandrinum</i> .	<i>Convolvulus arvensis</i> , <i>Papaver rhoeas</i> , <i>Tamarix</i> sp., <i>Lavandula stoechas</i> .
<b>E24</b>	<i>Eucalyptus</i> sp., <i>Hedysarum coronarium</i> ,	<i>Cistus</i> sp., <i>Rubus</i> sp., <i>Salix</i> sp., <i>Trifolium alexandrinum</i> ,	<i>Pinus</i> sp. , <i>Papaver rhoeas</i> ,
<b>E26</b>	<i>Hedysarum coronarium</i> , <i>Prunus/pyrus</i> sp.	<i>Aster</i> , <i>Echium plantagineum</i> , <i>Eucalyptus</i> sp., <i>Juniperus communis</i> , <i>Lavandula angustifolia</i> , <i>Pimpinella anisum</i> .	<i>Papaver rhoeas</i> , <i>Rubus</i> sp.
<b>E27</b>	<i>Eucalyptus</i> sp., <i>Olea europea</i> .	<i>Citrus</i> sp., <i>Trifolium repens</i> .	<i>Achillea</i> sp., <i>Aster</i> , <i>Carduus</i> sp., <i>Cistus</i> sp., <i>Echium plantagineum</i> , <i>Lavandula stoechas</i> , <i>Papaver rhoeas</i> , <i>Taraxacum officinale</i>
<b>E29</b>	<i>Daucus carota</i> , <i>Eucalyptus</i> sp.	<i>Olea europea</i> , <i>Pimpinella anisum</i> , <i>Rubus</i> sp., <i>Salix</i> sp., <i>Trifolium repens</i> .	<i>Acacia</i> sp., <i>Papaver rhoeas</i> .

**b) Miels du centre Algérien**

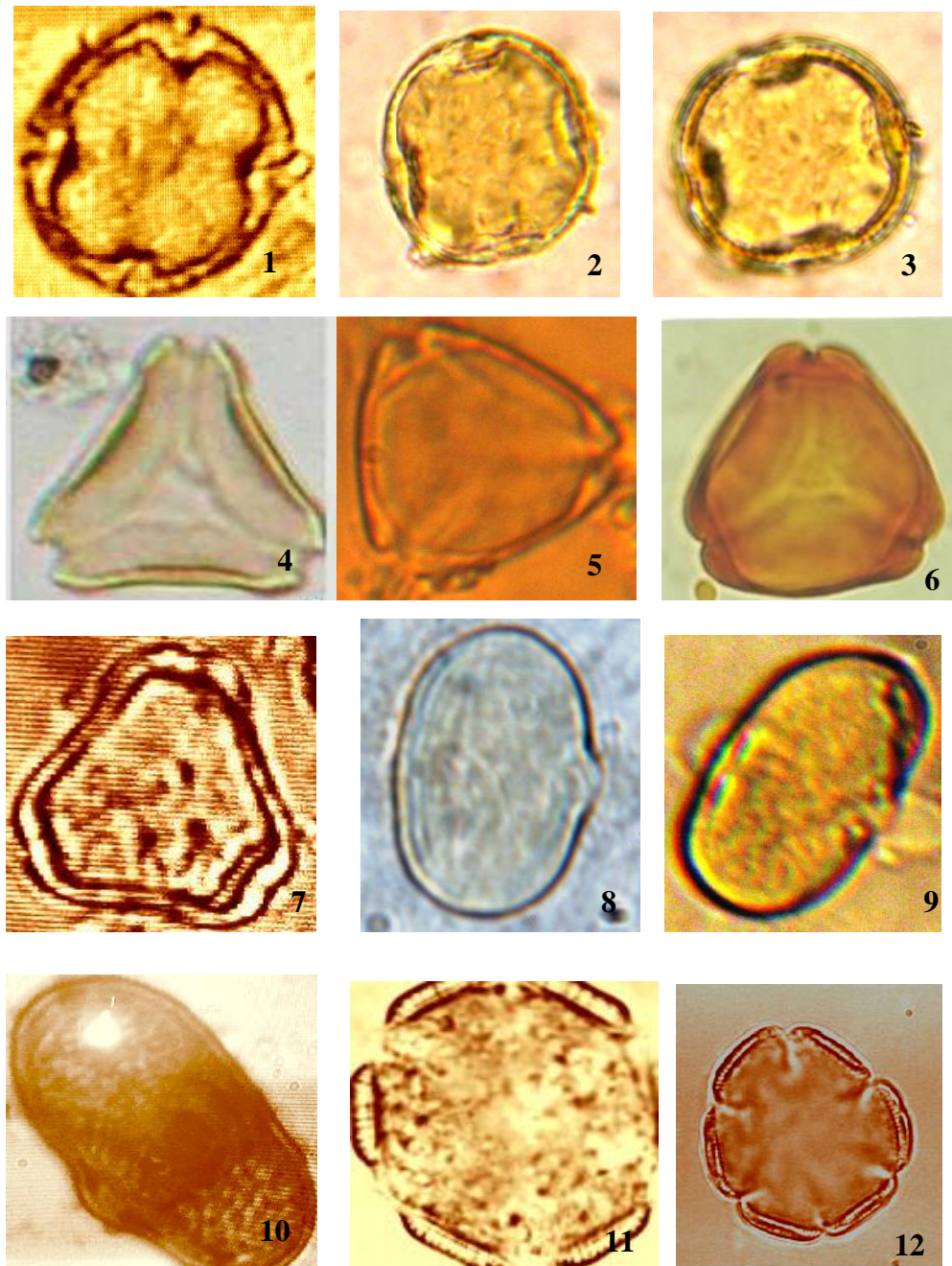
Les miels du centre Algérien sont, en majorité, des miels monofloraux. Il n'y a qu'un seul échantillon (E15) sans dominance mais dans lequel on retrouve sensiblement la même flore d'accompagnement que dans les miels de l'ouest Algérien (figure 27). Le miel considéré appartient à la classe II ou miels de fleurs.



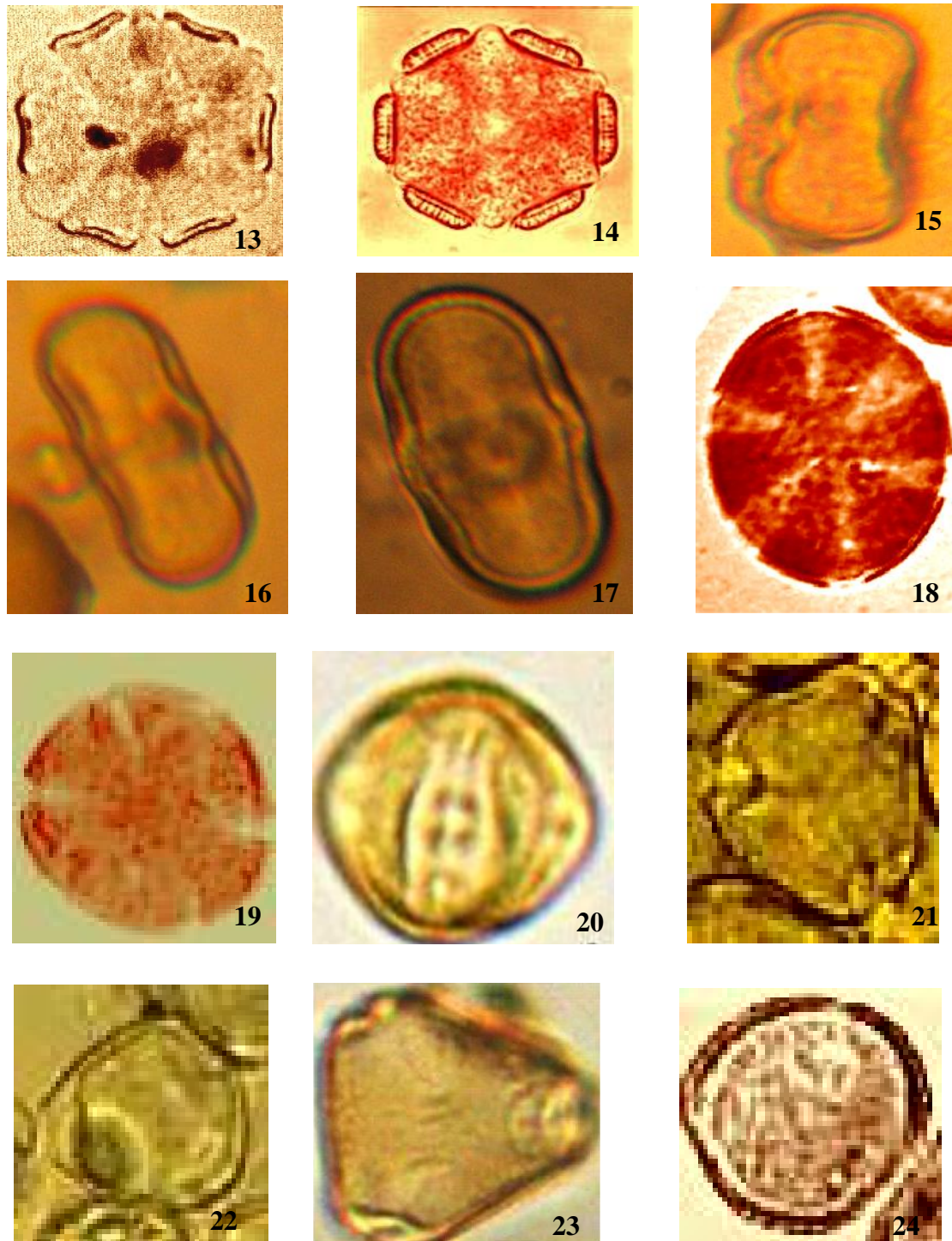
**Fig. 27:** Diagramme pollinique de l'échantillon E15 : miel multifloral.

**2.3. Les principaux types polliniques rencontrés**

Les pollens décrits sont ceux à fréquences élevées et ceux qui sont des indicateurs de l'origine géographique des miels. Ils comprennent 9 pollens de 7 familles de plantes. Les photos ont été faites avec un microscope optique.



**Planche I :** Quelques types polliniques contenus dans les échantillons de miels analysés (Grossissement x100). Figures: **1-3.** Rutaceae, *Citrus* sp. – **4-7.** Myrtaceae, *Eucalyptus* sp. – **8-10.** Fabaceae, *Hedysarum coronarium* – **11-12.** Lamiaceae, *Lavandula angustifolia*.



**Planche II** : Quelques types polliniques contenus dans les échantillons de miels analysés (Grossissement x100). Figures: **13-14.** Lamiaceae, *Lavandula stoeckas* – **15-17.** Apiaceae, *Pimpinella anisum* – **18-19.** Lamiaceae, *Thymus vulgaris* – **20-23.** Rhamnaceae, *Zizuphis lotus*. – **24.** Oleaceae, *Olea europea*

Le spectre de fréquence des formes de grains de pollen dans les miels étudiés est donné par la figure 28.

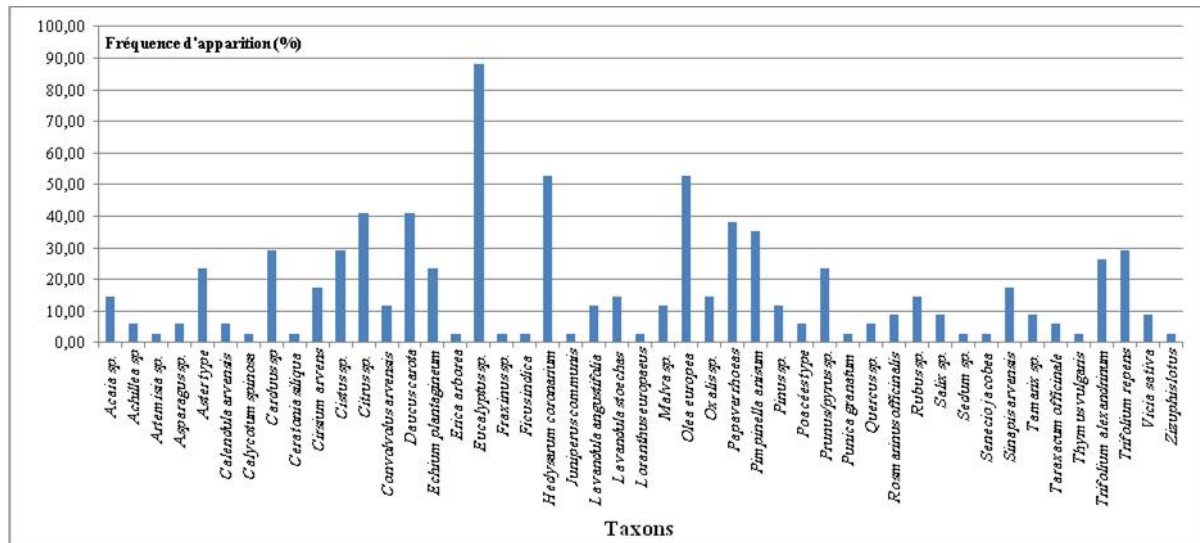


Fig. 28 : Spectre pollinique des miels étudiés.

On distingue des formes très fréquentes présentées dans 50% et plus des miels (Kenjeric et al., 2007), il s'agit de :

- ✚ *Eucalyptus* sp. (88,24%) ;
- ✚ *Hedysarum coronarium* (52,94%) ;
- ✚ *Olea europea* (52,94 %).

Les formes fréquentes présentées dans 20 à 50% des miels sont :

- ✚ *Aster* type (23,53%) ;
- ✚ *Carduus* sp. (29,41%) ;
- ✚ *Cistus* sp. (29,41%) ;
- ✚ *Daucus carota* (29,41%) ;
- ✚ *Citrus* sp. (41,18 %) ;
- ✚ *Echium plantagineum* (23,53%) ;
- ✚ *Papaver rhoeas* (38,24) ;
- ✚ *Pimpinella anisum* (35,29%) ;
- ✚ *Prunus/Pyrus* sp. (23,53%) ;
- ✚ *Trifolium alexandrinum* (26,47%) ;
- ✚ *Trifolium repens* (29,41 %).

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

- ✚ *Acaia* sp. (14,71%) ;
- ✚ *Cirsium arvens* (17,65%) ;
- ✚ *Convolvulus arvensis* (11,76%) ;
- ✚ *Lavandula angustifolia* (11,76%) ;
- ✚ *Lavandula stoechas* (14,71%) ;
- ✚ *Malva* sp. (11,76%) ;
- ✚ *Oxalis* sp. (14,71%) ;
- ✚ *Pinus* sp. (11,76%) ;
- ✚ *Rubus* sp. (14,71%) ;
- ✚ *Sinapis arvensis* (17,65%).

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

- ✚ *Achillea* sp. (5,88);
- ✚ *Artemisia* sp. (2,94%) ;
- ✚ *Asparagus* sp. (5,88) ;
- ✚ *Calendula arvensis* (5,88);
- ✚ *Calycotum spinosa* (2,94%);
- ✚ *Ceratonia siliqua* (2,94%);
- ✚ *Erica arborea* (2,94%);
- ✚ *Fraxinus* sp. (2,94%) ;
- ✚ *Ficus indica* (2,94%) ;
- ✚ *Juniperus communis* (2,94%) ;
- ✚ *Loranthus europaeus* (2,94%) ;
- ✚ *Poacées* type (5,88%) ;
- ✚ *Punica granatum* (2,94%);
- ✚ *Quercus* sp. (5,88%);
- ✚ *Rosmarinus officinalis* (8,82%);
- ✚ *Salix* sp. (8,82%);
- ✚ *Sedum* sp. (2,94%);
- ✚ *Senecio jacobea* (2,94%);
- ✚ *Tamarix* sp. (8,82);
- ✚ *Taraxacum officinale* (5,88%);

- ✚ *Thymus vulgaris* (2,94%);
- ✚ *Vicia sativa* (8,82%);
- ✚ *Zizuphis lotus* (2,94%).

Dans l'ensemble des miels analysés, 47 formes ont pu être identifiées. La figure 28 montre que la flore qui entre dans la composition des miels Algériens, est principalement spontanée, peu de plantes cultivées. Cependant, la plupart sont des plantes nectarifères et/ou pollinifères et entomophiles. Elles constituent une bonne source alimentaire pour les abeilles.

Les espèces retrouvées qui sont susceptibles d'être pollinisées par l'abeille, reflètent la flore qui avoisine le rucher mais montre également le choix sélectif de cet insecte au sein de cette flore.

La région d'étude produit donc des miels ayant des variétés de formes de grains de pollen qui varient en fréquence et en abondance, probablement par suite d'une distribution géographique de la plante, de l'effet des conditions d'un milieu sur la production de nectar ou de la durée de la période de végétation.

#### 2.4. Vérification des noms commerciaux des miels

Dans cette étude, les analyses polliniques ont permis d'identifier 7 types de miels monofloraux (miels de *Citrus*, d'*Eucalyptus*, d'*Hedysarum coronarium*, de *lavande*, de *Pimpinella anisum*, de *thyme*, et de *jujubier*) et des miels polyfloraux.

Parmi les échantillons analysés, 47% des échantillons (16 échantillons) répondent aux appellations commerciales (tableau 18). 18 échantillons ne correspondant pas à leur appellation d'origine :

- ✚ 5 échantillons (E3, E16, E18, E20 et E32) présumés multifloraux, de forêt et de jujubier mais présentant la dominance des pollens d'*Eucalyptus* dans leurs spectres sont donc des miels d'*Eucalyptus*.
- ✚ Le pollen de *lavande* domine dans 3 échantillons (E5, E6 et E31) présumés miels de forêt.
- ✚ Le pollen de *Thymus vulgaris* domine dans l'échantillon E1 présumé de montagne.



- ✚ Les miels (E15 et E27) présumés d'*Eucalyptus* et d'olivier ne présentent pas de pollen dominant et ont été qualifiés comme étant des miels polyfloraux.
- ✚ Le pollen de *Citrus* sp. domine dans les échantillons E4, E17 et E30 présumés multifloraux.
- ✚ *Hedysarum coronarium* domine dans trois miels (E21, E33 et E34) présumés de moutarde blanche, d'Eucalyptus et multifloral.
- ✚ L'échantillon (E22) présumé miel de forêt mais présentant la dominance de pollen *Pimpinella anisum* dans leur spectre.

Tableau 18: Origines florales des miels étudiés.

Échantillons	Appellation initiale	Appellation finale
<b>E1</b>	De mogntane	De thyme
<b>E2</b>	D'oranger	De <i>Citrus</i>
<b>E3</b>	Multifloral	D' <i>Eucalyptus</i>
<b>E4</b>	Multifloral	De <i>Citrus</i>
<b>E5</b>	De foret	De lavande
<b>E6</b>	De foret	De lavande
<b>E7</b>	D'oranger	De <i>Citrus</i>
<b>E8</b>	D' <i>Eucalyptus</i>	D' <i>Eucalyptus</i>
<b>E9</b>	D' <i>Eucalyptus</i>	D' <i>Eucalyptus</i>
<b>E10</b>	D' <i>Eucalyptus</i>	D' <i>Eucalyptus</i>
<b>E11</b>	Multifloral	Multifloral
<b>E12</b>	D'oranger	De <i>Citrus</i>
<b>E13</b>	D' <i>Eucalyptus</i>	D' <i>Eucalyptus</i>
<b>E14</b>	Multifloral	Multifloral
<b>E15</b>	D' <i>Eucalyptus</i>	Multifloral
<b>E16</b>	De foret	D' <i>Eucalyptus</i>
<b>E17</b>	Multifloral	De <i>Citrus</i>
<b>E18</b>	De Sidr	D' <i>Eucalyptus</i>
<b>E19</b>	De Sidr	De jujubier
<b>E20</b>	Toutes fleurs	D' <i>Eucalyptus</i>
<b>E21</b>	Moutarde blanche	D' <i>Hedysarum coronarium</i>
<b>E22</b>	Miel de foret	De <i>Pimpinella anisum</i>
<b>E23</b>	D'oranger	De <i>Citrus</i>
<b>E24</b>	Multifloral	Multifloral
<b>E25</b>	D'oranger	De <i>Citrus</i>
<b>E26</b>	Multifloral	Multifloral
<b>E27</b>	D'olivier	Multifloral
<b>E28</b>	D'oranger	De <i>Citrus</i>
<b>E29</b>	Toutes fleurs	Multifloral
<b>E30</b>	Multifloral	De <i>Citrus</i>
<b>E31</b>	De foret	De lavande
<b>E32</b>	De sidr	D' <i>Eucalyptus</i>
<b>E33</b>	D' <i>Eucalyptus</i>	D' <i>Hedysarum coronarium</i>
<b>E34</b>	Multifloral	D' <i>Hedysarum coronarium</i>

***Les indicateurs de l'origine géographique***

Des taxons caractéristiques ont été mis en évidence dans un ensemble de miels de même type provenant d'une région déterminée. Ces taxons permettent de séparer les miels de même appellation mais de provenance différente.

Les analyses polliniques ont montré que les pollens appartenant à la famille des *Myrtaceae* peuvent être considérés comme caractéristiques de l'ensemble des échantillons étudiés.

### 3. L'activité antimicrobienne

L'impact des maladies infectieuses ne cesse de croître dans le monde. Cela est du généralement au phénomène de l'antibio-résistance. Pour cette raison, des études récentes s'intéressent aux vertus thérapeutiques de certains produits naturels, sachant que ces derniers ne présentent pas généralement des effets secondaires. Le miel compte parmi ces produits les plus convoités. En raison de ses propriétés inhibitrices et thérapeutiques, de nombreuses études se sont intéressées aux propriétés thérapeutiques du miel (**Baltrusaityte et al., 2007 ; Badawy et al., 2005**).

Plus un miel inhibe la croissance des bactéries plus son efficacité est élevée (**Bogdanov et Blumer, 2001**).

L'antibiogramme consiste à rechercher la sensibilité des souches vis-à-vis des antibiotiques et des miels (**Kwakman et al., 2010**). Nous avons testé l'activité antimicrobienne des miels et celle des trois antibiotiques par la méthode standard des disques.

L'évaluation de l'activité antimicrobienne du miel est basée sur la mesure des diamètres en (mm) des halos d'inhibition de différentes dilutions des différents échantillons de miel. Ces mesures permettent de déterminer l'activité antimicrobienne du miel *in vitro*.

Une bactérie est considérée sensible si le diamètre de la zone d'inhibition est supérieur à 8 mm (**Ahmed et al., 2012**). Cette sensibilité augmente en fonction du diamètre de cette zone d'inhibition.

Les antibiotiques que nous avons utilisés pour les différentes souches sont :

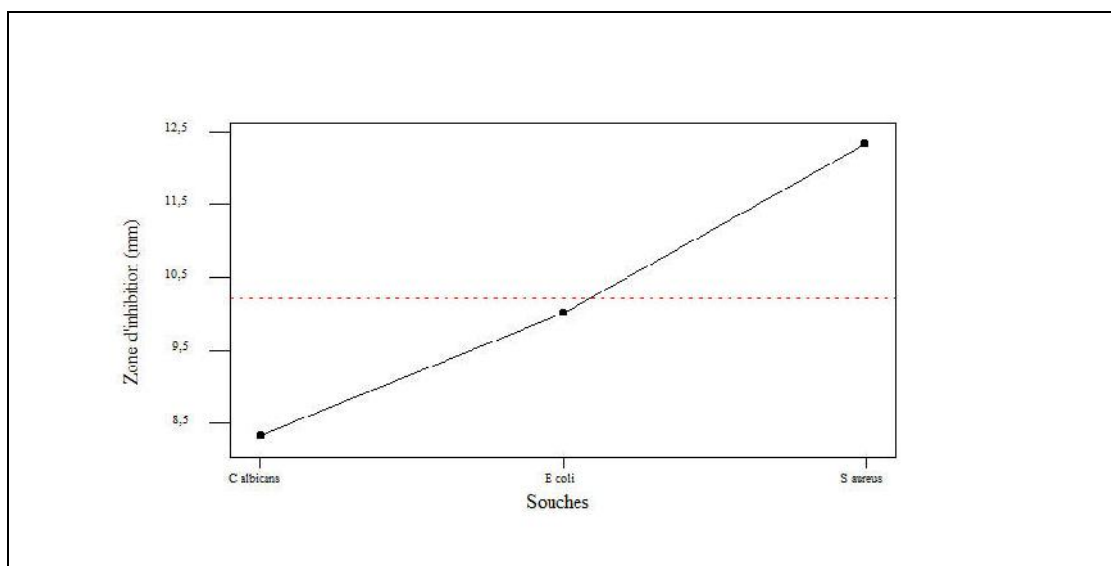
- Acide nalidixique et ampicilline pour *E. coli*
- Pénicilline pour *S. aureus*

Le tableau 19 présente les données concernant l'activité antibactérienne. Il en résulte que toutes les souches ont été affectées par les différents miels examinés, leur diamètre d'inhibition variant en fonction du miel utilisé et de la souche bactérienne considérée.

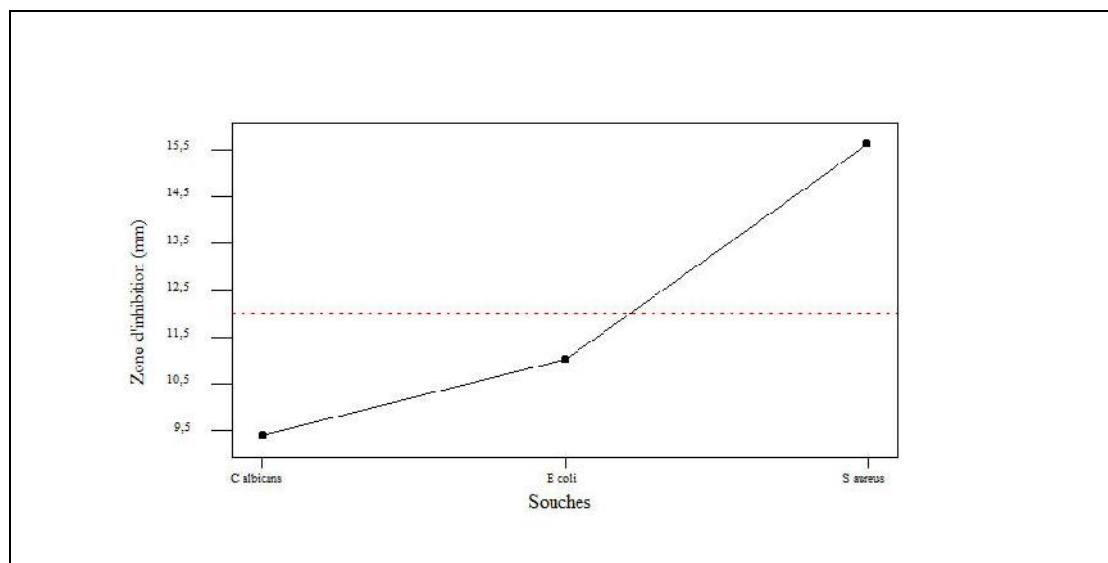
**Tableau 19:** Effet du miel sur les souches testées. Les chiffres représentent les diamètres des halos d'inhibition en mm

Echantillons	<i>E. coli</i>				<i>S. aureus</i>				<i>C. albicans</i>			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
E1	10,7	11,6	11,8	13,9	12,5	19	20,7	23	8,6	10	11,6	12,7
E2	10	10,3	11,1	11,3	11,9	22	23,9	25	9,7	10,8	11,9	12,2
E3	10	11,6	12	14	11	12	17,6	20	10,3	10,4	10,9	11,1
E4	10,5	11,1	11,9	13,5	12,7	22	24,9	27	7,9	10,5	11	11
E5	9	10,4	11,7	12	10	10	14,6	15	9,9	10,6	11	12
E6	9,8	10	10,1	11,2	14	23	25,9	27	9	9,6	9,7	10,8
E7	11,6	13,4	15	15,1	11,8	14	16,5	17	7,5	6,7	9	12
E8	11,3	12,9	14,3	14,5	10	10	14,3	15	8,4	10	10,5	12
E9	9,7	10	10,1	11,3	13,6	16,5	20	22	4	6,7	9	10,4
E10	10	11	11,9	12	14	21	22,6	23	9	10,9	11,6	12,7
E11	11,7	12,4	13,8	14	13,1	18	19,3	21	10,4	11	11,4	11,6
E12	11,4	11,7	12	13	13,9	17	17,9	19	10	10,9	11,2	11,6
E13	11,3	12,8	10	14,3	10,1	11	11,8	12	8	9,9	12,1	13,2
E14	11	11,9	12,1	12,6	9,3	10	11,5	12	10,1	11	11,2	11,6
E15	10	10,8	11	12	14,3	17	17,3	21	10,1	10,8	11	11,3
E16	10	10,4	10,9	12	9	9,6	12,4	13	10,9	11	11	11,1
E17	11	11,5	12	12,9	11,6	14	17,6	19	8	9	10,7	11
E18	9	10	11,7	13	15,2	23	24,1	27	8,3	9	11,6	12,2
E19	9	9,6	9,7	10,8	11	12	13,5	14	9,7	10,8	11,1	11,3
E20	10	11	11	12	13	14	15,1	16	0	5	6,6	8
E21	7,8	9,5	10,7	11	11,5	18,3	21,3	23,6	7,3	8	6,6	10,4
E22	10	11,6	11,2	12	13,2	13,8	15	17,7	7,4	9,2	10,8	10
E23	10	11,1	11	11,3	14,8	15	15,5	16,3	7,3	7,5	10	12,2
E24	8,4	10	10,5	12	13,3	14,2	16,6	16,8	6,6	7	8	9
E25	10	10	10,2	11	15,1	16	16,4	21,5	6,6	12,9	13,4	15
E26	10,2	11,7	12,7	12,9	15,6	16,9	17,9	18,9	9,3	9,6	9,9	10
E27	10,8	11,6	12,5	12,5	10,2	13,8	14,7	20	7	8,4	10,8	12,2
E28	7,9	10,5	11	11	10,2	18	19,6	21	6,7	7,5	8,3	12,2
E29	9,9	10,6	11	12	14	14,1	17,6	19,7	10	13,1	13,4	15
E30	10	11	11	14,3	9,4	13	16,8	18,4	6,4	6,9	8	13,2
E31	9,6	10,9	11,4	11,6	14,4	14,5	15,6	16,2	9,7	9,5	9,9	9,4
E32	8,6	10	11,6	12,7	9,2	11,5	13	16,8	9	9,4	9,4	9,7
E33	9,7	10,8	11,9	12,2	14,9	18,7	19,4	23,2	7,4	9,3	9,7	10,8
E34	10,3	10,4	10,9	11,1	14,2	18,6	18,8	19,4	9	9	12	13,3

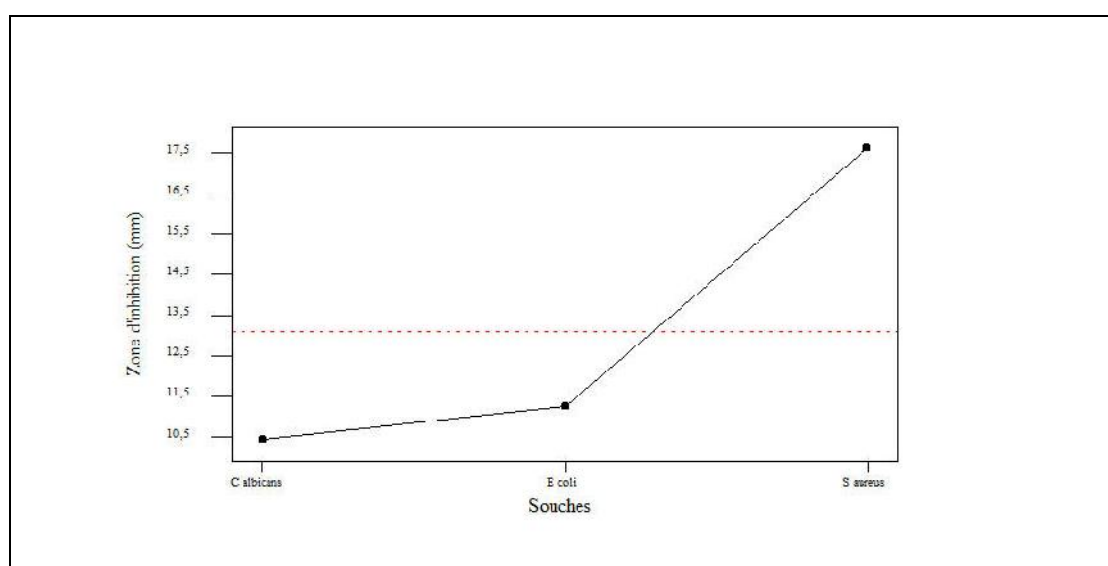
La comparaison des moyennes démontre que l'inhibition est variable d'un germe à un autre pour l'ensemble des miels analysés. On observe qu'il ya deux groupes le premier est formé principalement par *Staphylococcus aureus* est la souche la plus sensible. Alors que le second est constitue principalement par les autres germes (*Candida albicans* et *E. Coli*) qui exerce un effet inhibiteur moyen pour les quatre concentrations. La zone d'inhibition augmente avec l'augmentation de la concentration des miels (figures 29, 30, 31 et 32).



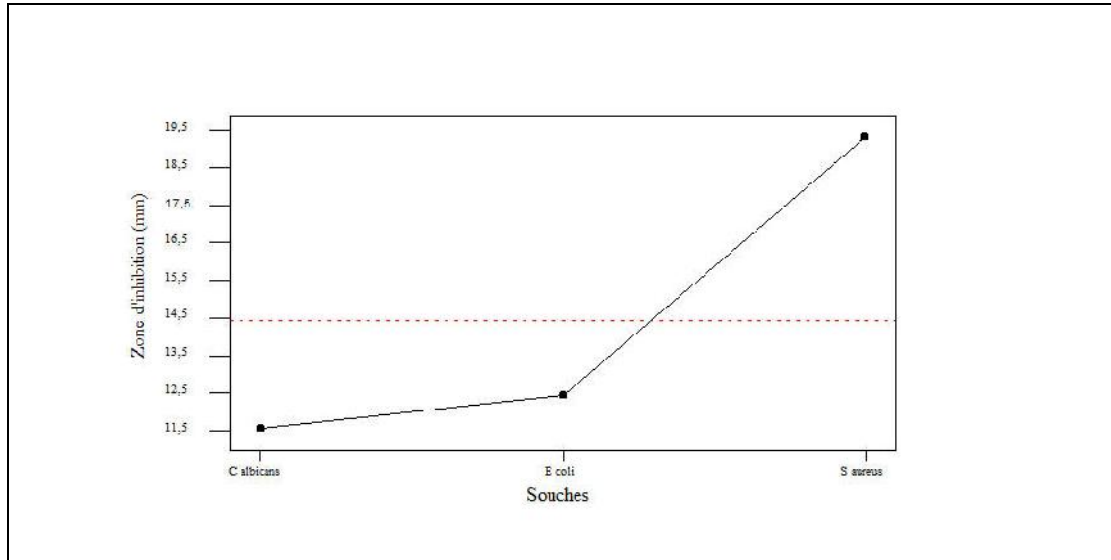
**Fig. 29 :** Graphique des effets principaux - Moyennes des données (ANOVA) des différents miels analysés (dilution A)



**Fig. 30:** Graphique des effets principaux - Moyennes des données (ANOVA) des différents miels analysés (dilution B)



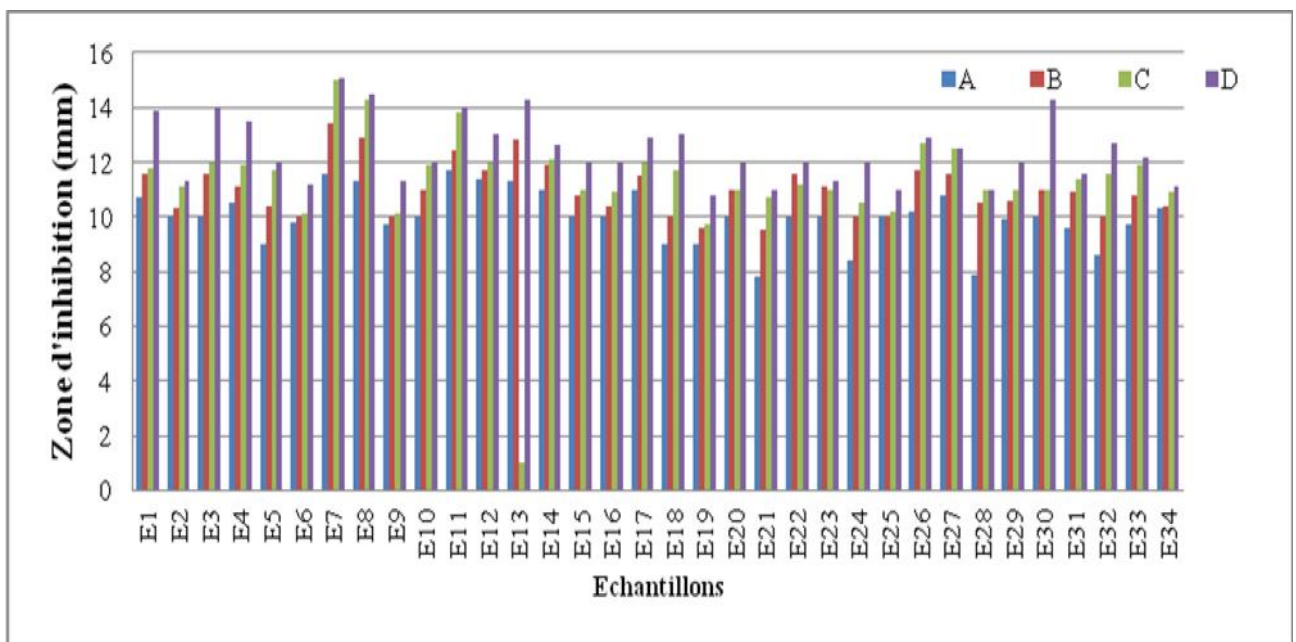
**Fig. 31:** Graphique des effets principaux - Moyennes des données (ANOVA) des différents miels analysés (dilution C)



**Fig. 32:** Graphique des effets principaux - Moyennes des données (ANOVA) des différents miels analysés (dilution D)

**a) Effet inhibiteur des différents miels sur la croissance d'*E. Coli***

La figure 33 montre l'action antibactérienne des différents types de miel sur *E. Coli*. Il est facile de se rendre compte que l'inhibition est marqué principalement presque dans les quatre concentrations et surtout pour la concentration D car on signalé l'absence totale de toute croissance bactérienne de cette souche.



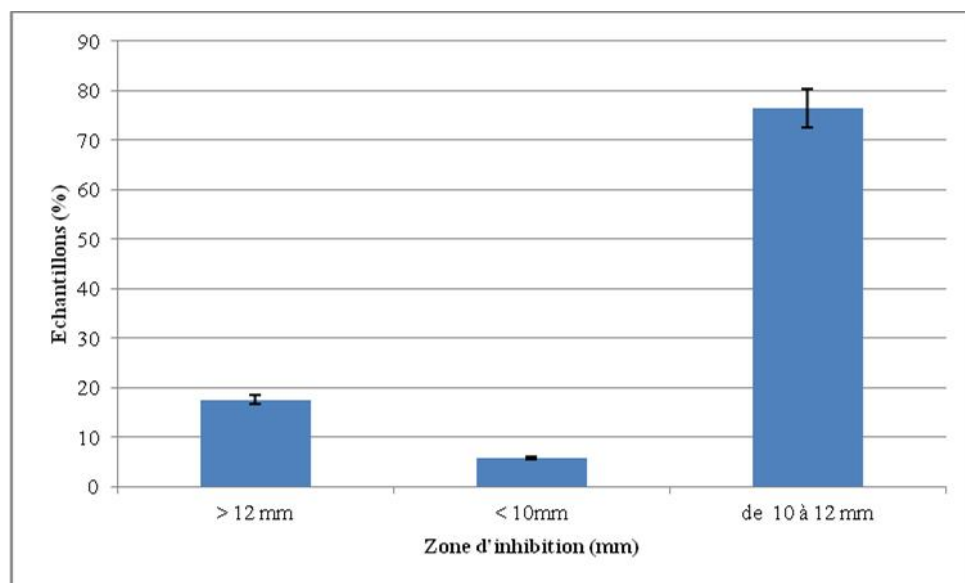
**Fig. 33:** Effet inhibiteur de différents types de miel sur la croissance d'*E. Coli*



La zone d'inhibition varie de 7,8 à 11,7 mm ; de 9,5 à 13,4 mm ; de 9,7 à 15 mm et de 10,8 à 15,1 mm pour les quatre dilutions respectivement A, B, C et D (figure 33).

L'observation de la figure 34 nous a permis de visualiser 3 groupes des miels :

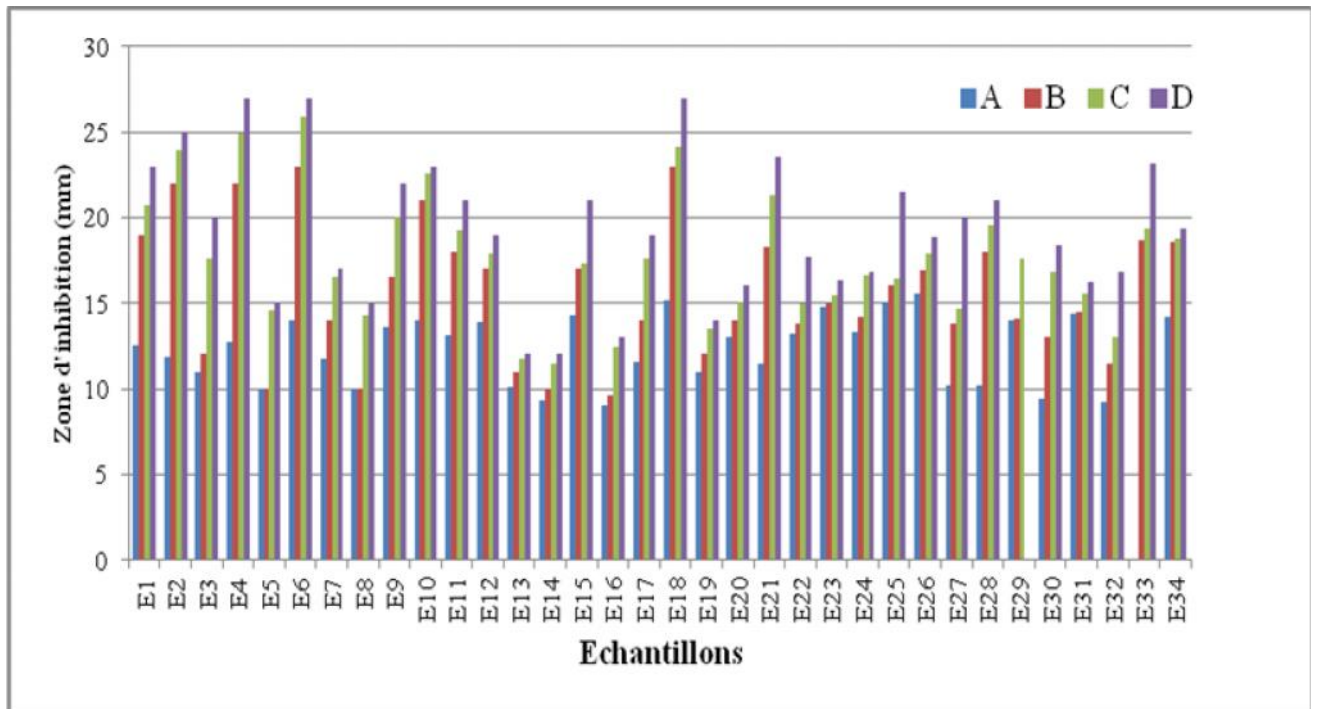
- Le 1<sup>er</sup> groupe est formé principalement par 18% des échantillons (E1, E7, E8, E11, E12 et E13) qui donne souvent une inhibition très élevée (> 12 mm) sur la croissance d'*E. Coli* ;
- 76% des échantillons ont un effet inhibiteur moyennement élevé (de 10 à 12 mm);
- Deux échantillons exercent un effet inhibiteur faible (< 10 mm).



**Fig. 34:** Distribution des échantillons en fonction de leur effet inhibiteur vis-à-vis *E. coli*

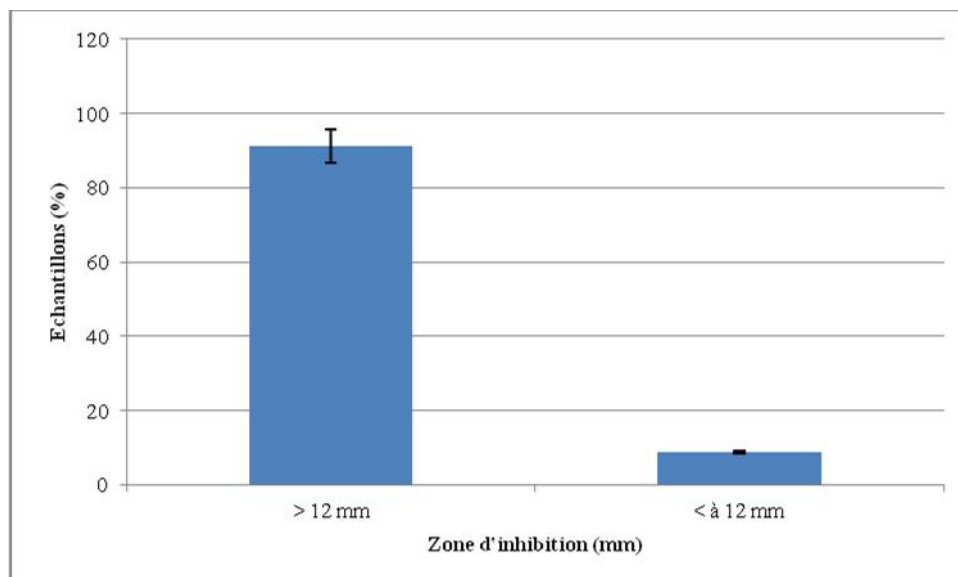
**b) Effet inhibiteur des différents types de miel sur la croissance de *S. aureus***

En revanche, *S. aureus* (gram +), c'est montrée plus sensible que *E. coli* ; d'après la figure 35, on remarque que l'activité inhibitrice des différentes sortes de miels sur *S. aureus* est importante pour les quatre concentrations. Elle varie de 12 à 27 mm pour la concentration D.



**Fig. 35:** Effet inhibiteur de différents types de miel sur la croissance d'*S. aureus*

91 % des échantillons donnent un effet inhibiteur très élevé tandis que 3 échantillons exercent une inhibition moyenne (figure 36).



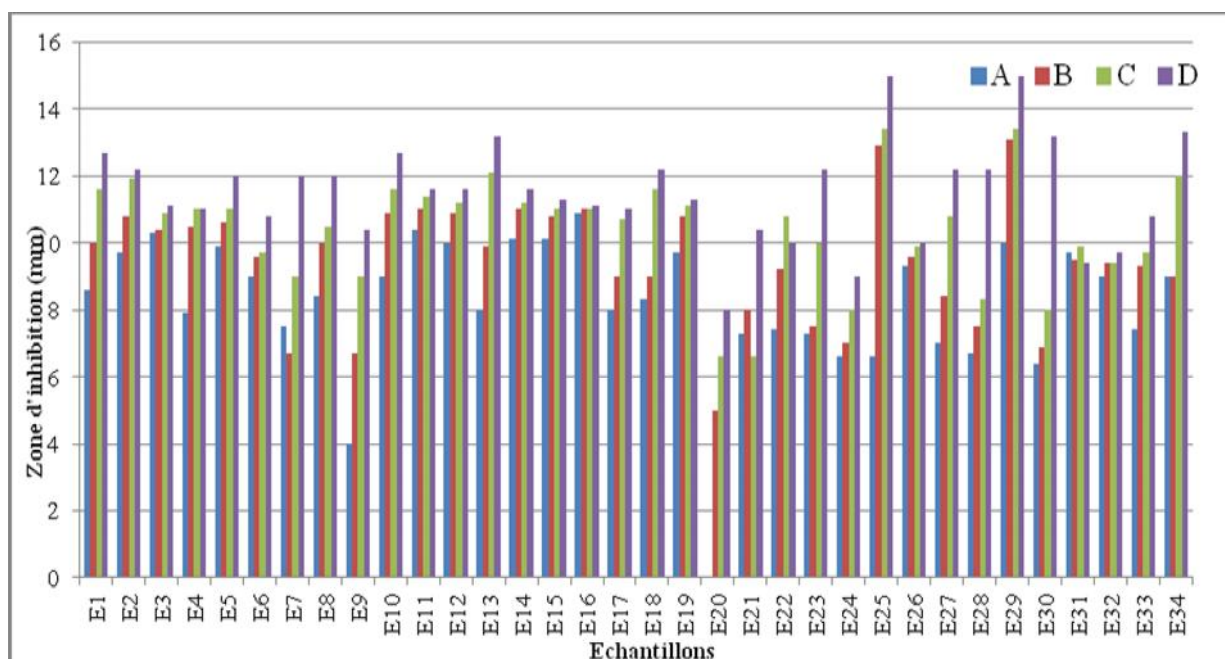
**Fig. 36:** Distribution des échantillons en fonction de leur effet inhibiteur vis-à-vis *S. aureus*

Melliou et Chinou (2005) ont confirmé que, l'activité antibactérienne du miel est révélée particulièrement efficace à fortes doses.

**c) Effet inhibiteur des différents miels sur la croissance de *Candida albicans*.**

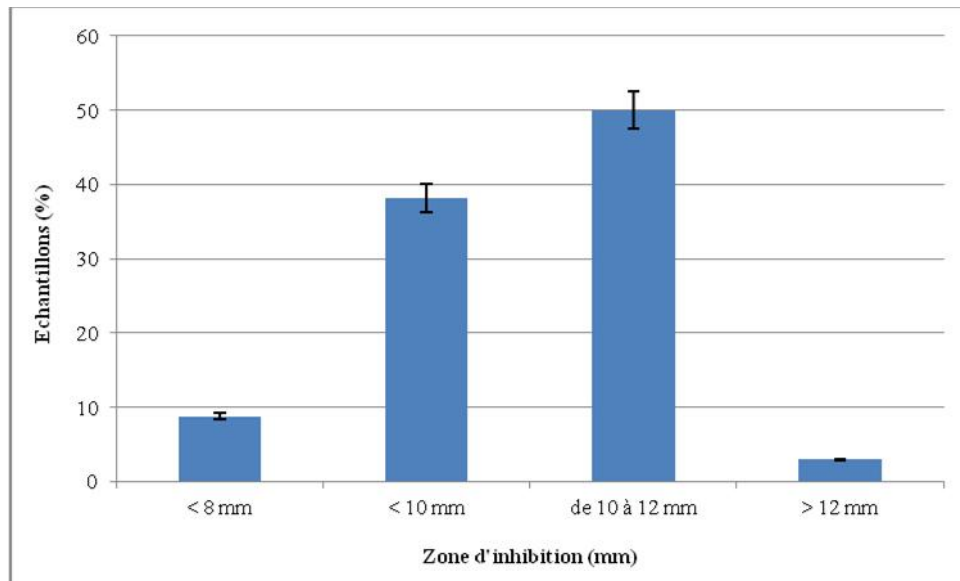
La zone d'inhibition varie de 0 à 10,9 mm pour les miels les plus dilués (A), de 5 à 13,1 mm pour les miels avec la deuxième dilution (B) mm, de 6,6 à 13,4 mm pour les miels de la dilution C et de 8 à 15 mm pour miels concentrés (D) (figure 37). On remarque qu'un seul échantillon (E 29) présente une inhibition élevée avec une zone d'inhibition de 12,87 mm pour les quatre dilutions.

Trois échantillons (E9, E20 et E24) ne présentent aucune efficacité inhibitrice sur les levures (ZI < 8 mm).



**Fig. 37:** Effet inhibiteur de différents types de miel sur la croissance de *C.albicans*

38% des échantillons possèdent un effet inhibiteur faible (ZI<10 mm), tandis que 50% des miels ont donné une efficacité inhibitrice moyenne (ZI varie de 10 à 12mm) (figure 38).



**Fig. 38:** Distribution des échantillons en fonction de leur effet inhibiteur vis-à-vis *C. albicans*

Concernant les antibiotiques, nous avons trouvés que l’effet se diffère en fonction de la souche bactérienne, ainsi on a observé que *S. aureus* a été inhibé par la pénicilline avec un diamètre de 8 mm autour du disque de cet antibiotique, ce qui indique qu’elle est sensible vis-à-vis cet ATB. Par contre elle s’est montrée résistante à l’ampicilline (tableau 20).

En ce qui concerne *E. coli*, on a trouvé qu’elle est sensible à l’acide nalidixique et à l’ampicilline.

**Tableau 20:** Antibiogramme des bactéries à Gram- et Gram+. Les chiffres représentent les diamètres des halos d’inhibition en mm.

Souches	Zone d'inhibition (mm)		
	NA	Pén	Amp
<i>E. coli</i>	11		11
<i>S. aureus</i>		8	0

NA : Acide nalidixique, Pen : Pénicilline, Amp : Ampicilline.

D'après les résultats de l'évaluation de l'activité antimicrobienne, on peut constater ce qui suit :

- ✚ Toutes les souches microbiennes testées sont sensibles à l'action inhibitrice des miels analysés, avec des différences d'un type à un autre et d'une souche à une autre, ce qui indique son large spectre d'action antibactérienne et antifongique.
- ✚ L'effet antimicrobien du miel est plus important avec les échantillons non dilués, il diminue avec des dilutions successives.
- ✚ Les souches *Staphylococcus aureus* sont les plus sensibles à l'effet des échantillons de miel, *E. coli* est moyennement sensible tandis que *Candida albicans* est faiblement sensible.
- ✚ L'action du miel naturel sur les microorganismes dépend, d'une part de la structure de la paroi de la cellule cible, et d'autre part de la composition du miel lui-même (**French et al., 2005**).
- ✚ La composition du miel elle-même dépend à son tour de nombreux facteurs, tels que : la nature du sol, la race des abeilles et l'état physiologique de la colonie (**Jean-Prost, 1979 ; Voidarou et al., 2011**). En fait, **Donadieu (1978) ; (2006) ; (1981)** a montré que chaque miel mono floral se caractérise par des propriétés thérapeutiques propres à lui. D'autres facteurs influent également sur la composition et la nature du miel et ses particularités tels que :
  - 1) L'origine florale de l'alimentation (**Biri, 1999**);
  - 2) Le climat de l'environnement, la saison de l'élevage de l'abeille et de la production de miel (**Fidaleo et al., 2010**);
  - 3) Le mode d'extraction de miel (**Lee et al., 2008**);
  - 4) La durée et les conditions de conservation, telles que la température et la lumière qui conditionnent l'activité des enzymes de miel et leur efficacité (**Caillas, 1974; Chauhan et al., 2010**).
- ✚ L'activité inhibitrice du miel naturel sur *E. coli* est semblable à celle des antibiotiques les plus actifs. Concernant *Staphylococcus aureus*, une souche

polyrésistante aux antibiotiques, l'activité inhibitrice du miel naturel sur cette souche est excellente (deux fois plus que les antibiotiques).

- ✚ Nous avons observé que la levure *Candida albicans* a uniquement une sensibilité à l'effet du miel. On constate que sa sensibilité est relativement faible par rapport à celle des bactéries.

Grâce à sa composition, le miel est un milieu défavorable aux microorganismes. Premièrement, cette solution concentrée de sucre retire après absorption l'eau indispensable à la vie d'agents pathogènes (**Bogdanov, 1997; Morais et al., 2011**). Deuxièmement, son degré d'acidité, valeur du pH le plus souvent faible inhibe la multiplication de bactéries (**Torres et al., 2004**).

L'eau oxygénée ( $H_2O_2$ ), appelée aussi peroxyde d'hydrogène, produit de l'oxydation de l'eau et du glucose, est aujourd'hui considérée comme la principale inhibine (**Mandal et al., 2011**). D'après **Kerkvliet (1996); Al-Habsi et Niranjana (2012)**, l'effet antimicrobien du miel peut partiellement être expliqué par son contenu important en enzyme, le glucose oxydase, qui active la transformation du glucose en acide gluconique et en peroxyde d'hydrogène. L'enzyme reste active tous le temps de la transformation du nectar en miel. Dans le miel mûr, l'enzyme n'est plus active mais reste intacte. Si le miel est dilué avec un peu d'humidité, l'enzyme est réactivée (**Manyi-Loh et al., 2010 ; Kwakman et Zaat, 2012**). Cette idée a été annoncée depuis plus de 14 siècles par notre prophète MOHAMED qui insiste sur "boire du miel dilué".

En revanche, la présence d'autres inhibines non peroxydes a été prouvée dans le miel mûr, par exemple les lysozymes, les flavanoïdes et des acides aromatiques (**Escuredo et al., 2012**). La flore mellifère visitée par les abeilles entre en ligne de compte comme source possible de ces inhibines non peroxydes (**Bogdanov et Blumer, 2001**).

Ces résultats montrent clairement que le miel est doté d'un large spectre d'activité inhibitrice sur les souches bactériennes à Gram+ et à Gram-, ainsi que les souches fongiques testées. Cet effet inhibiteur a été constaté pour la plupart des

échantillons testés avec une certaine variabilité d'un échantillon à un autre et d'une souche à une autre.

Ces résultats pourraient trouver une application possible dans le traitement des différentes maladies causées par des germes pathogènes.

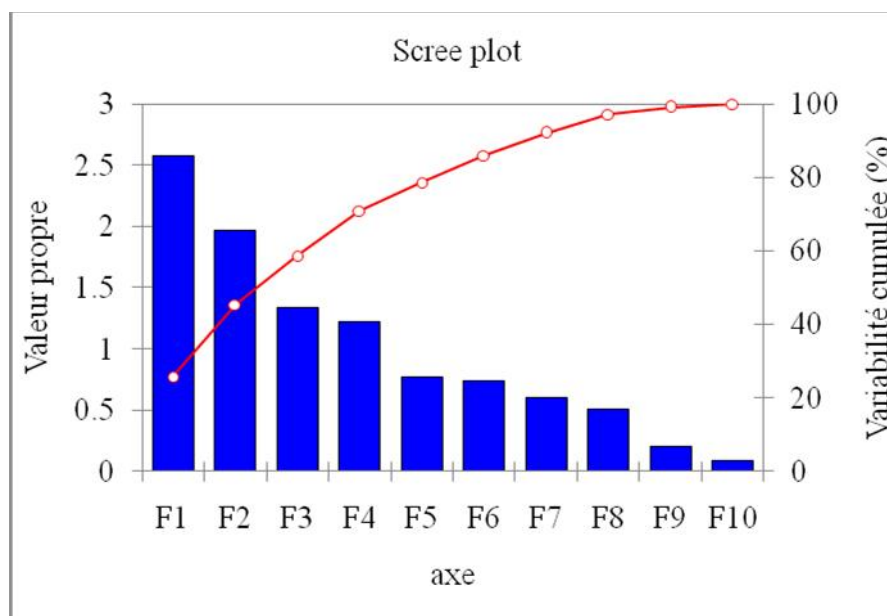
La valeur médicinale du miel comme antibiotique naturel est de plus en plus démontrée scientifiquement, ce qui constitue l'importance de son utilisation en médecine et dans le secteur de l'industrie pharmaceutique et cosmétique (**Agbaje et al., 2006**).

## 4. Traitement statistique

### 4.1. Relation entre les paramètres physicochimiques

#### a) Analyse en composantes principales (ACP)

Selon le graphique (Figure 39), on remarque que seule les 4 premières composantes sont supérieures à 1 ce qui fait que le nombre de composantes principales nécessaires à l'interprétation des données de cette ACP.



**Fig. 39** : Analyse en composantes principales.

En effet on remarque d'après le tableau des valeurs propres (Tableau 21) que les quatre premières composantes expliquent 70.9% de la variabilité relative aux miels.

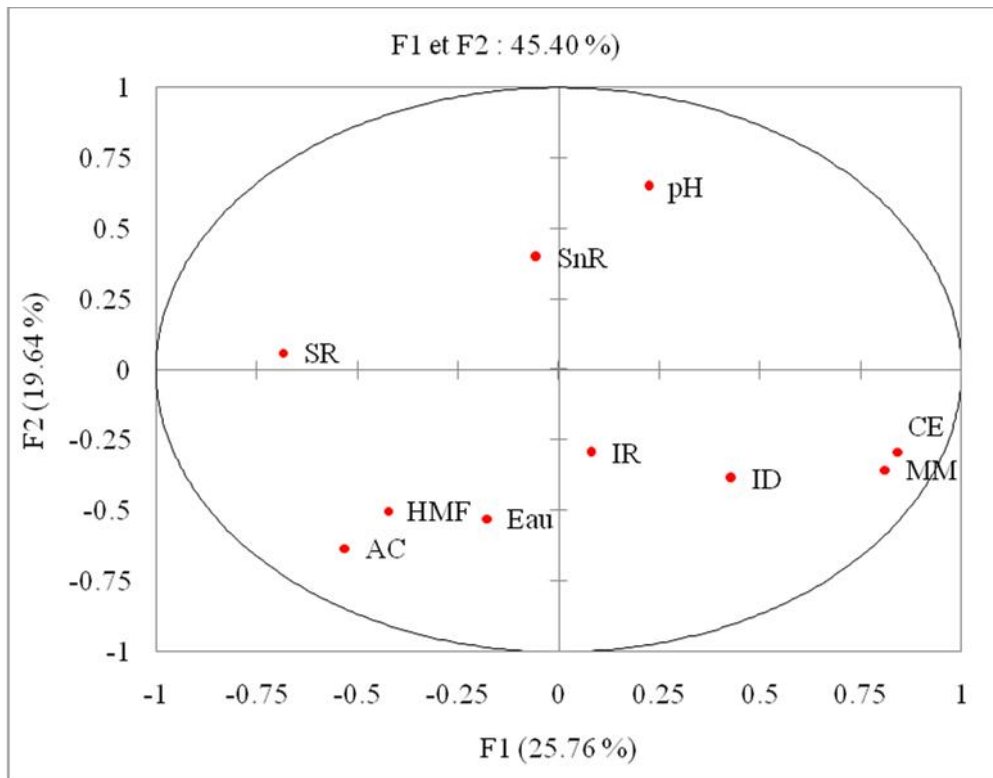
**Tableau 21**: Valeurs propres des 4 premières composantes.

	F1	F2	F3	F4
Valeur propre	2.576	1.964	1.334	1.218
Variabilité (%)	25.761	19.639	13.336	12.178
Pourcentage cumulé	25.761	45.400	58.736	70.913



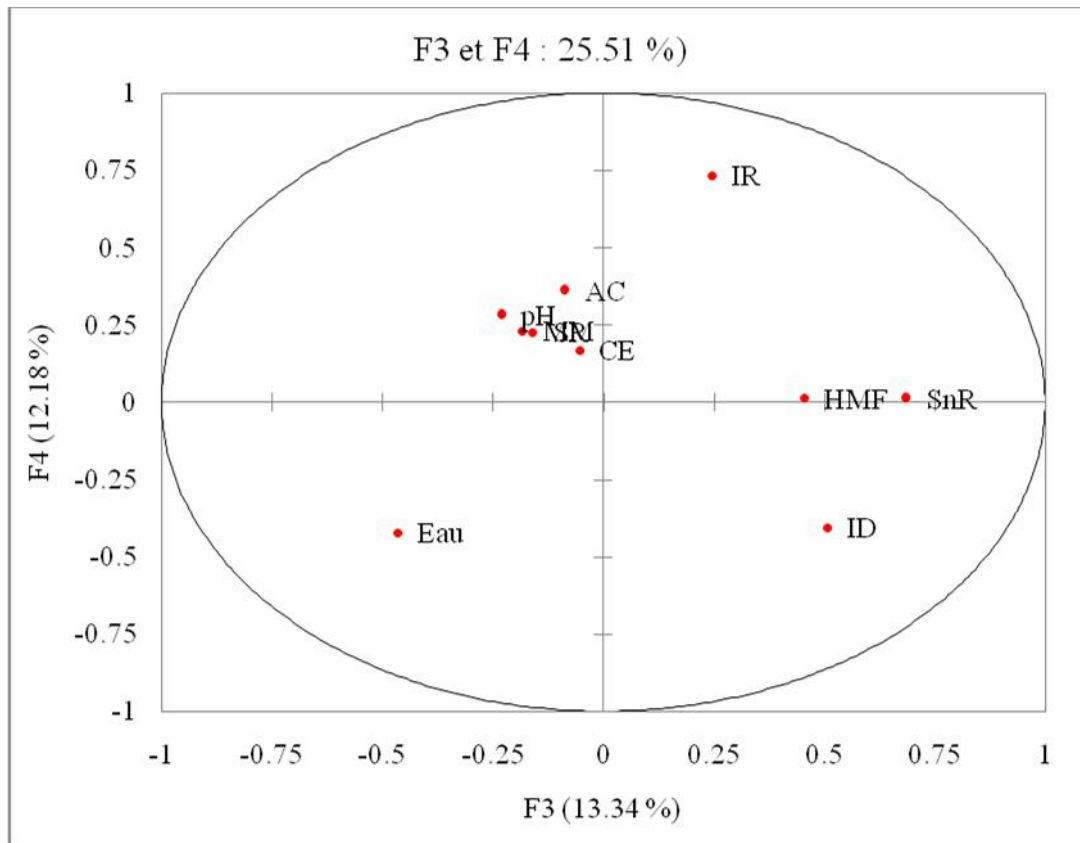
Les deux premiers axes expliquent 45.4% de l'information, le premier axe explique à lui seule une variabilité de 25.7%, cet axe est fortement positivement corrélé à la conductivité électrique (CE) et à la matière minérale (MM) et fortement négativement corrélé au sucres réducteur (SR) (Figure 40). Donc cet axe oppose la conductivité électrique et la matière minérale aux sucres réducteur; ce qui fait que les miels ayant une forte conductivité électrique sont riche en matière minérale, avec un indice diastasique élevé et sont pauvres en sucres réducteurs. En effet pour confirmer ces résultats la matrice de corrélation (Tableau 22) montre une corrélation positive hautement significative au seuil  $\alpha = 1\%$  de l'ordre de 0.88 entre la conductivité électrique et la matière minérale, et une corrélation négative significative au seuil  $\alpha = 5\%$  entre la conductivité et les sucres réducteurs ( $R=-0.45$ ) et les matières minérales avec les sucres réducteurs ( $R=-0.36$ ). Cet axe peut être qualifié d'axe conductivité électrique et matière minérale.

Le deuxième axe explique aussi une part importante de variabilité de l'ordre de 19.64%, cet axe est corrélé à l'acidité et au HMF, donc les miels contenant une forte quantité d'acidité sont riches en HMF et très pauvres en sucres avec un pH acide. La matrice de corrélation (Tableau 22) confirme en effet cette interprétation or on remarque une corrélation positive significative au seuil  $\alpha = 5\%$  entre l'acidité et l'HMF avec un coefficient de corrélation de 0.49 et une corrélation significativement négative entre l'acidité et le pH de l'ordre de -0.393. Cet axe peut être qualifié d'axe acidité, pH.



**Fig. 40** : Projection des variables sur l'axe 1 et 2 de l'analyse en composantes principales.

Le troisième et quatrième axes n'expliquent qu'une faible part de l'information de l'ordre de 25.5%, la part de variabilité expliquée par le troisième axe est de 13.34%, il est principalement positivement corrélé aux sucres et négativement corrélé à l'eau, donc les miels riches en eau sont pauvres en sucre. Enfin le quatrième axe est positivement corrélé à l'IR et négativement corrélé à l'eau, aussi on peut conclure que la richesse en eau provoque une diminution de l'IR.



**Fig. 41** : Projection des variables sur l'axe 3 et 4 de l'analyse en composantes principales.

**Tableau 22:** Matrice de corrélation entre variables étudiées avec le seuil de signification (*NS non significative, \* significative au seuil = 5% et \*\* significative au seuil =1%*)

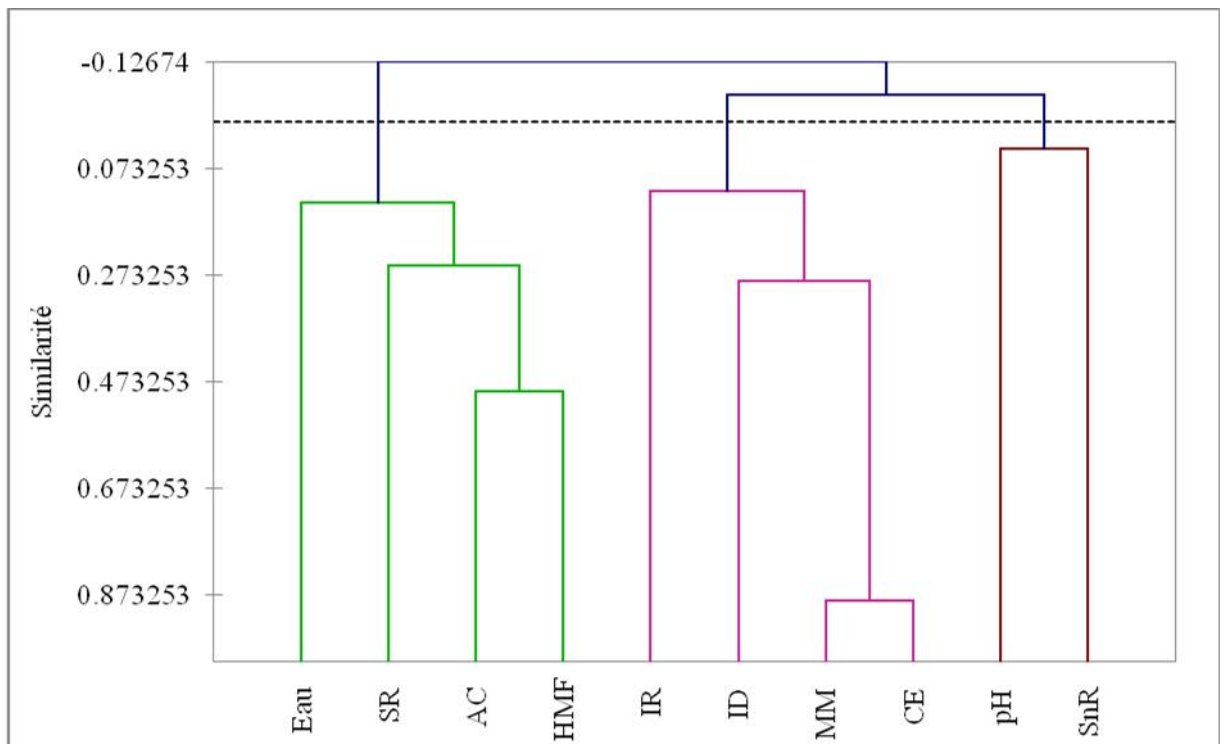
Variabes	Eau	IR	MM	CE	AC	pH	ID	HMF	SR	SnR
Eau	<b>1</b>	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
IR	-0.139	<b>1</b>	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
MM	0.001	0.159	<b>1</b>	**	NS	NS	NS	NS	*	NS
CE	-0.023	0.122	<b>0.884</b>	<b>1</b>	NS	NS	NS	NS	*	NS
AC	0.289	0.255	-0.085	-0.162	<b>1</b>	*		*	NS	NS
pH	-0.292	-0.057	0.065	0.043	<b>-0.393</b>	<b>1</b>	NS	NS	NS	NS
ID	0.032	0.065	0.284	0.286	-0.244	-0.263	<b>1</b>	NS	NS	NS
HMF	0.094	0.070	-0.186	-0.168	<b>0.492</b>	-0.251	0.226	<b>1</b>	NS	NS
SR	0.030	-0.030	<b>-0.363</b>	<b>-0.447</b>	0.304	-0.023	-0.337	0.208	<b>1</b>	NS
SnR	-0.319	-0.011	-0.237	-0.061	-0.180	0.037	-0.006	0.056	-0.036	<b>1</b>

*IR : indice de réfraction, MM : matières minérales, CE : conductivité électrique, AC : acidité libre, ID : indice diastasique, HMF : hydroxyméthyl furfural, SR : sucres réducteurs, SnR : sucres non réducteurs*

**b) Classification ascendante hiérarchique (CAH)**

Enfin, et suite à l'analyse en composantes principales, nous avons réalisés une classification ascendante hiérarchique (CAH) par utilisation du lien moyen comme méthode d'agrégation et du coefficient de corrélation de Pearson comme mesure de similarité, le dendrogramme (Figure 42) obtenu montre bien trois groupes distincts de variables selon leur degré de corrélation.

- Le premier groupe comportant les variables Eau, sures réducteurs, acidité et HMF;
- Le deuxième groupe compose des variables IR, indice diastasique, matière minérale et conductivité électrique;
- Enfin, le troisième groupe reliant pH et sucres non réducteurs.



**Fig. 42 :** Classification ascendante hiérarchique des variables analysées pour les différents échantillons de miel.

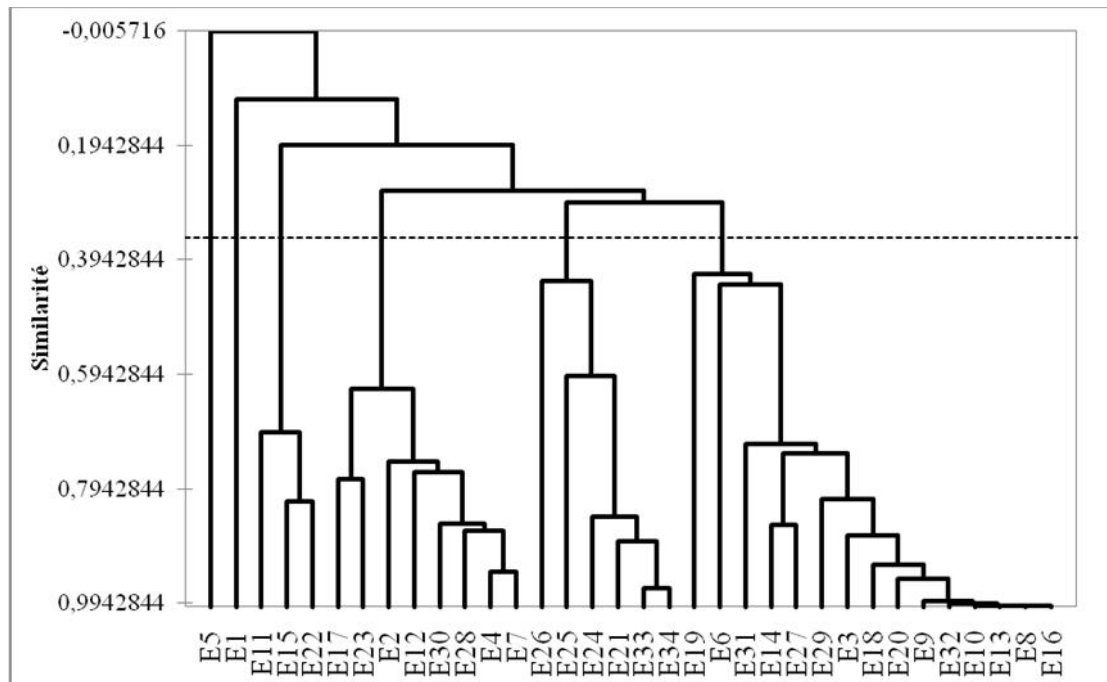
## 4.2. Analyses statistiques des spectres polliniques

### a) Classification ascendante hiérarchique (CAH)

À travers la classification ascendante hiérarchique par utilisation de la similarité comme mesure de proximité et l'utilisation du coefficient de corrélation de Pearson et du lien moyen comme méthode d'agrégation a montré l'existence de cinq groupes homogènes (Figure 43) ces groupes sont résumés dans le tableau suivant:

**Tableau 23:** Regroupement de miels selon le spectre pollinique des échantillons analysés.

<b>Groupes</b>	<b>Echantillons</b>
Groupe 1	E1, E5
Groupe 2	E2, E4, E7, E12, E17, E23, E28, E30
Groupe 3	E11, E15, E22
Groupe 4	E21, E24, E25, E26, E33, E34
Groupe 5	E3, E6, E8, E9, E10, E14, E27, E29, E31, E32, E13, E16, E20, E18, E19



**Fig. 43:** Classification ascendante hiérarchique

Par la suite pour confirmer la séparabilité de ces 5 groupes on réaliser une analyse de la similarité (ANOSIM) les résultats obtenues (tableau 24) ont montrés qu’à l’exception des groupes 1 et 3 ( $p > 0.05$ ), le reste des groupes ont montrés des différences significatives ( $p < 0.05$ ) comme c’est le cas des groupes (1 et 2), (1et 4) et (3 et 4), alors que le reste des combinaisons étaient hautement significatives avec une valeur  $p < 0.01$ .

**Tableau 24:** Analyse de la similarité entre groupe, avec le seuil de signification (\*  $< 0.05$ , \*\*  $< 0.01$  et \*\*\*  $< 0.001$ ).

	<b>Groupe 1</b>	<b>Groupe 2</b>	<b>Groupe 3</b>	<b>Groupe 4</b>	<b>Groupe 5</b>
<b>Groupe 1</b>		0.0233	0.1	0.0366	0.006
<b>Groupe 2</b>	*		0.006	0.0005	0
<b>Groupe 3</b>		**		0.0121	0.0014
<b>Groupe 4</b>	*	***	*		0
<b>Groupe 5</b>	**	***	**	***	

## b) Analyse en Composantes Principales

### *Valeurs propres*

D'après le tableau des valeurs propres (Tableau 25) il est remarquable que les trois premières composantes expliquent 71.28 % de la variabilité relative à l'analyse pollinique des échantillons de miels considérés dans cette étude.

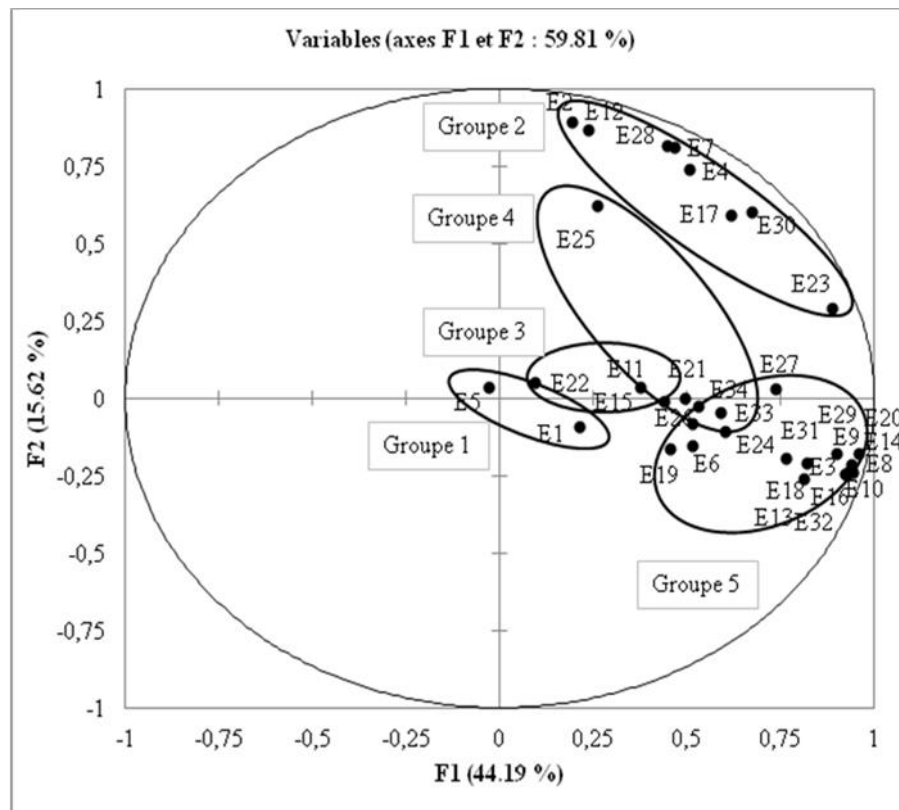
**Tableau 25:** Valeurs propres des 3 premières composantes.

	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>
<b>Valeur propre</b>	15.025	5.312	3.900
<b>Variabilité (%)</b>	44.190	15.622	11.470
<b>% cumulé</b>	44.190	59.812	71.282

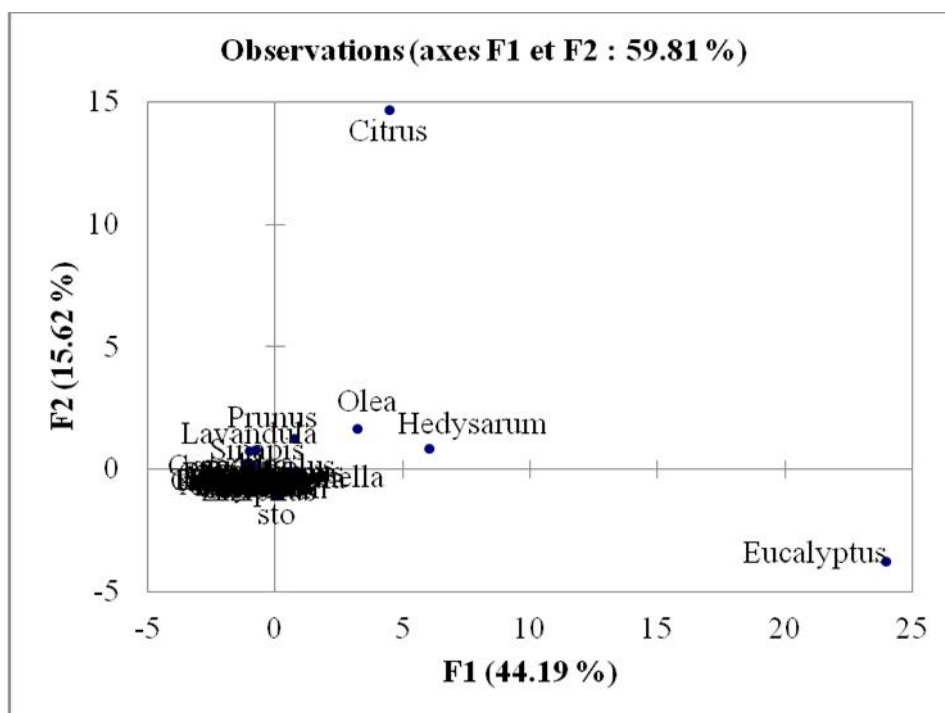
Les deux premiers axes expliquent 59.81% de l'information, le premier axe explique à lui seul 44.19% de variabilité, cet axe est très fortement positivement corrélé au groupe 5 composée des échantillons E3, E6, E8, E9, E10, E14, E27, E29, E31, E32, E13, E16, E20, E18 et E19 (Figure 44). Ce groupe est très fortement lié à l'espèce *Eucalyptus* sp. (Figure 45), on remarque aussi une bonne corrélation de cet axe et une avec le groupe 3 (E11, E15, E22) fortement lié aux espèces *Olea europea*.

Le deuxième axe explique 15.62% de l'information, cet axe est très positivement corrélé au groupe 2 composé des échantillons E2, E4, E7, E12, E17, E23, E28 et E30 (figure 44), ce groupe est en relation très étroite avec l'espèce *Citrus* sp. (figure 45).





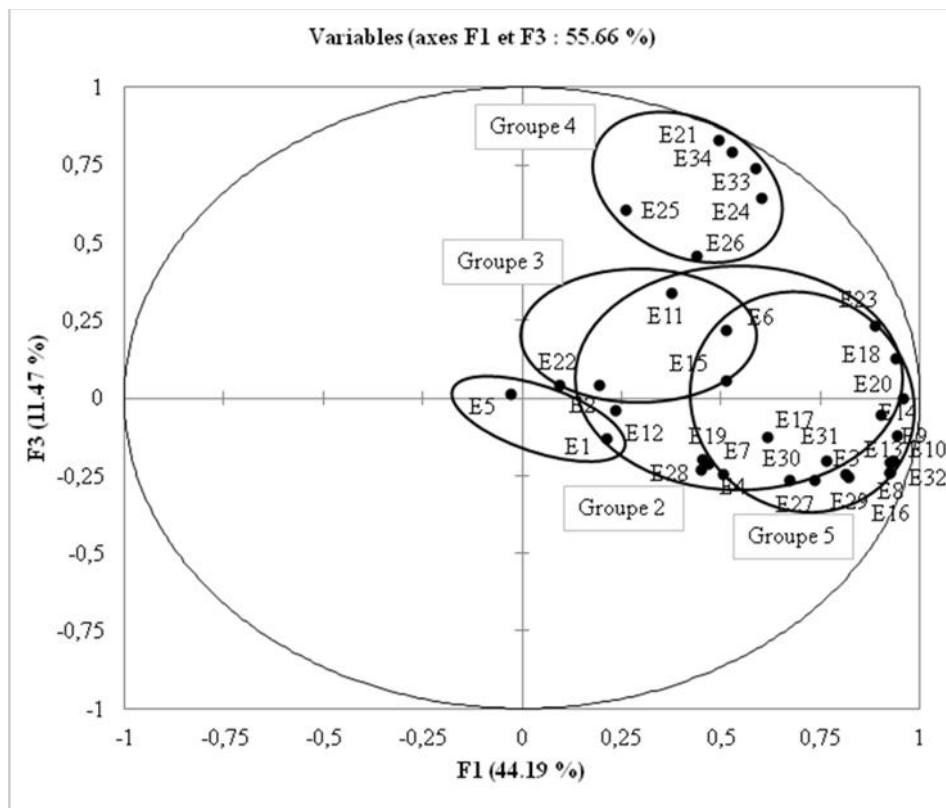
**Fig. 44:** Projection des échantillons sur l'axe 1 et 2 de l'analyse en composantes principales.



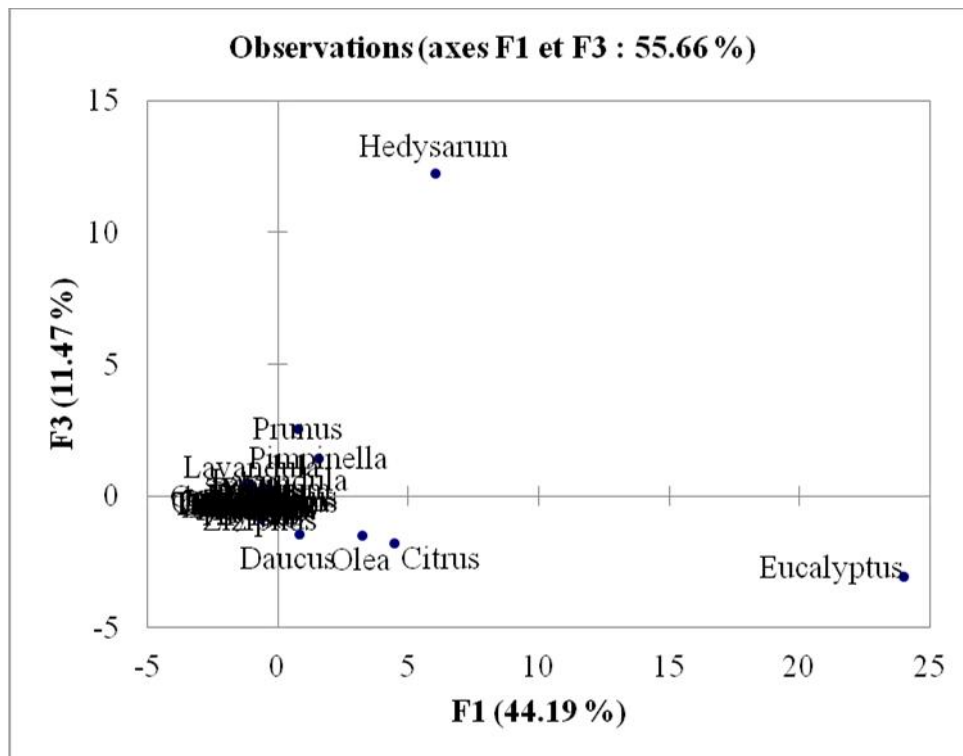
**Fig. 45:** Projection des espèces sur l'axe 1 et 2 de l'analyse en composantes principales.

Le troisième axe n'explique que 11.47% de l'information, cet axe est principalement corrélé au groupe 4 composé des échantillons E21, E24, E25, E26, E33 et E34 (Figure 46) ce groupe est particulièrement relié à l'espèce *Hedysarum coronarium* (Figure 47).

Enfin les quatre graphiques (figure 44, 45, 46 et 47) montrent que le premier groupe composé des échantillons E1 et E5 révèle une composition pollinique très varié (un grand nombre d'espèce entre dans la composition pollinique de ce groupe).



**Fig. 46:** Projection des échantillons sur l'axe 1 et 3 de l'analyse en composantes principales.



**Fig. 47:** Projection des espèces sur l'axe 1 et 3 de l'analyse en composantes principales.

## Discussion générale

Le miel est un aliment remarquable de très haute valeur énergétique, contenant des sucres directement assimilables ; c'est un produit diététique de bonne tenue grâce aux sels minéraux et au fructose qu'il contient et, dans une moindre mesure, à ses enzymes et aux vitamines. Ainsi, le miel est considéré par certains auteurs comme un excellent remède contre les maux de gorge et comme un cicatrisant efficace (**Tornuk et al., 2013**).

En vue de déterminer les caractéristiques physicochimiques et de vérifier l'appellation des miels Algériens. Un total de 34 échantillons de miel a été collecté puis analysé.

La plupart des résultats physicochimiques obtenus s'accordent avec les normes établies par le Codex Alimentarius, exception faite pour les échantillons E13, E23, E24, E25, E30, E31, E33 et E34 qui pourraient être falsifiés. Les paramètres étudiés diffèrent d'un miel à un autre et révèlent que la majorité des échantillons de miels analysés sont d'origine florale.

Chacun des paramètres analysés contribue à une indication précise sur la qualité du miel. Ainsi, ils peuvent être classés en trois groupes ; ceux qui déterminent la maturité (teneurs en eau), l'origine florale (conductivité électrique, pH et la teneur en composés minéraux) et la fraîcheur (HMF et l'indice diastasique).

L'analyse de la teneur en eau est l'un des paramètres les plus faciles à mettre en œuvre, c'est un critère essentiel car il garantit la conservation du miel (**Sanchez et al., 2010**). Celle des 34 échantillons de miel analysés indique qu'ils sont mûrs et récoltés à des périodes appropriées ; à l'exception des échantillons E24, E30 et E34 qui possèdent des teneurs en eau supérieures à la norme (>18%). Ceci pourrait être dû à la manière de la récolte de ces miels.

L'HMF est un composé chimique issu de la dégradation des hexoses, nul au départ, sa concentration va augmenter dans le temps et avec la température. La teneur en HMF reflète donc l'âge et le passé thermique du miel (**Fallico et al., 2004**). Les échantillons E23, E25, E31 et E33 présentent des valeurs en

HMF dépassant la norme. Ceci est probablement dû à un traitement thermique sévère et /ou à de mauvaises conditions de stockage.

L'amylose ou diastase responsable de l'hydrolyse des amidons en maltose. Son dosage permet de connaître le vieillissement du miel (**Sak-Bosnar et Saka , 2012**).

L'indice diastasique est diminué dans les échantillons E13, E23, E25, E31 et dans le miel E33. Cette réduction pourra être expliquée par le vieillissement de ces échantillons ou bien la pauvreté naturelle en enzymes.

L'analyse quantitative des sucres montre que la teneur en sucres réducteurs des miels analysés varie entre 63,6 % et 88 % avec une moyenne de 74,99% ; la majorité des résultats présentent une différence significative ( $p < 0,05$ ).

Les proportions des sucres non réducteurs sont minimales variant entre 0,82 jusqu'à 9,65% pour l'ensemble des échantillons. D'après **Ouchemoukh, et al., (2010)** ; **Bocquet (1993)**, la limite maximale est de 10 % par rapport à nos résultats, les échantillons sont conformes aux normes.

La teneur en cendres est un critère de qualité qui dépend de l'origine botanique du miel ; le miel de nectar a une teneur en cendres plus faible que le miel de miellat (**Felsner et al., 2004**).

Les valeurs de cendres obtenues ont été dans tous les cas inférieures à 0.6% sauf E 11 et E 29. Ceci indiquerait que tous les miels étudiés sont d'origine florale, à l'exception des échantillons 11 et 29 qui proviennent d'un mélange de deux origines (nectar et miellat). Puisque cette valeur est inférieure à celle exigé par le Codex Alimentarius, qui établit un maximum de 0.6% pour miels de fleurs et de 1% pour miels de miellat (**Terrab et al., 2005**).

La conductivité électrique des miels étudiés est assez élevée avec une moyenne de 0,68 ms/cm ; 35,29% des échantillons ont des valeurs supérieures à 0,8 ms/cm. Il y a une différence significative ( $p < 0,05$ ) entre la plupart des résultats obtenus. Les échantillons de miels pourraient être d'origine multiple (nectar et meillat). Les miels de miellat sont, en général, beaucoup plus

minéralisés que les miels de nectar, donc ont une conductivité plus élevée (**Gomes et al., 2010**).

Les résultats de cette étude font ressortir que la conductivité électrique est un facteur important pour la qualité du miel. En effet, son taux dépend essentiellement de la teneur en composés minérales (**Amiot et al., 1989 ; Kaškonien et al., 2010**). Ceci est confirmé par les corrélations obtenues avec les composés minérales.

Tous les miels sont acides, le pH et l'acidité libre vont influencer la stabilité du miel et ses conditions de conservation. Ils nous donnent également des informations sur son origine (**Pataca, et al., 2007**).

L'acidité du miel est exprimée en « milliéquivalents par kilogramme de miel ». La concentration en acide maximum acceptable est de 50 méq/kg de miel. Au-delà de cette concentration, les miels ont de fortes chances d'avoir subi des modifications indésirables telle la fermentation (**Cavia et al., 2007**).

Les taux d'acidité libre varient de 10 à 55 meq/kg avec une moyenne de 23,01 meq/kg, Il ya des différences hautement significatives entre les échantillons ( $p < 0.01$ ). L'ensemble des échantillons a démontré des teneurs en acidité en accord avec les critères de conformité (**Acquarone et al., 2007 ; Bogdanov, 1999**) à l'exception d'un seul échantillon (E31) présentant une acidité très élevée par rapport à la norme (50 meq/kg).

Les valeurs du pH obtenues varient entre 3,58 et 5,7 ; ces résultats confirment le caractère acide du miel (**Nanda et al., 2003**).

Les résultats du pH et de la conductivité électrique permettent la connaissance de l'origine florale des échantillons de miels étudiés. Par conséquent, ces échantillons sont issus du nectar ou d'un léger mélange de miellat et de nectar.

L'analyse des pollens du miel ou méliissopalynologie est de la plus grande importance pour le contrôle de la qualité du miel (**Mateo et Bosch-**

**Reig, 1997; Anklam, 1998; Anklam et Radovic, 2001; Popek, 2002; Terrab et al., 2002; Devilliers et al., 2004).**

Les résultats palynologiques obtenus ont permis de connaître la composition pollinique des miels étudiés. Dans l'ensemble des miels analysés, 47 formes de pollen ont pu être identifiées. Ce nombre correspond aux formes identifiables mais est en fait inférieur à celui de formes réellement présentes dans ces miels. Dans plusieurs cas, nous avons dû nous limiter à la forme du genre.

Le comptage du nombre de grains par 10 g de miel a montré que les miels pauvres en pollen dominant dans la région d'étude bien que suivis de près par les miels à quantité moyenne de grains : 79 % des miels possèdent moins de 20 000 grains, 18 % ont un nombre moyen de grains et seulement 3% dépassent les 100 000 grains.

Les miels monofloraux pauvres en pollens principalement les miels de *Citrus* appartiennent à la classe I. en revanche, ceux qui sont riches en pollens en particulier les miels d'*Eucalyptus* appartiennent aux classes II.

Les miels multifloraux sont répartis en classe I et II selon leurs richesses en pollen.

**Ouchemoukh et al. (2007)** ont trouvé dans leur étude des faibles valeurs en pollen, allant de  $20 \times 10^3$  jusqu'à  $40 \times 10^3$ . Leurs échantillons ont été prélevés dans diverses régions de Bejaia (Algérie).

**Makhloufi et al. (2010)** ont montré une variation de la richesse en pollen de 66 échantillons de miels Algériens, la quantité de pollens varie de  $2,1 \times 10^3$  pollens/10g à  $1,12 \times 10^6$  pollens/10g.

La quantité du pollen dans le miel dépend de la plante, les conditions météorologiques, la distance de la ruche à la fleur, le diamètre du pollen, et le mode d'extraction du miel (**Von der Ohe, 1994; Makhloufi et al., 2007**).

Nos résultats sont en accord avec ceux de **Kirs et al. (2011)** ; **Chauvin (1968)**, qui pensent que cette teneur n'est pas fixe, elle est influencée en

premier lieu par la teneur en pollen dans le nectar d'où le miel provient et en second lieu par le mode d'extraction.

Les opérations d'extraction grossière ont pour effet d'enrichir considérablement le miel en pollen. En règle générale, le miel d'extracteur n'ayant subi aucun traitement de filtration poussée, contiennent 2000 à 10000 grains de pollen (**Soria et al., 2004; Chauvin, 1968**).

La pluviométrie est un facteur écologique, le plus déterminant sur la végétation et par conséquent sur la production du nectar et du pollen (**Mellin, 2002**).

Les formes de pollen présentes dans les miels étudiés peuvent être subdivisées en quatre groupes d'après la fréquence de leur répartition dans les miels. Le premier groupe comprend des formes très fréquentes présentes dans 50 % des miels, il s'agit de : *Eucalyptus* sp., *Hedysarum coronarium* et *Olea europea*. Toutes sont des plantes nectarifères et pollinifères.

Les formes fréquentes présentes dans 20-50 % des miels sont *Aster* type, *Carduus* sp., *Cistus* sp., *Daucus carota*, *Citrus* sp., *Echium plantagineum*, *Papaver rhoeas*, *Pimpinella anisum*, *Prunus/Pyrus* sp., *Trifolium alexandrinum* et *Trifolium repens*.

Le groupe des formes peu fréquentes présentes dans 10-20 % des miels comprend *Acaia* sp., *Cirsium arvens*, *Convolvulus arvensis*, *Lavandula angustifolia*, *Lavandula stoechas*, *Malva* sp., *Oxalis* sp., *Pinus* sp., *Rubus* sp. et *Sinapis arvensis*.

Enfin un dernier groupe comprend 23 formes. Dans l'ensemble, la majorité des formes présentes appartiennent à des plantes nectarifères et (ou) pollinifères et entomophiles.

Pour l'origine florale des miels, l'interprétation des résultats des analyses polliniques des miels a permis de séparer les miels étudiés en miels monofloraux et miels polyfloraux.

Un miel monofloral présente un pollen à l'état dominant c'est-à-dire avec une fréquence relative égale ou supérieure à 45% dans le sédiment de



miel. Pour les miels de la région d'étude 27 échantillons présentent la dominance d'un pollen.

Les miels Algériens sont caractérisés principalement par huit formes de pollen trouvées dans les miels analysés à des fréquences égales au moins à environ 50 %, il s'agit de *Citrus* sp., *Eucalyptus* sp., *Hedysarum coronarium*, *Lavandula angustifolia*, *Lavandula stoeckas*, *Pimpinella anisum*, *Thymus vulgaris*, et *Zizyphus lotus*.

L'*Eucalyptus* sp. donne lieu à la dominance la plus étendue (92%), la seule forme répartie dans toutes les régions de l'Algérie. Si cette forme n'apparaît pas comme pollen dominant, elle se présente comme pollen d'accompagnement (43,1%) mais rarement comme pollen isolé.

L'abondance et la relative homogénéité des miels dont le spectre comporte les *Eucalyptus* comme pollens dominants montrent que nous sommes en présence d'une ressource mellifère importante.

**Louveaux et Abed (1984)** la considèrent comme la base des spectres polliniques des miels Algériens. **Terrab et al. (2003a)** estiment que L'*Eucalyptus camaldulensis* est la meilleure plante mellifère pour le nord du Maroc. L'omniprésence du pollen d'*Eucalyptus* dans les miels d'Afrique du Nord est donc confirmée par plusieurs auteurs (**Bouseta et al., 1998** ; **Karoui et al., 2007**).

Des miels d'*Eucalyptus* ont été déjà rencontrés lors d'analyses de 66 échantillons de miels Algériens (**Makhloufi et al., 2010**).

Par ailleurs, les miels d'*Eucalyptus* sont fréquents dans de nombreuses régions méditerranéennes, telles que l'Espagne (**Gomes, 1993**).

Les miels d'*Eucalyptus* de l'Espagne se distinguent des autres miels d'*Eucalyptus* de la région méditerranéenne occidentale par la présence de *Cytisus*, *Lotus*, *Salix*, *Rubus*, *Asteraceae* et *Scrophulariaceae* spp. dans leur spectre pollinique (**Seijo et al., 2003**).

Les données obtenues dans cette étude confirment les résultats obtenus par **Persano (1995)** indiquant que les miels d'*Eucalyptus* sont riches en pollen.

Selon **Louveaux et Abed (1984)** la fréquence relative des pollens d'*Eucalyptus* est généralement élevée dans les miels d'*Eucalyptus* et peut atteindre 100%.

Les miels d'eucalyptus sont produits dans de nombreux pays car cette plante présente une large répartition dans le monde (**Gonnet, 1982**).

Les miels monofloraux obtenus de pollen de *Citrus* constituent la partie la plus importante des miels étudiés des régions du Nord (9/34).

*Citrus* sp. se retrouve dans toutes les régions du nord algérien mais paraît plus abondant dans l'ouest où se retrouvent d'ailleurs sept cas de dominance. Huit échantillons contiennent un pourcentage élevé de ce type de pollen (30 - 60%).

**Benaziza-Bouchema et Schweitzer (2010)** rapportent que les miels de *Citrus* sont présents dans le nord Algérien. Dans la préfecture de Blida dominant les miels de *Citrus* (pourcentages de pollens dominants 50, 59 et 69 %). En effet, cette région est connue comme étant à vocation agrumicole. Dans les régions d'Alger et de Tipaza, les miels de *Citrus* contiennent des pollens secondaires en plus grande quantité par rapport à Blida.

**Makhloufi et al. (2010)** ont signalé la présence de deux miels de *Citrus* parmi les 66 échantillons de miels Algériens.

Les miels communément appelés « miels d'oranger » sont fréquents aussi bien en Algérie qu'en Tunisie et au Maroc (**Louveaux et Abed 1984**).

Les miels monofloraux de *Citrus* sont fréquents dans le nord ouest du Maroc (**Terrab et al., 2003b**). En Europe ces miels sont abondants surtout en Espagne (**Ricciardelli d'Albore et Vorwohl, 1980 ; Marin et al., 1995**).

Le miel de Sainfoin ou Sulla domine dans trois échantillons de miel. La présence de ce pollen s'explique par l'importance de la culture de cette espèce dans l'Algérie. **Louveaux et Abed (1984)** soulignent que l'*Hedysarum coronarium* est dominant dans la partie centrale de l'Algérie, en Tunisie et au Maroc, ce qui concorde avec nos résultats.

Les miels monofloraux de Sainfoin sont représentés en Algérie (**Makhloufi et al., 2010 ; Benaziza-Bouchema et al., 2010**).

Nous avons mis en évidence un seul miel monofloral de *Zizyphus lotus* dans la région de Djelfa.

Les miels dans lesquels domine le pollen de lavande (*Lavandula angustifolia* et *L. stoeckas*) sont tous originaires de l'ouest Algérien.

Le miel de *Pimpinella anisum* a été fréquemment rencontré dans un seul échantillon du centre Algérien ; Un miel de l'ouest Algérien contient le pollen de *Thymus vulgaris* à plus de 50%.

Malgré le nombre restreint de formes de dominance, plusieurs espèces sont identifiées comme pollens secondaires, tertiaires ou rares. Il s'agit du pollen d'Astéraceae de Mimosaceae, de Brassicaceae, de Fabaceae, de Liliaceae, de Convolvulaceae, de Papilionaceae, de Malvaceae, d'Apiaceae, de Rosaceae, de Boraginaceae, d'Oleaceae, d'Ericaceae et de Poaceae caractérisant la flore algérienne.

Les pollens rares proviennent d'une grande diversité de plantes spontanées ou cultivées reflétant la diversité botanique de la région d'étude.

Les miels polyfloraux ne présentent pas de pollen dominant. Ces miels sont donc constitués de plusieurs sources de nectar.

Les miels multifloraux sont en nombre appréciable (7/34) et sont constitués à partir de pollens d'origines diverses (plantes spontanées, arbres fruitiers ou autres) sans dominance apparente. Ces miels comportent des pollens secondaires ( 16% et < 45 %) de un, deux ou trois taxons.

Nous notons en particulier la présence de pollens d'accompagnement de *Daucus carota*, d'*Eucalyptus* sp., d'*Olea europea*, d'*Hedysarum coronarium*, de *Prunus/Pyrus* sp. et de *Pimpinella anisum*.

Des taxons caractéristiques ont été mis en évidence dans un ensemble de miels de même type provenant d'une région déterminée. Ces taxons permettent de séparer les miels de même appellation mais de provenance différente.

Les analyses polliniques ont montré que les pollens de différents genres appartenant à la famille des Myrtaceae peuvent être considérés comme caractéristiques de l'ensemble des échantillons étudiés.

Du point de vue origine géographique, la majorité des miels a été caractérisée par la présence des pollens de la famille des *Myrtaceae* dans leur spectre. La provenance des miels a été caractérisée par des associations de pollens marqueurs. Pour un même type de miels, tel que les miels d'*Eucalyptus*, des différences au niveau de leur contenu pollinique ont pu être observées.

D'après les résultats des analyses polliniques, 47% des échantillons soit 16 miels étudiés répondent aux appellations florales données par les apiculteurs.

D'après les résultats de l'évaluation de l'activité antimicrobienne, on peut constater ce qui suit :

- ✚ Toutes les souches microbiennes testées sont sensibles à l'action inhibitrice des miels analysés, avec des différences d'un type à un autre et d'une souche à une autre, ce qui indique son large spectre d'action antibactérienne et antifongique.
- ✚ L'effet antibactérien du miel est plus important avec les échantillons non dilués, il diminue avec des dilutions successives.
- ✚ Les souches *Staphylococcus aureus* sont les plus sensibles à l'effet des échantillons de miel, *E. coli* est moyennement sensible tandis que *Candida albicans* est faiblement sensible.
- ✚ L'action du miel naturel sur les microorganismes dépend, d'une part de la structure de la paroi de la cellule cible, et d'autre part de la composition du miel lui-même (**French et al., 2005**).
- ✚ La composition du miel elle-même dépend à son tour de nombreux facteurs, tels que : la nature du sol, la race des abeilles et l'état physiologique de la colonie (**Jean - Prost, 1979 ; Voidarou et al., 2011**). En fait, **Donadieu (1978) ; (2006); (1981)** a montré que chaque

miel mono floral se caractérise par des propriétés thérapeutiques propres à lui.

- ✚ L'activité inhibitrice du miel naturel sur *E. coli* et est semblable à celle des antibiotiques les plus actifs. Concernant *Staphylococcus aureus*, une souche polyrésistante aux antibiotiques, l'activité inhibitrice du miel naturel sur cette souche est excellente (deux fois plus que les antibiotiques).
- ✚ Nous avons observé que la levure *Candida albicans* a uniquement une sensibilité à l'effet du miel. On constate que sa sensibilité est relativement faible par rapport à celle des bactéries.

# CONCLUSION GENERALE

Le miel est une substance naturelle, complexe et diversifiée, élaborée par l'abeille et soumise aux caprices de l'environnement (**Tuberoso et al., 2010**).

Selon **Louveaux (1980)**, les abeilles dépendent exclusivement du monde végétal pour leur alimentation.

Si l'on veut apprécier correctement l'intérêt d'une plante qu'elle soit pour les abeilles, il convient de prendre toujours en compte la totalité des produits qu'elle fournit. Parmi ces produits, on peut citer le nectar, le pollen, le miellat, ou même de la propolis (**Chefroux et al., 2007**).

L'Algérie possède une diversité végétale très importante et des conditions climatiques favorables à la production du miel.

Cette étude est élaborée afin de cerner les critères de qualité de 34 échantillons de miels par l'analyse de certains paramètres physico-chimiques et pollinique.

La caractérisation de l'appellation du miel est fondée à la fois sur des analyses physico-chimiques et polliniques. 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.

L'étude palynologique des miels analysés constitue la base d'un référentiel sur ces derniers, et montre également l'importance relative des différentes espèces et met en évidence toute la richesse mellifère de la région d'étude.

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 47 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 ont été des miels monofloraux de *Citrus*, d'*Eucalyptus*, d'*Hedysarum coronarium*, de *Lavandula angustifolia*, de

*Lavandula stoeckas*, de *Pimpinella anisum*, de *Thymus vulgaris*, et de *Zizyphus lotus*.

Sept miels « toutes fleurs » ou « multifloraux » sont butinés sur un tapis végétale varie.

La majorité des miels étudiés appartiennent à la classe I qui représente la catégorie des miels pauvres en pollen.

Du point de vue origine géographique, la majorité des miels a été caractérisée par la présence des pollens de la famille des *Myrtaceae* dans leur spectre. La provenance des miels a été caractérisée par des associations de pollens marqueurs. Pour un même type de miels, tel que les miels d'*Eucalyptus*, des différences au niveau de leur contenu pollinique ont pu être observées.

D'après les résultats des analyses polliniques, 44% des échantillons soit 15 miels étudiés répondent aux appellations florales données par les opérateurs.

La qualité d'un miel pur est principalement déterminée par son humidité, sa teneur en HMF, son taux d'acidité, sa conductivité électrique, son spectre de sucres et son indice de diastase (**Lazarevic et al., 2012**).

Les résultats physicochimiques obtenus nous permettent de constater que 76% de nos miels s'accordent avec les normes établies par le codex Alimentarius. Les paramètres étudiés diffèrent d'un miel à un autre et révèlent que la majorité des échantillons de miels analysés sont d'origine florale.

Chacun des paramètres analysés contribue à une indication précise sur la qualité du miel. Ainsi, ils peuvent être classés en trois groupes ; ceux qui déterminent la maturité (teneurs en eau), l'origine florale (conductivité électrique, pH et les cendres) et la fraîcheur (HMF et diastase).

Il est nécessaire à signaler que les miels inconvenablement traités, riches en eau ou en acides subissent en général des transformations plus moins importantes, pouvant dévaloriser ces produits :

- ✚ La coloration s'intensifie ;
- ✚ Les arômes disparaissent et sont remplacés par des substances d'odeurs désagréables;



- ✚ La teneur en HMF augmente ;
- ✚ L'activité diastasique s'abaisse.

D'après les résultats de l'évaluation de l'activité antimicrobienne, on peut constater que toutes les souches microbiennes testées sont sensibles à l'action inhibitrice des miels analysés, avec des différences d'un type à un autre et d'une souche à une autre, ce qui indique son large spectre d'action antibactérienne et antifongique.

L'effet antibactérien du miel est plus important avec les échantillons non dilués, il diminue avec des dilutions successives.

Les souches *Staphylococcus aureus* sont les plus sensibles à l'effet des échantillons de miel, *E. coli* est moyennement sensible.

Nous avons observé que la levure *Candida albicans* a uniquement une sensibilité à l'effet du miel. On a constaté que sa sensibilité est relativement faible par rapport à celle des bactéries.

Donc on peut déduire que les miels de la région d'étude sont de bonne qualité thérapeutique.

# PERSPECTIVES

Si ce travail a apporté des connaissances de la flore pollinique des miels Algériens, il n'est pas exhaustif et doit être complété. Des approches méthodologiques pour la valorisation des miels Algériens ont pu être abordées dans cette étude. Les recommandations suivantes sont proposées :

- ✚ Nous souhaitons que d'ici l'avenir il y aurait une diversification des plantes mellifères dans les projets de reboisement en Algérie surtout les plantes forestières tel que les Eucalyptus.
- ✚ Ce travail doit être poursuivi sur tout le territoire national en parallèle avec d'autres techniques d'analyses pour arriver à des résultats pouvant être une base de données pour l'établissement de normes propres à notre pays.
- ✚ Une approche multidisciplinaire devrait être adoptée pour une meilleure connaissance des miels : analyses polliniques, analyses physico-chimiques et tests sensoriels.
- ✚ Un inventaire biologique dans les sites de production permettrait d'obtenir plus de précision sur la détermination des pollens et pour l'interprétation des résultats.
- ✚ Un plan de prélèvement méthodique et un nombre suffisant d'échantillons de miels lors d'études ultérieures contribueraient à obtenir une image fidèle des ressources mellifères des différents milieux.

Vue la richesse de la biodiversité de l'Algérie, la production d'une infinité de types de miels est possible ainsi la recherche sur les miels est à continuer afin de mettre en évidence des miels originaux.

# REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**Acquarone Carolina, Buera Pilar, Elizalde Beatriz. (2006).** Pattern of pH and electrical conductivity upon honey dilution as a complementary tool for discriminating geographical origin of honeys Original. Food Chemistry, Volume 101, Issue 2, Pages 695-703.

**Adjlane Nouredine, Doumandji Salah-Eddine, Haddad Nizar. (2012).** Situation de l'apiculture en Algérie : facteurs menaçant la survie des colonies d'abeilles locales *Apis mellifera intermissa*. Cahiers Agricultures. Volume 21, Numéro 4, 235-41.

**Aegri F., Iverson J. (2005).** Clé de déterminations des grains de pollen. Pollen et res d'Europe et d'Afrique du nord. Éditions du Laboratoire de botanique historique et aJvnologie, Marseille, 327 p.

**Agbaje O., Ogunsanya T. and Aiwerioba O. I. R. (2006).** Conventional Use of Honey as Antibacterial Agent. Annals of African Medicine Vol. 5, No. 2; 2006: 78 – 81.

**Ahmed Jasim, Prabhu S.T., Raghavan G.S.V., Ngadi M. (2007).** Physico-chemical, rheological, calorimetric and dielectric behavior of selected Indian honey. Journal of Food Engineering, Volume 79, Issue 4, April 2007, Pages 1207-1213.

**Ahmed Moussa, Djebli Nouredine, Hammoudi Si Mohamed, Meslem Abdelmelek, Aissat Saad. (2012a).** Antibacterial activity of various honey types of Algeria against *Staphylococcus aureus* and *Streptococcus pyogenes*. Asian Pacific Journal of Tropical Medicine. 773-776.

**Ahmed Moussa, Djebli Nouredine , Aissat Saad, Khiati Baghdad , Ünal Meral and Bacha Salima (2012b).** Antiradical Activity and Total Phenolics of Algerian Honeys and Antibacterial Effect against Gram-Negative Bacteria. J Microb Biochem Technol. Volume 4(7): 152-156.

**Ahn, M.R., Kumazawa, S., Usui, Y., Nakamura, J., Matsuka, M., Zhu, F. & Nakayama T. (2007).** Antioxidant activity and constituents of propolis collected in various areas of China. Food Chemistry, 101: 1383-1392.

**Ajlouni said and Puripast sujirapinyokul. (2010).** Hydroxymethylfurfuraldehyde and amylase contents in Australian honey. Food Chemistry. Volume 119, Issue 3, 1 April 2010, Pages 1000–1005.

**Aldcorn D. L., Wandler E., Sporns P. (1985).** Diastase (  $\alpha$  and  $\beta$ -amylase) and glucosidase (sucrase) activity in western Canadian honeys. Canadian Institute of Food Science and Technology Journal 18(3): 268-270.

**Allipi A. M. (2000).** La cité des abeilles de Bruno Corbara, Découvertes Gallimard, paris.

**Al-Habsi Nasser A., Niranjan Keshavan (2012).** Effect of high hydrostatic pressure on antimicrobial activity and quality of Manuka honey. Food Chemistry 135 (2012) 1448–1454.

**Al-Khalifa, A.S., Al-Arif, I.A. (1999).** Physicochemical characteristics and pollen spectrum of some Saudi honeys. Food Chemistry 67, 21–25.

**Al-Mamary M., Al-Meer A., Al-Habori M. (2002).** Antioxidant activities and total phenolics of different types of honey. Nutrition Research 22, 1041–1047.

**Alqarni Abdulaziz S., Owayss Ayman A., Mahmoud Awad A., Hannan Mohammed A. (2012).** Mineral content and physical properties of local and imported honeys in Saudi Arabia Journal of Saudi Chemical Society, In Press, Corrected Proof, Available online 8 December 2012.

**Ames N. B., Shigenaga M. K. and Hagen T.M. (1993).** Oxidants, antioxidants and the degenerative diseases of aging. Proceedings of the National Academy of Sciences, 90 : 7915–7922.

**Amiot M.J., Aubert S., Gonnet M. and Tacchini M. (1989).** Les composés phénoliques : étude préliminaire sur l'identification et la quantification par famille. *Apidologie*, 20 (2) : 115 - 125.

**Amr E. Edris , Michael Murkovic , Barbara Siegmund (2007):** Application of headspace-solid-phase microextraction and HPLC for the analysis of the aroma volatile components of treacle and determination of its content of 5-

hydroxymethylfurfural (HMF). Science direct Food Chemistry 104 (2007) 1310–1314.

**Anklam E, Radovic B. (2001).** Suitable analytical methods for determining the origin of European honey. Am Laboratory; (May): 60-6.

**Anklam(1998).** characteristics, aroma profiles of multifloral honeys obtained with dynamic headspace GC-MS système J A pic Res 31 PP:96-109.

**Ansari Mohammad Javed, Al-Ghamdi Ahmad, Usmani Salma, Al-Waili Noori S., Sharma Deepak, Nuru Adgaba, Al-Attal Yehya. (2013).** Effect of Jujube Honey on Candida albicans Growth and Biofilm Formation. Archives of Medical Research, Volume 44, Issue 5, July 2013, Pages 352-360.

**Attipou k., Ankoum T., Ayite A. and Missouhou K. (1998).** Traitement des plaies au miel. Experience de CHU de Lomé. Médecine d'Afrique Noire, 1 : 45-47.

**Azeredo L. da C., Azeredo M.A.A., de Souza S.R., Dutra V.M.L. (2003).** Protein contents and physicochemical properties in honey samples of Apis mellifera of different floral origins. Food Chemistry 80: 249–254.

**Badawy O.F.H., Shafii S.S.A., Tharwat E. and Kamal A.M., (2005).** Antibacterial activity of bee honey and its therapeutic usefulness against Escherichia coli O157:H7 and Salmonella typhimurium infection. Office international des épizooties. Vol. 23, no3, pp. 1011-1022.

**Baltrušaityt Vilma, Venskutonis Petras Rimantas, eksteryt Violeta (2007).** Radical scavenging activity of different floral origin honey and beebread phenolic extracts Original Research Article. Food Chemistry, Volume 101, Issue 2, 2007, Pages 502-514.

**Baroni María Verónica, Arrua Carina, Nores María Laura, Fayé Pablo, Díaz María del Pilar, Chiabrando Gustavo Alberto, Wunderlin Daniel Alberto (2009).** Composition of honey from Córdoba (Argentina): Assessment

of North/South provenance by chemometrics. *Food Chemistry*, Volume 114, Issue 2, Pages 727-733.

**Benaziza-Bouchema D., Schweitzer P. (2010).** Caractérisation des principaux miels des régions du Nord de l'Algérie. *Cah Agric*, vol. 19, N° 6.

**Berkani M L. (2007).** Etude des paramètres de développement de l'Apiculture Algérienne. Thèse de doctorat d'état, INA El-Harrach Alger. 233p.

**Bernadette et Roger Darchen (1985).** La vie des abeilles. Paris: F Nathan, 70 P.

**Bertoncelj J., Dobersek U., Jamnick M. and Golob T. (2007).** Evaluation of

**Bhuiyan, M.M. Hossain, M.N. Bari and M.R. Khanam (2002):** Identification of Bee Plants and Analysis of Honey Collected from Different Plant Sources *Pakistan Journal of Biological Sciences* 5 (11): 1199-1201, 2002.

**Biri M , (2003).** Le grande livre des abeilles. Cours d'apiculture moderne. Ed vecchi S. 10<sup>e</sup> éd.

**Biri. M, (1999).** Le grand livre des abeilles. L'apiculture moderne. Edition vecchi S. A paris. 260 p.

**Blasa M., Candiracci M., Accorsi A., Piacenti M.P. and Piatti E. (2007).** Honey flavonoids as protection agents against oxidative damage to human red blood cells. *Food Chemistry*, 104 : 1635-1640.

**Bocquet M., (1993) :** Le miel de pissenlit. Guide pratique de l'Apiculture — Tome II.

**Bogdanov S, Jurendic T, Sieber R, Gallmann P (2006).** Honey for nutrition and health: A review. *Am. J. Coll. Nutr.*, 27: 677-689.

**Bogdanov S. (1981).** Bestimmung von honigprotein mit coomassie brilliantblau G 250, *Mitt. Lebensmittelunters.Hyg* .72.PP:411-417.

**Bogdanov S. (1999).** Stockage, Cristallisation et liquéfaction du miel. Centre Suisse de Recherche Apicole : 1-5.



**Bogdanov S. (2002).** Harmonised methods of the international honey commission. Swiss Bee Research Center. FAM, Liebefeld, CH-3003 Berne.

**Bogdanov S. (2006).** Contaminants of bee products, *Apidologie* 38, 1-18.

**Bogdanov S. and Blumer P. (2001).** Propriétés antibiotiques naturelles du miel. *Revue Suisse d'Apiculture*, 98 (3) : 107-114.

**Bogdanov S., Bieri K., Gremaud G., Iff D., Känzig A., Seiler K.; Stöckli H., Zürcher K. (2004 a).** Swiss Food Manual: Pollen Bienenprodukte, BAG (Swiss Federal Office for Public Health); Berne.

**Bogdanov S., Bieri K., Kilchmann V. and Gallmann P. (2005).** Miels monofloraux Suisses. *ALP Forum*, 23 : 1-55.

**Bogdanov S., Charrière J.D., Imdorf A., Kilchenmann V., Fluri P. (2002).** Determination of residues in honey after treatments with formic and oxalic acid under field conditions, *Apidologie* 33, 399 – 409.

**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. and Vit P. (1997).** Honey quality and international regulatory standards: review by the international honey commission. *Bee World*, 80 (2) : 61–69.

**Bogdanov S., Ruoff K. and Persano Oddo L. (2004 b).** Physico-chemical methods for the characterization of unifloral honeys: A review. *Apidologie*, 35: S4–S17.

**Bogdanov S., Bieiu K., Figar M., Figueiredo V., Iff D., Konzig A., Storckli Bzurcieer K., (1995):** Miel : définition et directives pour l'analyse et l'appréciation centre Suisse de recherches apicoles. Liebefeld .CH- 3003 Berne.

**Bogdanov, S. (1997).** Nature and origin of the antibacterial substances in honey. *Lebensmittel Wissen und Technology*, 30, 748–753.

**Bogdanov, S; Matzke, A (2003).** La propolis - un antibiotique naturel. Edition VDRB 6235 Winikon; 72 pp.

**Bouseta, A., Collin, S., & Dufour, J.-P. (1992).** Characteristic aroma profiles of unifloral honeys obtained with a dynamic headspace GC– MS system. *Journal of Apicultural Research*, 31(2), 96–109.

**Bouseta, A., Scheirman, V., & Collin, S. (1996).** Flavor and free amino acid composition of lavender and eucalyptus honeys. *Journal of Food Science*, 61 (4), 683–687.

**Brudzynski Katrina, Miotto Danielle. (2011).** Honey melanoidins: Analysis of the compositions of the high molecular weight melanoidins exhibiting radical-scavenging activity. *Food Chemistry*, Volume 127, Issue 3, Pages 1023-1030.

**Bruneau, E. (2004).** Les produits de la ruche. Ed: RUSTICA. 354-384.

**Caillas Alain. (1974).** La propolis, in *L’Abeille de France et l’Apiculteur*, Mars, 1974. P : 97-98.

**Campos M. (1997)** Caracterização do pólen apícola pelo seu perfil em compostos fenólicos e pesquisa de algumas actividades biológicas. Faculty of Pharmacy, University of Coimbra Coimbra.

**Campos M., Firgerio C., Lopes J., Bogdanov S. (2010).** What is the future of Bee-Pollen? *JAAS* 2: 131- 144.

**Candiracci Manila, Citterio Barbara, Piatti Elena (2012).** Antifungal activity of the honey flavonoid extract against *Candida albicans*. *Food Chemistry*, 131: 493–499.

**Carvalho, C. A. L. et al. (2009).** Physicochemical characteristics and sensory profile of honey samples from stingless bees (Apidae: Meliponinae) submitted to a dehumidification process. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 81, n. 1, p. 143-149.

**Castro-Vázquez L., Díaz-Maroto M.C., Pérez-Coello M.S. (2007).** Aroma composition and new chemical markers of Spanish citrus honeys .*Food Chemistry, Volume 103, Issue 2, 2007, Pages 601-606.*

**Castro-Vazquez, L., Diaz-Maroto, M. C., Gonzalez-Vinas, M. A., & Perez-Coello, M. S. (2009).** Differentiation of monofloral citrus, rosemary, eucalyptus, lavender, thyme, and heather honeys based on volatile composition and sensory descriptive analysis. *Food Chemistry*, 112, 1022–1030.

**Cavia M.M., Fernández-Muino M.A., Alonso-Torre S.R., Moreno G., Mato I., Huidobro J. F. and Sancho M. T. (2006).** An attempt to establish reliable «Best before» dates for honeys originating in both continental and oceanic climates. *Apiacta*, 41 : 86-98.

**Cavia María M., Fernández-Muiño Miguel A., Alonso-Torre Sara R., Huidobro José F., Sancho María T.. (2007).** Evolution of acidity of honeys from continental climates: Influence of induced granulation. *Food Chemistry*, Volume 100, Issue 4, Pages 1728-1733.

**Cervantes M. A. R., Novelo-Gonzalez S. A., and Duch- Sauri E., (2000).** Effect of the temporary thermic treatment of honey on variation of the quality of the same during storage. *Apiacta*, 35:162-170.

**Chang, C.C., Yang, M.H., Wen, H.M. & Chern, J.C. (2002).** Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, 3: 178-182.

**Chauhan Abhishek, Pandey Vimlendu, Chacko K. M. and Khandal R. K. (2010).** Antibacterial Activity of Raw and Processed Honey. *Electronic Journal of Biology*, 2010, Vol. 5(3): 58-66

**Chauvin R. (1968).** *Traité de la biologie de l'abeille*, Masson et Cie, éditeurs, Paris. PP : 66-81 et 277-319.

**Chauvin R. (1987).** Le miel. In « la ruche et l'homme ». Edition Calmann-Lévy : 47-45.

**Chefrour A., Battesti M.-J., Ait K., Tahar A. (2007).** Melissopalynologic and physicochemical analysis of some north-east Algerian honeys, *Eur. J. Sci. Res.* 18, 389–401.

**Chua Lee Suan, Abdul-Rahaman Norul-Liza, Sarmidi Mohamad Roji, Aziz Ramlan. (2012).** Multi-elemental composition and physical properties of honey samples from Malaysia. *Food Chemistry*, Volume 135, Issue 3, Pages 880-887.

**Ciulu Marco, Solinas Silvia, Floris Ignazio, Panzanelli Angelo, Pilo Maria I., Piu Paola C., Spano Nadia, Sanna Gavino. (2011).** RP-HPLC determination of water-soluble vitamins in honey. *Talanta*, Volume 83, Issue 3, Pages 924-929.

**Clément H. (2006).** *Le Traité Rustica de l'Apiculture*. Editions Rustica/FLER, Paris, 528 p.

**Clément M.C. (2002).** Melissopalynologie en Nouvelle-Calédonie, importance des spectres polliniques dans la typification des miels. *Mém. E.P.H.E.*, 77 p.

**Codex Alimentarius Commission (2001).** Codex standard 12, Revised Codex Standard for honey: 1-7.

**Corbella E. and Cozzolino D. (2006).** Classification of the floral origin of Uruguayan honeys by chemical and physical characteristics combined with chemometrics. *Lebensm-Wiss.u.-Technol.*, 39 : 534-539.

**Cordella C. (2003).** Caractérisation des Aliments et Détection de l'Adultération : Application aux Miels. Thèse de doctorat ES-sciences (spécialité sciences chimiques), Université de Nice Sophia Antipolis, 184 p.

**Cortopassi-Laurino M. and Gelli D.S. (1991).** Analyse polinique, propriétés physico-chimiques et action antibactérienne des miels d'abeilles africanisées *Apis mellifera* et de *Méliponinés* du Brésil. *Apidologie*, 22 : 61-71.

**Costa L., Albuquerque M., Trugo L., Quinteiro L., Barth O., Ribeiro M. and De Maria C. (1999).** Determination of non-volatile compounds of different botanical origin Brazilian honeys. *Food Chemistry*, 65: 347-352.

**Crane E. (2003).** Garden plants valuable to bees. Edition: Ibra. Pp: 59.

**Cuevas-Glory, Pino Jorge A., Santiago Louis S., Sauri-Duch E. (2007).** A review of volatile analytical methods for determining the botanical origin of honey. *Food Chemistry* 103 (2007) 1032–1043.

**Dailly H. (2008).** Cristallisation du miel, le savoir et le faire, abeilles & cie. n°124 .3

**Dajoz I. (1993).** L'évolution du grain de pollen. In « grand larousse annuel ». Larousse éditions.

**Dajoz I., Tili-Bottraud I. et Gouyon P. H. (1991).** Evolution of pollen morphology. *Science*, 253: 66- 68.

**Damblon F. (1988).** Caractérisation botanique, écologique et géographique des miels du Maroc, Inst. Fr. Pondichéry, Trav. Sec. Sci. Techn. XXV, 309–329.

**Damblon, F. (1987).** Miels de thym du Maroc. II. Étude palynologique des sources mellifères. *Al Biruniya*, 3, 51–75.

**Daniele Gaëlle et Casabianca Hervé. (2012).** Sugar composition of French royal jelly for comparison with commercial and artificial sugar samples. *Food Chemistry*, Volume 134, Issue 2, Pages 1025-1029.

**De Rodriguez G. O., De Ferrer B. S., Ferrer A. and Rodriguez B. (2004).** Characterization of honey produced in Venezuela. *Food Chemistry*, 84 : 599-502.

**Del Carmen Fernández María, Romero-García Ana Teresa, Rodríguez-García Maria Isabel (1992).** Aperture structure, development and function in *Lycopersicum esculentum* Miller (Solanaceae) pollen grain. *Review of Palaeobotany and Palynology*, Volume 72, Issues 1–2, 22 May 1992, Pages 41-48.

**Del Fueyo Georgina M., Archangelsky Sergio, Archangelsky Ana (2012).** An ultrastructural study of the araucarian pollen grain *Cyclusphaera radiata* Archangelsky from the Albian of Patagonia Original Research Article *Review of Palaeobotany and Palynology*, Volume 173, 1 April 2012, Pages 57-67.

**Deschamps V.C. (1998).** Production et commercialisation du miel. Thèse de doctorat vétérinaire, Université Paul Sabatier, Toulouse, 118 p.

- Devillers J.M., Pham-Delègue M.H., Doré J.C. (2004).** Classification of monofloral honeys based on their quality control data. *Food chemistry*, v 86 n°2, p. 305- 312.
- Donadieu Y. (1978).** Le miel, thérapeutique naturelle, Paris, 2ème édition MALOINE, p.17-8, 20-5.
- Donadieu Y. (1981).** Les thérapeutiques naturelles, la gelée royale. Edition: Maloine, Paris. 5<sup>eme</sup> édition, p75.
- Donadieu Y. (1983).** Les thérapeutiques naturelles, le pollen. Edition: Maloine.
- Donadieu Y. (2003).** Qu'est que le miel. Chapitre E. Faculté de médecine de paris. 07 p.
- Donadieu Y. (2006).** Aide-mémoire d'apithérapie, Comment traiter 64 maux courants par les produits de la ruche. Editeur Santeractive.
- Downey G., Hussey K., Kelly J. D., Walshe T. F. and Martin P. G. (2005).** Preliminary contribution to the characterisation of artisanal honey produced on the island of Ireland by palynological and physico-chemical data. *Food Chemistry*, 91 : 347-354.
- Eleni Melliou and Ioanna Chinou (2011).** Chemical constituents of selected unifloral Greek bee-honeys with antimicrobial activity. *Food Chemistry* 129: 284–290.
- Erdtman G. (1969)** Handbook of palynology. An introduction to the study of pollen grains and spores. Munksgaard, Copenhagen, 486 p.
- Escuredo Olga, Silva Luis R., Valentao Patricia, Seijo Maria C., Andrade Paula B. (2012).** Assessing Rubus honey value: Pollen and phenolic compounds content and antibacterial capacity. *Food Chemistry* 130 (2012) 671–678.
- Faegri K., Iversen J. (1975).** Textbook of modern pollen analysis (3e edition). Munksgaard, Copenhagen, 295 p.
- Fallico B., Zappalà M., Arena E., Verzera A. (2004).** Effects of conditioning on HMF content in unifloral honeys. *Food Chemistry*, Volume 85, Issue 2, April 2004, Pages 305-313

- Faveaux, M.A.D.E., (1984).** Honey bee mites, bibliography, FAO, 68/2, 59.
- Feás X., Pires J., Estevinho M.L., Iglesias A., Pinto de Araujo J.P. (2011).** Palynological and physicochemical data characterisation of honeys produced in the Entre-Douro e Minho region of Portugal. *International Journal of Food Science and Technology*, 45: pp. 1255–1262.
- Feas X., Pires J., Iglesias A., Estevinho M.L. (2010).** Characterization of artisanal honey produced on the Northwest of Portugal by melissopalynological and physico-chemical data. *Food Chem. Toxicol.* 48: 3462–3470.
- Felsner M.L., Cano C.B., Bruns R.E., Watanabe H.M., Almeida-Muradian L.B., Matos J.R. (2004).** Characterization of monofloral honeys by ash contents through a hierarchical design. *Journal of Food Composition and Analysis*, Volume 17, Issue 6, Pages 737-747.
- Fidaleo M., Zuorro A., Lavecchia R. (2010).** Honey: a natural antimicrobial agent against food borne pathogens? *Special Abstracts / Journal of Biotechnology* 150S: S1–S576.
- French V. M., Cooper R. A. and Molan P. C. (2005).** The antibacterial activity of honey against coagulase-negative staphylococci *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*. 56, 228–231.
- Gheldof N. and Engesth N.J. (2002).** Antioxidant capacity of honeys from various floral sources based on the determination of oxygen radical absorbance capacity and inhibition of in vitro lipoprotein oxidation in human serum samples. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 50 : 3050-3055.
- Gleiter R. A., Horn H. and Isengard H.-D. (2006).** Influence of type and state of crystallization on the water activity of honey. *Food Chemistry*, 96 : 441-445.
- Gomes Susana, Luis G. Dias, Leandro L. Moreira, Paula Rodrigues, Leticia Estevinho (2010).** Physicochemical, microbiological and antimicrobial properties of commercial honeys from Portugal. *Food and Chemical Toxicology*, Volume 48, Issue 2, Pages 544-548.

**Gomez-Caravaca A.-M., Gomez-Romero M., Arraez-Roman, Segura-Carretero A. and Fernandez-Gutierrez A. (2006).** Advances in analysis of phenolics compounds in products derived from bees. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 41 : 1220-1234.

**Gonnet M. (1963).** L'hydroxyméthylfurfural dans les miels. Mise au point d'une méthode de dosage. *Ann. Abeille*, 6, (1), 53-67.

**Gonnet M. (1982).** Le miel : composition, propriétés, conservation. INRA station expérimentale d'apiculture, 1982 : 1-18.

**Gonnet M. (1984).** Un miel de soleils. *Rev. Fr. Apic.* (434) 483-485.

**Gonnet M. (1999).** Préserver la qualité des miels. *Abeilles et Fleurs*, 598.

**Gonnet M., (1974):** Composition, propriétés et conservation du miel, édition : INRA, vol 1, N° : 3. PP : 13.

**Gonnet M., (1986).** L'analyse du miel, Edition OPJDA ,vol 13 , N 54 .PP : 20.

**Gout J.Gland Jardel. (1998) :** Le monde du miel et des abeilles. Delachaux et Niest. Paris.

**Guerriat H. (1996).** Être performant en apiculture, Guerriat (Ed.), Soignies, Belgique.

**Guillén I., J.A. Gabaldón, E. Núñez-Delicado, R. Puchades, A. Maquieira, S. Morais (2011).** Detection of sulphathiazole in honey samples using a lateral flow immunoassay. *Food Chemistry*, Volume 129, Issue 2, 15 November 2011, Pages 624-629.

**Guler, A., Bakan, A., Nisbet, C. & Yavuz, O. (2007).** Determination of important biochemical properties of honey to discriminate pure and adulterated honey with sucrose (*Saccharum offinarum* L.) Syrup. *Food chemistry*, 105:1119-1125.

**Guo Wenchuan, Zhu Xinhua, Zhuang Hong, Liu Yi. (2010).** Sugar and water contents of honey with dielectric property sensing . *Journal of Food Engineering*, Volume 97, Issue 2, Pages 275-281.

**Guyot-Declerck Christine, Renson Sarah, Bouseta Amina, Collin Sonia (2002).** Floral quality and discrimination of *Lavandula stoechas*, *Lavandula*



angustifolia, and *Lavandula angustifolia*×*latifolia* honeys. *Food Chemistry*, Volume 79, Issue 4, December 2002, Pages 453-459.

**Hebbar, H U; Nandini, K E; Lakshmi, M C; Subramanian, R (2003).** Microwave and infrared heat processing of honey and its quality. *Food Science and Technology Research* 9 (1): 49-53.

**Hopper, S. D. (1980).** Pollen and nectar feeding by Purple-crowned Lorikeets on *Eucalyptus occidentalis*. *Emu* 80:239-240.

**Hubersan J. (2001).** L'analyse pollinique des miels par l'amateur. *Galerie Apicole virtuelle*.

**Huchet, E., coustel, J., et Guinat, L. (1996).** Les constituants chimiques du miel, école nationale supérieure des industries Agricoles et Alimentaires, 1, Avenue des olympiades 91744 Massy cedex : 3-5.

**Hussein M.H ., (2001).** L'apiculture en Afrique (les pays du nord, de l'est, du nord et de l'ouest du continent ) . *Plant Protection Dept., Faculty of Agriculture, Assiut University, Assiut, EGYPTE .Apiacta*. 1, P: 34-48.

**Hussein M.H. (2000).** A review of beekeeping in Arab countries, *Bee World* 81, 56 –71.

**Iglesias Antonio, Feas Xesus, Rodrigues Sandra, Seijas Julio A., Vazquez-Tato M. Pilar, Dias Luis G. and Estevinho Leticia M. (2012).** Comprehensive Study of Honey with Protected Denomination of Origin and Contribution to the Enhancement of Legal Specifications. *Molecules* 2012, 17, 8561-8577.

**Ismail Abdel-Halim M., Owayss Ayman A., Mohanny Karem M., Salem Rasha A. (2013).** Evaluation of pollen collected by honey bee, *Apis mellifera* L. colonies at Fayoum Governorate, Egypt. Part 1: Botanical origin Original *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, Volume 12, Issue 2, June 2013, Pages 129-135.

**Jason H. Demera, Esther R. Angert, (2004):** Comparison of the antimicrobial activity of honey produced by *Tetragonisca angustula* (Meliponinae) and *Apis*

mellifera from different phytogeographic regions of Costa Rica. *Apidologie* 35: 411–417.

**Jean Prost Pierre (1979).** La Botanique et ses applications agricoles et horticoles. Tome 1. 5 éd. Paris : J.-B. Baillièrre et Fils. 211p.

**Jean Prost Pierre (1987).** L'apiculture. Connaître L'abeille. Conduire Le Rucher. Edition Tec & Doc. Lavoisier. Paris. 579p.

**Jean Prost Pierre (2005).** Apiculture ; connaître l'abeille, conduire le rucher (7e édition). Edition Tec & Doc. 698 p.

**Jeanne F. (1993).** Le miel, définition, origines, propriétés et composition. 2<sup>ème</sup> édition. *But. Tech. Apic*, 18 (3), 147- 152.

**Jean-Prost P., Médori P. (2005).** Miel. In « Apiculture: Connaître l'abeille « conduire le rucher ». Edition *TEC&DOC* : 180-419.

**Jeffrey A.E., Echazarreta C.M. (1996).** Medical uses of honey. *Rev. Biomed.*, 7: 43 – 49.

**Jerkovi Igor, Tuberso Carlo I.G., Gugi Mirko and Bubalo Dragan (2010).** Composition of Sulla (*Hedysarum coronarium* L.) Honey Solvent Extractives Determined by GC/MS: Norisoprenoids and Other Volatile Organic Compounds. *Molecules*: 15, 6375 - 6385.

**Jilani Imtinen b Hj, Schweitzer, P., Khouja, M.L., Zouaghi, M. and Ghrabi, Z. (2008).** Physicochemical Properties and Pollen Spectra of Honeys Produced in Tunisia (Southwest of Kef). *Apiacta*, 43, 38 - 48.

**Kahraman, T., Buyukunal, S.K., Vural, A., Altunatmaz, S.S. (2010).** Physico-chemical properties in honey from different regions of Turkey. In *Food Chemistry*, vol. 123, 2010, p. 41–44.

**Kameda Tsunenori, Tamada Yasushi. (2009).** Variable-temperature <sup>13</sup>C solid-state NMR study of the molecular structure of honeybee wax and silk. *International Journal of Biological Macromolecules*, Volume 44, Issue 1, 1 January 2009, Pages 64-69.

**Karabournioti S. and Zervalaki P. (2001).** Les effets du chauffage sur le HMF et l'invertase des miels. *Apiacta*, 36 (4) : 178-181.

**Karoui R., Dufour E., Bosset J.-O., De Baerdemaeker J. (2007).** The use of front face fluorescence spectroscopy to classify the botanical origin of honey samples produced in Switzerland. *Food Chemistry*, Volume 101, Issue 1, 2007, Pages 314-323.

**Kaškonien V., Venskutonis P.R., eksteryt V. (2010).** Carbohydrate composition and electrical conductivity of different origin honeys from Lithuania *LWT - Food Science and Technology*, Volume 43, Issue 5, June 2010, Pages 801-807.

**Kayacier A., Karaman S. (2008).** Rheological and some physicochemical characteristics of selected Turkish honeys. *J. Texture Stud.* 39: 17–27.

**Kenjeric, D., M. L. Mandic, L. Primorac, D. Bubalo and A. Perl (2007).** Flavonoid profile of Robinia honeys produced in Croatia. *Food Chem.* 102:683-690.

**Kerkvliet J., Ortiz A., Ivanov T., D- Arcy B., Mossel B. and Vit P. (1996).** Honey quality and international regulatory standards: review by the international honey commission. *Bee World*, 80 (2): 61–69.

**Khalil Md. Ibrahim, Moniruzzaman Mohammed, Boukraâ Laïd, Benhanifia Mokhtar, Islam Md. Asiful, Islam Md. Nazmul, Sulaiman Siti Amrah and Gan Siew Hua . (2012).** Physicochemical and Antioxidant Properties of Algerian Honey. *Molecules*, 17(9), 11199-11215.

**Khalil, M I; Sulaiman, S. A., Boukraa, L (2010).** Antioxidant properties of honey and its role in preventing health disorders. *The Open Nutraceuticals Journal* 3: 6-16.

**Kirs Evelin, Pall Raili, Martverk Kaie, Laos Katrin. (2011).** Physicochemical and melissopalynological characterization of Estonian summer honeys. *Procedia Food Science*, Volume 1, 2011, Pages 616-624.

**Kowalski Stanisław. (2013).** Changes of antioxidant activity and formation of 5-hydroxymethylfurfural in honey during thermal and microwave processing. *Food Chemistry*, Volume 141, Issue 2, 15 November 2013, Pages 1378-1382.

**Kumazawa Shigenori, Hamasaka Tomoko, Nakayama Tsutomu. (2004).** Antioxidant activity of propolis of various geographic origins *Original Food Chemistry*, Volume 84, Issue 3, Pages 329-339.

**Kremp G.O.W. (1965).** Morphologic encyclopedia of palynology: an international collection of definitions and illustrations of spores and pollen. University of Arizona Press, Tucson, 263 p.

**Küçük M., Kolayli S., Karaolu S., Ulusoy E., Baltaci C. and Candan F. (2007).** Biological activities and chemical composition of three honeys of different types of Anatolia. *Food Chemistry*, 100 : 526-534.

**Kwakman P. H., Te Velde A. A., De Boer L. [et al.] (2010).** How honey kills bacteria. *FASEB journal*, vol. 24, n°7, p. 2576-2581.

**Kwakman Paulus H. S. and Zaat Sebastian A. J. (2012).** Antibacterial Components of Honey. *IUBMB Life*, 64(1): 48–55.

**Laaidi K., Laaidi M. et Besancenot J.P. (1997).** Pollens, pollinoses et météorologie. *La météorologie 8<sup>e</sup> série*. N° 20.

**Laamouri A, Ammari Y, Albouchi A, Sghaier T, Mguis K et Akrimi N (2008).** Etude comparative de la croissance et du développement du système racinaire de trois espèces de jujubier en Tunisie. *Geo-Eco-Trop*, 2008, 32: 37 – 46.

**Lagarde J. (1995).** Initiation à l'analyse des données. Ed. Dunod. Paris, 157 p.

**Laraqui C., Benhaymoud N., El Meziane A., Belamalle I., Harourate K., Mehaji A.K. (1996).** Allergie au venin d'abeilles : prévalence et degré d'information des apiculteurs et leurs familles dans la région de Sidi Slimane. *Revue Française d'Allergologie et d'Immunologie Clinique*, Volume 36, Issue 7, Pages 771-774.

**Laurian Robert S., Foster Elizabeth, Levesque-Lemay Madleine, Routly Elizabeth, Wilkinson David et Gleddie Steve. (2004).** Le potentiel de fixer des limites au flux des trans-gènes en modifiant les protéines à la surface des grains de pollen. *Agriculture et agroalimentaire*. Ottawa. Canada, bulletin IBP n° 1.

**Lazarevi Kristina B., Andri Filip, Trifkovi Jelena, Teši Živoslav, Milojkovi -Opsenica Dušanka. (2012).** Characterisation of Serbian unifloral honeys according to their physicochemical parameters. *Food Chemistry*, Volume 132, Issue 4, Pages 2060-2064.

**Lazaridou Athina, Biliaderis Costas G., Bacandritsos Nicolaos, Sabatini Anna Gloria. (2004).** Composition, thermal and rheological behaviour of selected Greek honeys *Journal of Food Engineering*, Volume 64, Issue 1, Pages 9-21.

**Lee Hyungjae, Churey John J., Worobo Randy W. (2008).** Antimicrobial activity of bacterial isolates from different floral sources of honey. *International Journal of Food Microbiology*. 126 : 240–244.

**Leo P. Vanhanen, Andrea Emmertz, Geoffrey P. Savage (2011).** Mineral analysis of mono-floral New Zealand honey. *Food Chemistry*, Volume 128, Issue 1, Pages 236-240.

**Lequet N., (2010).** Du nectar à un miel de qualite : controles analytiques du miel et conseils pratiques a l'intention de l'apiculteur amateur, thèse de doctorat.

**Lobreau-Callen D., Marmion V. and Clément M-C. (1999).** Les miels. In « *Techniques de l'ingénieur* » : 1-20.

**Loublier, Y., Piana, M. L., Pham Dele`gue, M.-H., & Borneck, R. (1994).** Caractérisation pollinique des miels franc, ais de lavande: premiers résultats. [Characterization of monofloral lavender honeys — pollen analysis of French lavender honeys — preliminary results]. *Grana*, 33, 231–238.

**Louveaux J. (1968).** Composition propriété et technologie du miel. Les produits de la ruche in traité de biologie de l'abeille. Tome 03 Ed Masson et Cie. 389 p.

**Louveaux J. (1980).** Les abeilles et leur élevage. Edition: Hachette. Pp 1.

**Louveaux J. (1985).** Les produits du rucher. In « *Les abeilles et leur élevage* »: 165 -199.

**Louveaux J., Abed L. (1984)** Les miels d'Afrique du nord et leur spectre pollinique, *Apidologie* 15, 145–170.

**Louveaux J., Maurizio A., Vorwohl G. (1978)** Methods of Melissopalynology, *Bee World* 59, 139–157.

**Louveaux, J., Maurizio, A. & Vorwohl, G., 1970.** Methods of melissopalynology. *Bee World* 51: 125 – 131.

**Lu, L.C., Chen, Y.W. & Chou, C.C. (2005).** Antibacterial activity of propolis against *Staphylococcus aureus*. *International Journal of Food Microbiology*, 102: 213-220.

**Luis F. Cuevas-Glory, Jorge A. Pino, Louis S. Santiago, E. Sauri-Duch (2007).** A review of volatile analytical methods for determining the botanical origin of honey. *Food Chemistry* 103 (2007) 1032–1043.

**Luque Silvia Suárez. (2009).** Determinación de aniones y cationes en la miel mediante electroforesis capilar. Memoria presentada para optar al grado de Doctor Universidad de Santiago de Compostela. 253 p.

**Makhloufi C, Kerkvliet D, Ricciardelli D'albore G, Choukri A, Samar R (2010).** Characterization of Algerian honeys by palynological and physico-chemical methods. *Apidologie* 41:509-521.

**Makhloufi C, Schweizer P, Azouzi C, Persano OL, Choukri A, Hocine L, Ricciardelli D'Albore G (2007).** Some properties of Algerian honey, *Apiacta* 42:73-80.

**Malacalza N.H., Caccavari M.A., Fagúndez G., Lupano C.E., (2005).** Unifloral honeys of the province of Buenos Aires, Argentine. *J. Sci. Food Agric.* 85: 1389-1396.

**Mandal Shyamapada, DebMandal Manisha, Pal Nishith Kumar, Saha Krishnendu. (2010).** Antibacterial activity of honey against clinical isolates of *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* and *Salmonella enterica* serovar Typhi. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, Volume 3, Issue 12, Pages 961-964.

**Manikis I., Thrasyvoulou A. (2001).** La relation entre les caractéristiques physiques et chimiques des miels et leurs paramètres de cristallisation. *Apiacta*, 36, (2), 106-112.

**Manyi-Loh Christy E., Clarke Anna M., Munzhelele Thilivhali, Green Ezekiel, Mkwetshana Noxolo F., and Ndip Roland N. (2010).** Selected South African Honeys and Their Extracts Possess In Vitro Anti-Helicobacter pylori Activity. *Archives of Medical Research*. 41: 324 - 331.

**Marceau J., Norea J. and Houle É. (1994).** Les HMF et la qualité du miel. *L'abeille*, 15 (2) : 1-5.

**Marchenay P., Berard L. (2007).** L'homme, l'abeille et le miel. Editions De Borée, Romagnant, 224 p.

**Marcucci, M.C. (1995).** Propolis: Chemical composition, biological properties and therapeutic activity. *Apidologie*, 26:83-99.

**María M. Cavia, Miguel A. Fernández-Muiño, Sara R. Alonso-Torre, José F. Huidobro, María T. Sancho. (2007).** Evolution of acidity of honeys from continental climates: Influence of induced granulation. *Food Chemistry*, Volume 100, Issue 4, Pages 1728-1733.

**Marin M.J.L., Loprz F.P., Hernandez E.G. (1995).** Caractérisation du miel d'oranger (*Citrus sp.*) produit en Espagne, au moyen de son spectre pollinique. *Lagascalía* 18 (1) : 71-82.

**Marini F., Magri A.L., Balestrieri F., Fabretti F., Marini D. (2004).** Supervised pattern recognition applied to the discrimination of the floral origin of six types of Italian honey samples *Analytica Chimica Acta*, Volume 515, Issue 1, 5 July 2004, Pages 117-125.

**Marquele, F.D., Di Mambro, V.M., Georgetti, S.R., Casagrande, R., Valim, Y.M.L. & Fonseca, M.J.V. (2005).** Assesment of the antioxidant activities of Brazilian extracts of propolis alone and in topical pharmaceutical formulations. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical analysis*, 39: 455-462.

**Mateo R, Bosch-Reig F. (1997).** Sugars profiles of Spanish unifloral honeys. *Food Chem*; 60: 33-40.

**Maurizio, A. (1968).** La récolte et l'emmagasinage du pollen par les abeilles. In: *Traité de Biologie de l'Abeille*. Tome III. Masson Ed, Paris, pp 168-173.

**Meda A, Charles Euloge Lamien , Marco Romito , Jeanne Millogo , Odile Germaine Nacoulma (2005) :** Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Faso honey, as well as their radical scavenging activity. *Food Chemistry*. 91: 571–577.

**Meda A. (2005).** Utilisations thérapeutiques des produits de la ruche, étude phytochimique et activités biologiques des miels de Burkina Faso. Thèse de doctorat. *Université de Ouagadougou* : 186p.

**Mellin E. (2002).** Aperçu de la flore mellifère de Belgique et des régions voisines. *Botanique apicole*. Gembloux.

**Melliou Eleni, Chinou Ioanna (2011).** Chemical constituents of selected unifloral Greek bee-honeys with antimicrobial activity. *Food Chemistry* 129: 284–290.

**Miriam O. Iurlina , Rosalia Fritz(2005) :**Characterization of microorganisms in Argentinean honeys from different sources. *International Journal of Food Microbiology* 105 (2005) 297– 304.

**Mohammedi Zohra, Atik Fawzia (2012).** Pouvoir antifongique et antioxydant de l'huile essentielle de *Lavandula stoechas* L. *Nature & Technologie* ». n° 06. Pages 34 à 39.

**Monica S. Finola, Mirta C. Lasagno, Juan M. Marioli (2007):** Microbiological and chemical characterization of honeys from central Argentina. *Food Chemistry* 100: 1649–1653.

**Morais Margarida, Moreira Leandro, Feas Xesus, Estevinho Leticia M. (2011).** Honeybee-collected pollen from five Portuguese Natural Parks: Palynological origin, phenolic content, antioxidant properties and antimicrobial activity. *Food and Chemical Toxicology* 49: 1096–1101.

**Morse R., Lisk DJ. (1980).** Elemental analysis of honeys from several nations. *Am. Bee. J.* 522- 523.



**Muller W.J., Hepburn H.R. (1994).** Juvenile hormone III and wax secretion in honeybees (*Apis mellifera capensis*). *Journal of Insect Physiology*, Volume 40, Issue 10, October 1994, Pages 873-881.

**Nagai T, Inoue R, Inoue H, Suzuki N. (2002).** Scavenging capacities of pollen extracts from *Cistus ladaniferus* on autoxidation, superoxide radicals, hydroxyl radicals and DPPH radicals. *Nut Res*; 22 : 519-26.

**Nair Samira (2006).** Biodiversité végétale et qualité du miel dans la région nord ouest Algérienne. Mémoire de magister d'écologie.

**Nanda V., Sarkar B. C., Sharma H. K. and Bawa A. S. (2003).** Physico-chemical properties and estimation of mineral content in honey produced from different plants in Northern India. *Journal of Food Composition and Analysis*, 16: 613-619.

**Nathalie jarosz (2003).** Etude de la dispersion atmosphérique du pollen de maïs. Contribution à la maîtrise des risques de pollinisation croisée. Thèse de Doctorat. Institut National Agronomique Paris-Grignon (INA P-G).

**Negueruela A. I. and Perez-Arquillue C. (2000).** Colour Measurement of Rosemary honey in the solid state by reflectance spectroscopy with black background. *Journal of AOAC international* : 83-669.

**Osman K. A., Al-Doghairi M. A., Al-Rehiyani S., Helal M. I. D., (2007).** Mineral contents and physicochemical properties of natural honey produced in Al-Qassim region, Saudi Arabia. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 5(3-4), 142-146.

**Ouchemoukh S., Louaileche H. and Schweitzer P. (2007).** Physicochemical characteristics and pollen spectrum of some Algerian honeys. *Food Control*, 18: 52-58.

**Ouchemoukh Salim, Schweitzer Paul, Bey Mostapha Bachir, Djoudad-Kadji Hafsa, Louaileche Hayette (2010).** HPLC sugar profiles of Algerian honeys *Food Chemistry*, Volume 121, Issue 2, 15 July 2010, Pages 561-568.

**Özcan M., Arslan D. and Ceylan D.A. (2006).** Effects of inverted saccharose on some properties of honey. *Food Chemistry*, 99 : 24-29.

- Pataca Luiz C.M., Neto Waldomiro Borges, Marcucci Maria C., Poppi Ronei J. (2007).** Determination of apparent reducing sugars, moisture and acidity in honey by attenuated total reflectance-Fourier transform infrared spectrometry *Talanta*, Volume 71, Issue 5, Pages 1926-1931.
- Paulus H., Kwakman S. and Sebastian A. J. Zaat (2012).** Antibacterial Components of Honey. *IUBMB Life*, 64(1): 48–55.
- Persano Oddo L., Baldi E., Accorti M. (1990).** Diastatic activity in some unifloral honey. *Apidologie*, 21, (1), 17-24.
- Persano Oddo L., Piazza M. G. and Pulcini P. (1999).** Invertase activity in honey. *Apidologie*, 30: 57-65.
- Persano Oddo L., Piazza M.G., Sabatini A.G., Accorti M. (1995).** Characterization of unifloral honeys. *Apidologie* 26 (1995): 453 – 465.
- Persano Oddo L., Piro R. (2004).** Main European unifloral honeys: descriptive sheets, *Apidologie* 35 (Suppl. 1), S38–S81.
- Pesenti Marion E., Spinelli Silvia, Bezirard Valérie, Briand Loïc, Pernollet Jean-Claude, Tegoni Mariella, Cambillau Christian (2008).** Structural Basis of the Honey Bee PBP Pheromone and pH-induced Conformational Change. *Journal of Molecular Biology*, Volume 380, Issue 1, Pages 158-169.
- Piazza MG, Accorti M, Persano Oddo L (1991).** Electrical conductivity, ash, colour and specific rotatory power in Italian unifloral honeys. *Apicoltura*; 7 : 51-63.
- Polus P. (2008).** Anomalies de cristallisation : séparation de phase et arborescence. *L’Abeille de France*, 944, 83-84.
- Popek SA (2002).** Procedure to identify honey type. *Food Chem*; 79 : 401-6.
- Punt W., Blackmore S., Nilsson S. & Le thomas A. (1994).** Glossary of pollen and spore terminology. LPP Foundation, UTRECHT, 1994. LPP contributions séries n°1, 72p.
- Ramirez C.M.A., González N.S.A., Sauri D.E. (2000).** Effect of the temporary thermic treatment of honey on variation of the quality of the same during storage. *Apiacta, Romania*, v.35, n.4, p. 162-170.

**Ravazzi, G. (2003).** Les autres produits de la ruche In « Abeilles et apiculture ». Ed: VECCHI, 118-121.

**Recondo M.P., B.E. Elizalde, M.P. Buera (2006).** Modeling temperature dependence of honey viscosity and of related supersaturated model carbohydrate systems. *Journal of Food Engineering*, Volume 77, Issue 1, November 2006, Pages 126-134.

**Reille M. (1990).** Leçons de palynologie et d'analyse pollinique. Editions du C.N.R.S., Paris, 206 p.

**Ricciardelli D'Albore G. (1998).** Mediterranean melissopalynology, Istituto di Entomologia Agraria, Università degli studi, Perugia, Italy.

**Ricciardelli D'Albore G., Vorwohl, G. (1980).** Sortenhonige im Mittelmeergebiet, *Rivista Agricoltura Subtropicale e Tropicale*. 74, 89–118.

**Rizelio Viviane Maria, Luciano Valdemiro Gonzaga, Graciele da Silva Campelo Borges, Gustavo Amadeu Micke, Roseane Fett, Ana Carolina Oliveira Costa (2012).** Development of a fast MECK method for determination of 5-HMF in honey samples. *Food Chemistry*, Volume 133, Issue 4, Pages 1640-1645.

**Roopal V Patel, Vidhi T Thaker, VK Patel. (2011).** Antimicrobial activity of ginger and honey on isolates of extracted carious teeth during orthodontic treatment. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, Volume 1, Issue 1, Supplement, Pages S58-S61.

**Sak-Bosnar Milan, Saka Nikola (2012).** Direct potentiometric determination of diastase activity in honey . *Food Chemistry*, Volume 135, Issue 2, 15 November 2012, Pages 827-831.

**Salamanca GC., Serra Y., Belenguer JA. (2002).** Estudio analítico comparativo de las propiedades fisicoquímicas de mieles de *Apis mellifera* en algunas zonas apícolas de los departamentos de Bocaya y Tolima. Publicación interna de la universidad del Tolima (Colombia) y de la universidad Politecnica. (España).

**Sanchez V., Baeza R., Ciappini C., Zamora M.C., Chirife J. (2010).** Comparison between Karl Fischer and refractometric method for determination of water content in honey. *Food Control*, Volume 21, Issue 3, March 2010, Pages 339-341.

**Sanz M.L., Gonzalez M., de Lorenzo C., Sanz J., Martinez-Castro I. (2005).** A contribution to the differentiation between nectar honey and honeydew honey. *Food Chemistry* 91 (2005) 313–317.

**Sawyer R., Pickard R.S. (1981).** Pollen identification for beekeepers. University College Cardiff Press, Cardiff, 111 p.

**Scazzocchio, F., D’Auria, F.D., Alessandrini, D. & Pantenella, F. (2006).** Multifactorial aspects of antimicrobial activity of propolis. *Microbiological Research*, 161: 327-333.

**Schweitzer P. (2005).** Encore des miels hors normes. *Revue l’abeille de France* N°917. Laboratoire d’analyse et d’écologie apicole. 03p.

**Schweitzer P. (2001).** La couleur des miels. *L’Abeille de France*, 872, 327-330.

**Schweitzer P. (2004).** La cristallisation des miels. *L’Abeille de France*, 901, 149-157.

*Science of Food and Agriculture*, 84: 1801-1805.

**Sejio M.C., Aira M.J., Mendez J. (2003).** Palynological differences in the pollen content of Eucalyptus honey from Australia, Portugal and Spain. *Grana*, V42, n° 3, p 183-190.

**Serra Bonvehi, J., & Coll, F. V. (1993).** Physico-chemical properties, composition and pollen spectrum of french lavender (*Lavandula stoechas* L.) honey produced in Spain. *Zum Lebensmittel Untersuchung und Forschung*, 196, 511–517.

**Serrano Salud, Villarejo Marta, Espejo Roberto, Jodral Manuela L. (2007).** Diastase and invertase activities in Andalusian honeys. *Int. J. Food Sci. Technol.* 42, 76–79.

**Sforcin J.M. (2007).** Propolis and the immune system. *Journal of Ethnopharmacology*, Volume 113, Issue 1, Pages 1-14.

**Shin, H.S. & Ustunol, Z. (2005).** Carbohydrate composition of honey from different floral sources and their influence on growth of selected intestinal bacteria: An in vitro comparison. *Food Research International*, 38: 721-728.

**Shiva Mohammadzadeh, Mohammad Shariatpanahi, Manoochehr Hamedi, Reza Ahmadkhaniha, Nasrin Samadi, Seyed Nasser Ostad, (2007).** Chemical composition, oral toxicity and antimicrobial activity of Iranian propolis. *Science direct. Food Chemistry* 103 (2007) 1097–1103.

**Silva Luís R., Videira Romeu, Monteiro Andreia P., Valentão Patrícia, Andrade Paula B. (2009).** Honey from Luso region (Portugal): Physicochemical characteristics and mineral contents. *Microchemical Journal*, Volume 93, Issue 1, Pages 73-77.

**Simsek Adnan, Bilsel Mine, Goren Ahmet C. (2012).**  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  pattern of honey from Turkey and determination of adulteration in commercially available honey samples using EA-IRMS. *Food Chemistry*, Volume 130, Issue 4, Pages 1115-1121.

**Sodré, G.S.; Marchini, L.C.; Moreti, A.C.C. (2007).** Caracterização físico-química de amostras de méis de *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) do Estado do Ceara. *Cienc. Rur.*37: 1139–1144.

**Soria A.C., Gonzalez M., Lorenzo C.D.E., et al. (2004).** Characterization of artisanal honeys from Madrid (central Spain) on the basis of their melissopalynological, physicochemical and volatile composition data. *Food Chemistry*, v85, n° 1, p 121- 130.

**Suc Jean-Pierre. (1996).** Pollen et spores d'europe et d'afrique du nord *Geobios*, Volume 29, Issue 1, Page 110.  
Suisse de Recherche Apicole : 1-5.

**Taormina P.J., Niemira B.A. and Beuchat L.R. (2001).** Inhibitory activity of honey against foodborne pathogens as influenced by presence of hydrogen peroxide and level of antioxidant power. *International Journal of Food Microbiology*, 69 : 217-225.

**Tchoumboue J, Tchouamo IR, Pinta JY, Njia Mambou N. (2001).** Caracteristques socio-economiques et techniques de l'apiculture dans les hautes terres de l'ouest Cameroun. *Tropicultura*, 66 – 72.

**Tchoumboue J., Awah-Ndukum J., Fonteh F.A., Dongock N.D., Pinta J., & Mvondo Z.A. (2007).** Physico-chemical and microbiological characteristics of honey from sudan-guinean zone of West Cameroon. *Africa J. Biotech.*, 6, 908-913.

**Terrab , Angeles F. Recamales , Dolores Hernanz , Francisco J. Heredia (2004).** Characterisation of Spanish thyme honeys by their physicochemical characteristics and mineral contents. *Food Chemistry* 88: 537–542.

**Terrab A, Diez MJ, Heredia FJ (2002).** Characterisation of Moroccan unifloral honeys by their physicochemical characteristics. *Food Chem* ; 79 : 337-73.

**Terrab A, Vega-Pérez JM, Diez MJ, Heredia FJ (2001).** Characterisation of northwest Moroccan honeys by gas chromatographic-mass spectrometric analysis of their sugar components. *J Sci Food Agric* ; 82 : 179-85.

**Terrab A. and Heredia F. J. (2004).** Characterization of avocado (*Persea americana* Mill) honeys by their physicochemical characteristics. *Journal of the*

**Terrab A., Valdés B., Díez J. (2003d).** Pollen analysis of honeys from the Mamora forest region (NW Morocco), *Grana* 42, 47–54.

**Terrab Anass, Recamales Angeles F., González-Miret M. Lourdes, Heredia Francisco J. (2005).** Contribution to the study of avocado honeys by their mineral contents using inductively coupled plasma optical emission spectrometry. *Food Chemistry*, Volume 92, Issue 2, September 2005, Pages 305-309.

**Terrab, A., Diez, M. J., & Heredia, F. J. (2003 a).** Palynological, physicochemical and colour characterization of Moroccan honeys. I. River and gum (*Eucalyptus camaldulensis*) honey. *International Journal of Food Science and Technology*, 38, 379–386.

**Terrab, A., Diez, M. J., & Heredia, F. J. (2003 b).** Palynological, physicochemical and colour characterization of Moroccan honeys. II. Orange

(*Citrus* sp.) honey. International Journal of Food Science and Technology, 38, Issue 4, pages 387–394.

**Tornuk Fatih, Karaman Safa, Ozturk Ismet, Toker Omer Said, Tastemur Bilge, Sagdic Osman, Dogan Mahmut, Kayacier Ahmed (2013).** Quality characterization of artisanal and retail Turkish blossom honeys: Determination of physicochemical, microbiological, bioactive properties and aroma profile. Industrial Crops and Products, Volume 46, April 2013, Pages 124-131.

**Torres, Assegid Garedeu, Erik Schmolz,, Ingolf Lamprecht (2004).** Calorimetric investigation of the antimicrobial action and insight into the chemical properties of “angelita” honey—a product of the stingless bee *Tetragonisca angustula* from Colombia. Thermochemica Acta 415: 107–113.

**Tosi E. A., Ré E., Lucero H. and Bulacio L. (2004).** Effect of honey high temperature short-time heating on parameters related to quality, crystallisation phenomena and fungal inhibition. Lebensm-Wiss.u.-Technol., 37 : 669-678.

**Tosi E., Ciappini M., Ré E. et al. (2002).** Honey thermal treatment effects on hydroxyméthylfurfural content. Food chemistry, v 77, n°1, p 71- 74.

**Tosi E., Martinet R., Ortega M., Lucero H. and Ré E. (2008).** Honey diastase activity modified by heating. Food Chemistry, 106 : 883-887.

**Tosun Murat. (2013).** Detection of adulteration in honey samples added various sugar syrups with  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  isotope ratio analysis method. Food Chemistry, Volume 138, Issues 2–3, 1 June 2013, Pages 1629-1632.

**Tuberoso C. I. G., Bifulco E., Caboni P., Cottiglia F., Cabras P., Floris I., 2010.** Floral Markers of Strawberry Tree (*Arbutus unedo* L.) Honey. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 58(1), 384-389.

**Turhan Irfan, Tetik Nedim, Karhan Mustafa, Gurel Fehmi, Tavukcuoglu H. Reyhan. (2008).** Quality of honeys influenced by thermal treatment. LWT - Food Science and Technology, Volume 41, Issue 8, November 2008, Pages 1396-1399.

**Vanhanen Leo P., Emmertz Andrea, Savage Geoffrey P. (2011).** Mineral analysis of mono-floral New Zealand honey. Food Chemistry, Volume 128, Issue 1, Pages 236-240.

- Vaughn M. Bryant, Jr. (2001).** Pollen Contents of Honey. CAP Newsletter 24 (1):10–24.
- Voidarou C., Alexopoulos A., Plessas S., Karapanou A., Mantzourani I., Stavropoulou E., Fotou K., Tzora A., Skoufos I., Bezirtzoglou E. (2011).** Antibacterial activity of different honeys against pathogenic bacteria. *Anaerobe* 17: 375-379.
- Von der Ohe W. (1994).** Unifloral honeys: Chemical conversion and pollen reduction, *Grana* 33, 292– 294.
- Von der Ohe W., Persano Oddo L., Piana M.L., Morlot M., Martin, P. (2004).** Harmonized methods of melissopalynology, *Apidologie* 35 (Suppl. 1), S18–S25.
- Vorwohl G. (1973).** Das Pollenbild der tunesische Honige, *Apidologie* 4, 178–179.
- Welke J. E., Reginatto S., Ferreira D., Vicenzi R., Soares J. M. (2008).** Physicochemical characterization of *Apis mellifera* L. honeys from the northwest region of Rio Grande do Sul State. *Ciência Rural*. 38(6), 1737-1741.
- Weston R.J., Mitchell K.M and Allen K.L. (1999).** Antibacterial phenolics components of New Zealand manuka honey. *Food Chemistry*, 64 : 295-301.
- White .J. (1962):** cite par Lauveaux J: composition, propriétés et technologie du miel in traité de la biologie de l'abeille .Tome 3 les produits de la ruche.
- White J., (1980).** Hydroxyméthylfurfural and honey adulteration 1-ASSOC.OFFAMEL Chem.63.pp:7-10.
- White J. et Rudyi., (1978).** The protein of honey, *Juicers*. 17. pp: 234-238.
- Wytrychowski Marine, Chenavas Sophie, Daniele Gaëlle, Casabianca Hervé, Batteau Magali, Guibert Sylvie, Brion Béatrice. (2013).** Physicochemical characterisation of French royal jelly: Comparison with commercial royal jellies and royal jellies produced through artificial bee-feeding. *Journal of Food Composition and Analysis*, Volume 29, Issue 2, Pages 126-133.
- Yang Yin, Battesti Marie-José, Paolini Julien, Muselli Alain, Tomi Pierre, Costa Jean. (2012).** Melissopalynological origin determination and volatile



composition analysis of Corsican “Erica arborea spring maquis” honeys. *Food Chemistry*, Volume 134, Issue 1, Pages 37-47.

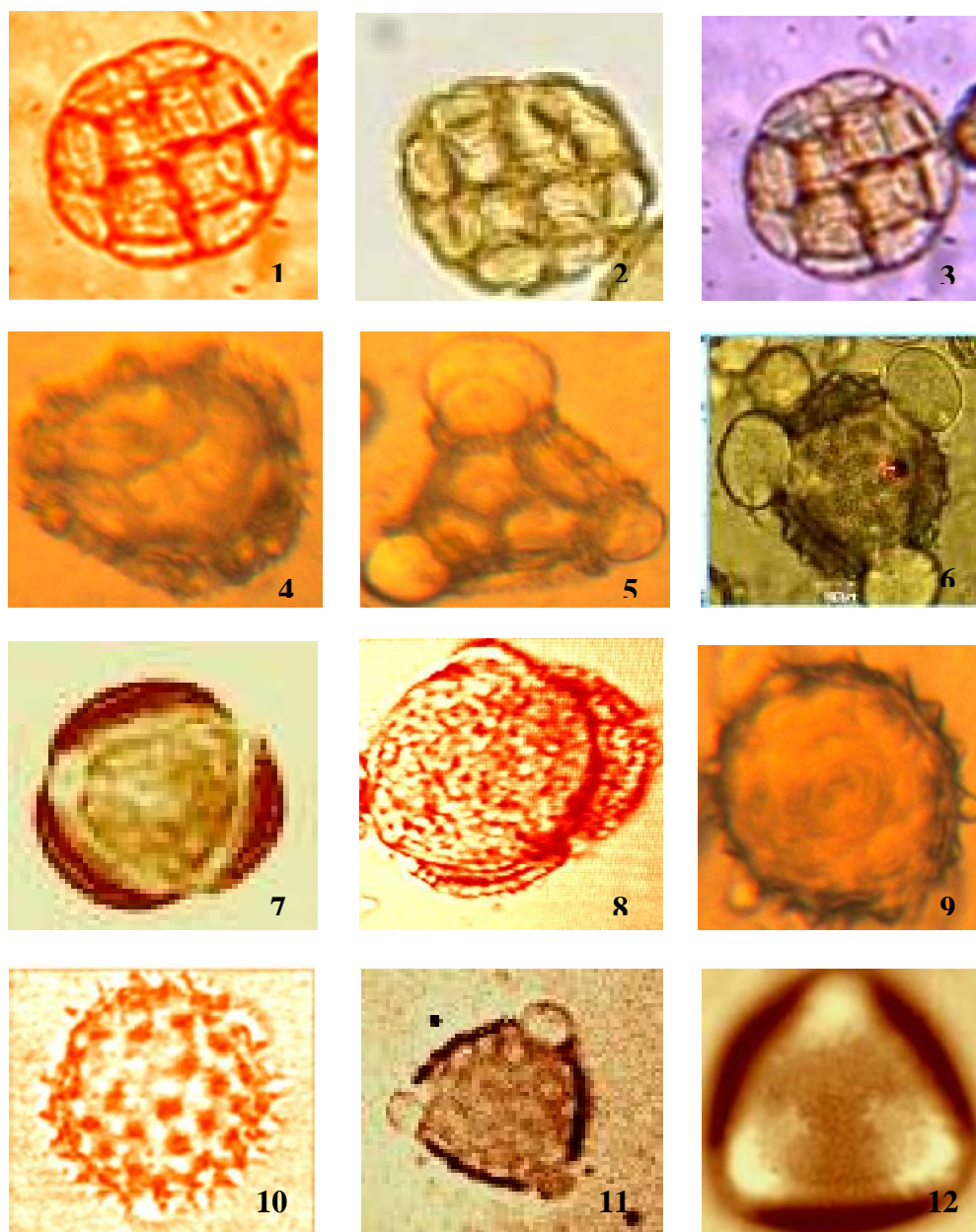
**Yanniotis S., Skaltsi S. and Karaburnioti S. (2006).** Effect of moisture content on the viscosity of honey at different temperatures. *Journal of Food Engineering*, 72 : 372-377.

**Yilmaz H., Küfreviöglu I. (2001).** Composition of Honeys Collected from Eastern and South-Eastern Anatolia and Effect of Storage on Hydroxymethylfurfural Content and Diastase Activity *Turk J Agric For* 25 pp 347-349.

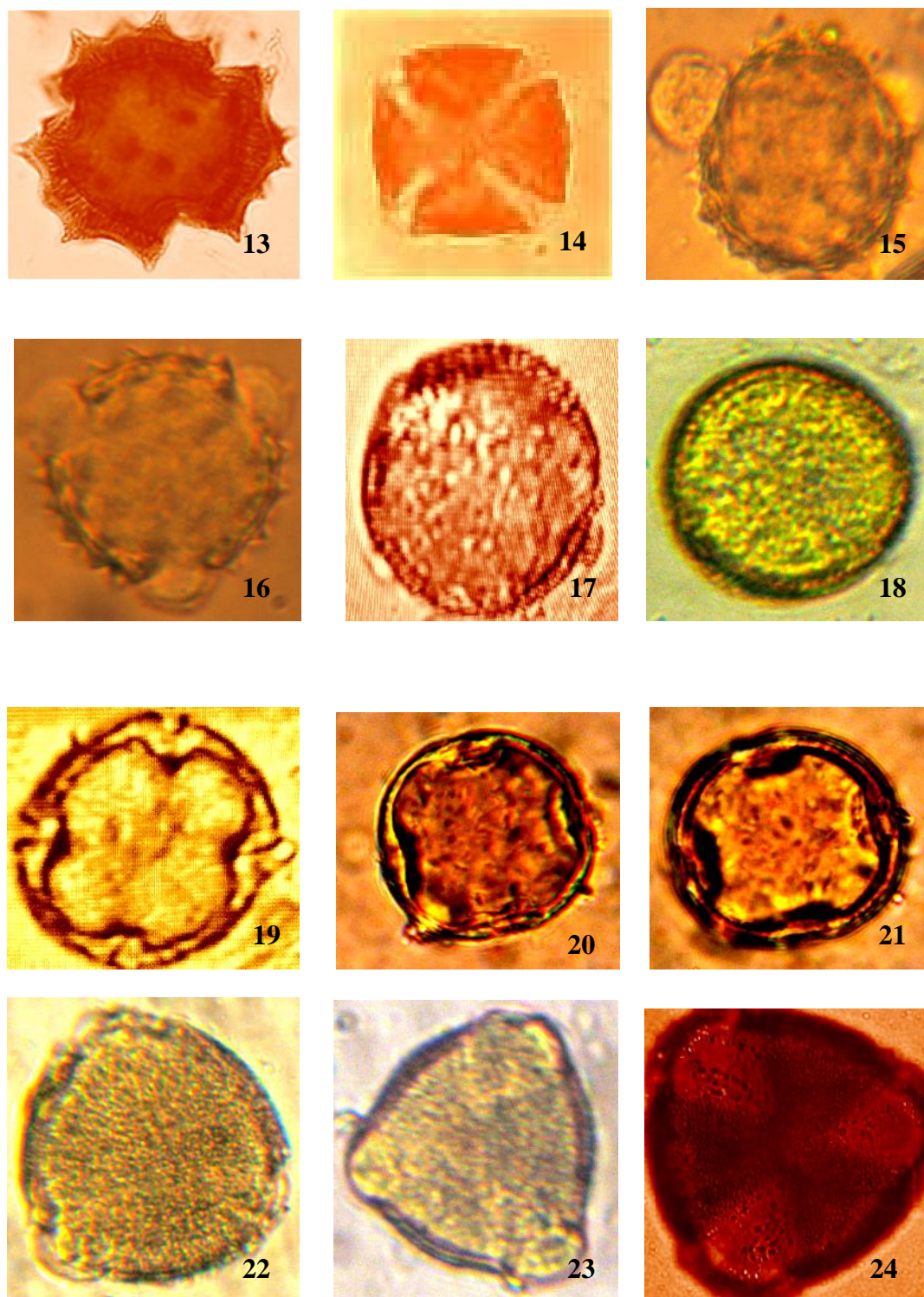
**Zappala M., Fallico B., Arena E. and Verzera A. (2005).** Methods for the determination of HMF in honey : a comparaisn. *Food Control*, 16 : 273-277.

**Zinedine, B., Habib G., (1997).** 35th Inter. Apic. Cong. of Apimondia, Antwerp, 1997, 549.

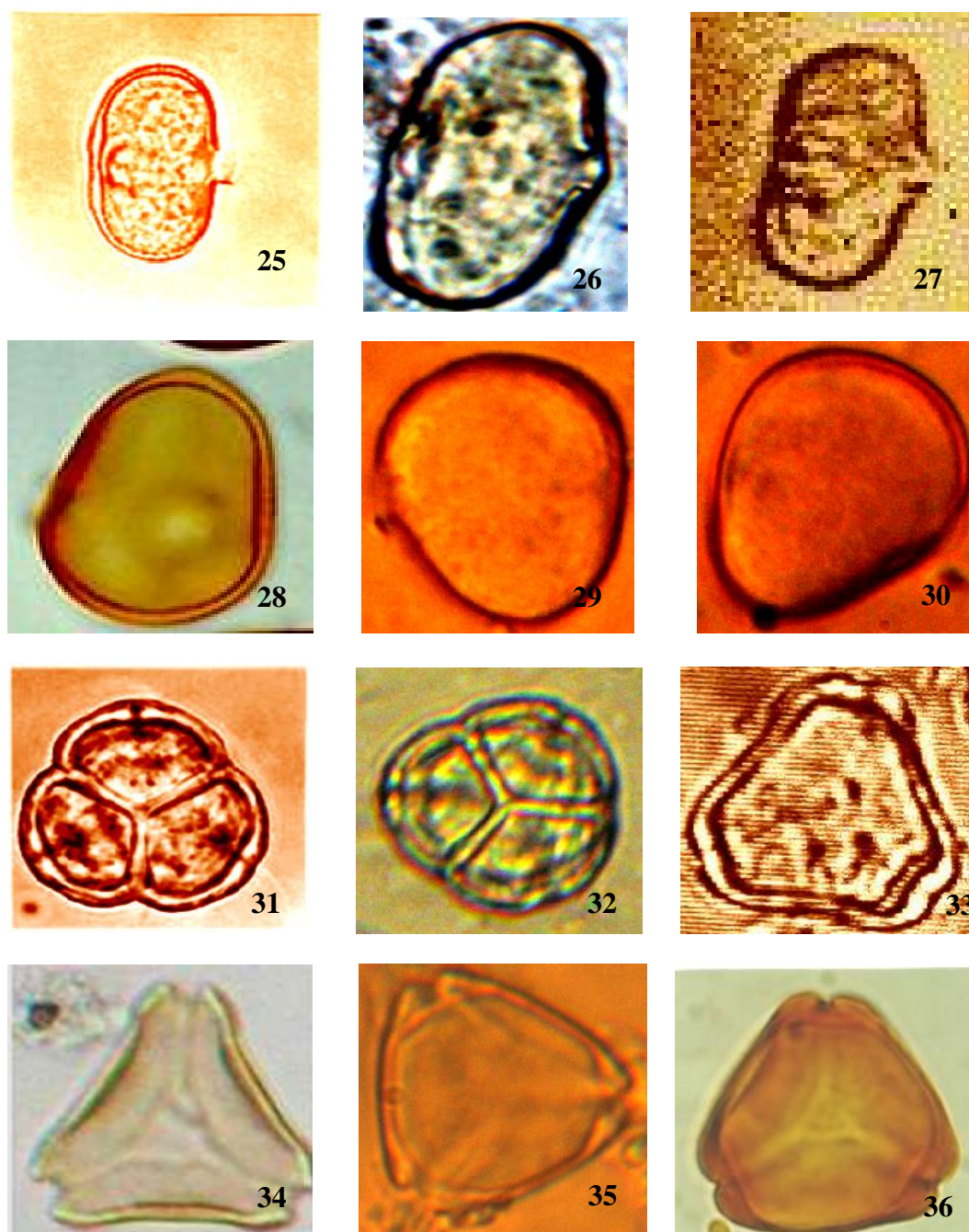
# ANNEXES

**Annexe I:** Les différents types polliniques contenus dans les miels analysés.


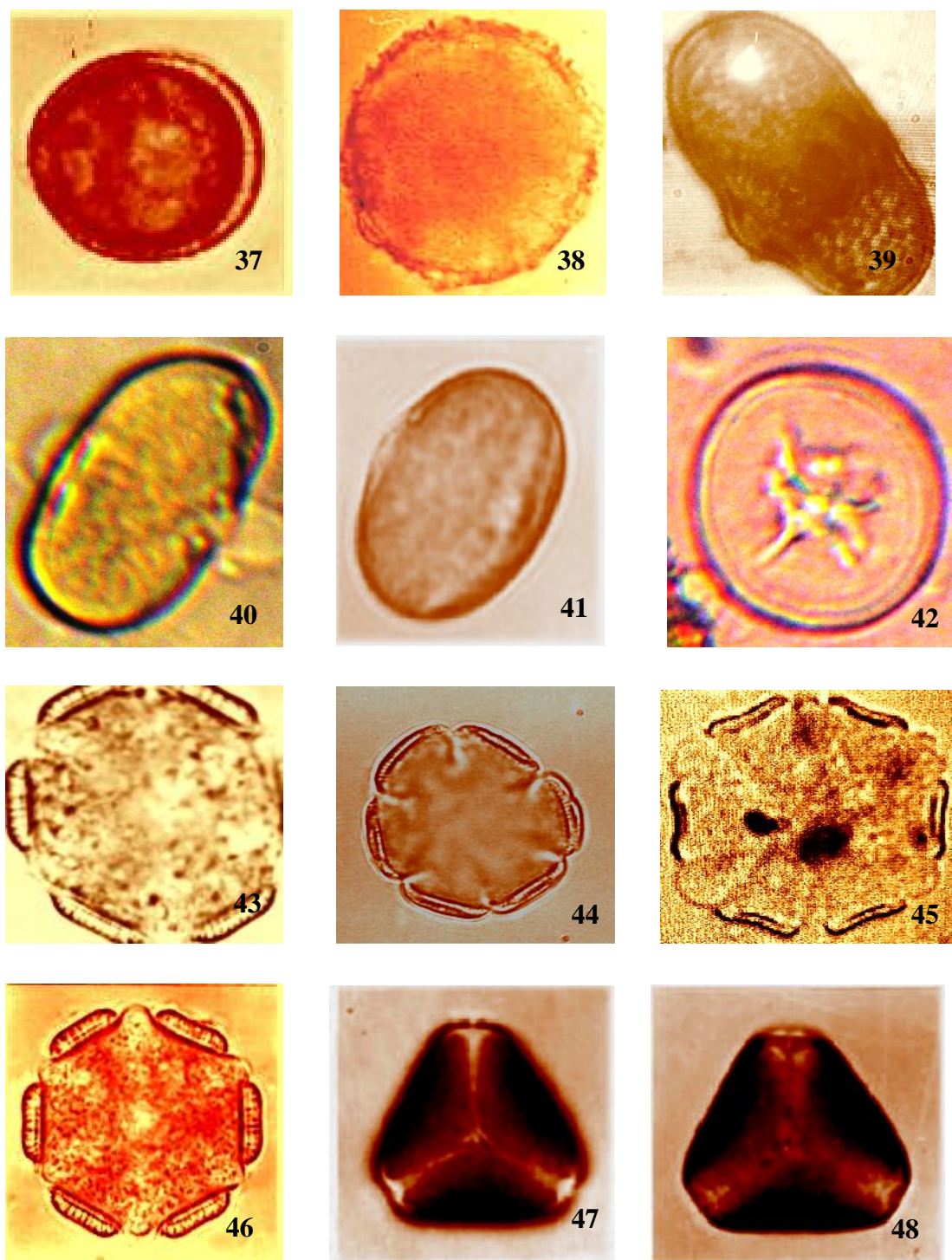
**Planche I :** Quelques types polliniques contenus dans les échantillons de miels analysés (Grossissement x100). Figures: **1-3.** Mimosaceae, *Acacia* sp. – **4-6.** Astéraceae, *Achillea* sp.– **7.** Astéraceae, *Artemisia* sp.– **8.** Liliaceae, *Asparagus* sp.- **9- 10.** Astéraceae, *Aster* type – **11.** Astéraceae, *Calendula arvensis* – **12.** Papilionaceae, *Calycotum spinosa*.



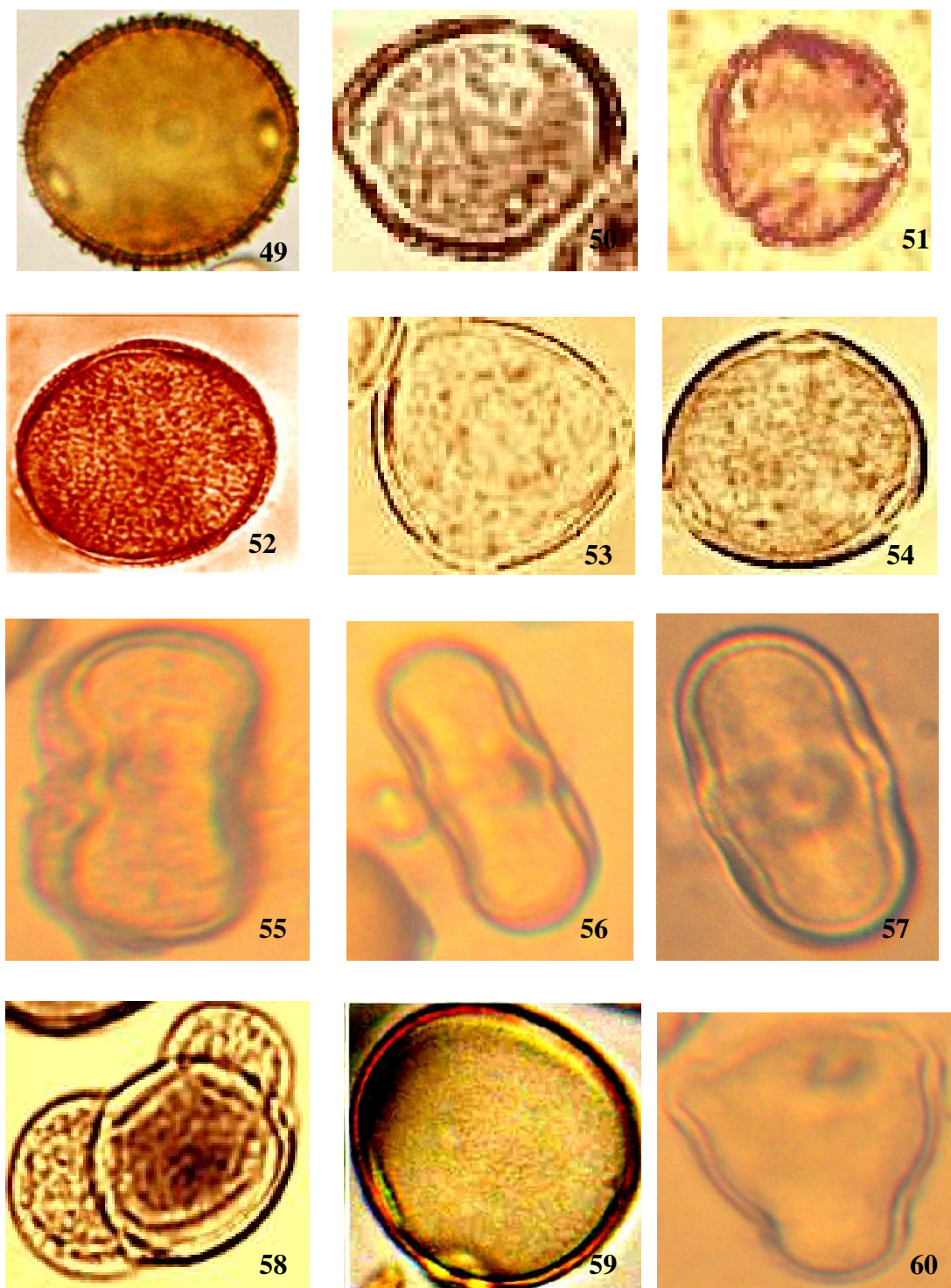
**Planche II** : Quelques types polliniques contenus dans les échantillons de miels analysés (Grossissement x100). Figures: **13.** Astéraceae, *Carduus* sp.– **14.** Fabaceae, *Ceratonia siliqua* – **15- 16.** Astéraceae, *Cirsium arvens* – **17-18.** Cistaceae, *Cistus* sp. - **19-21.** Rutaceae, *Citrus* sp. – **22-24.** Convolvulaceae, *Convolvulus arvensis*.



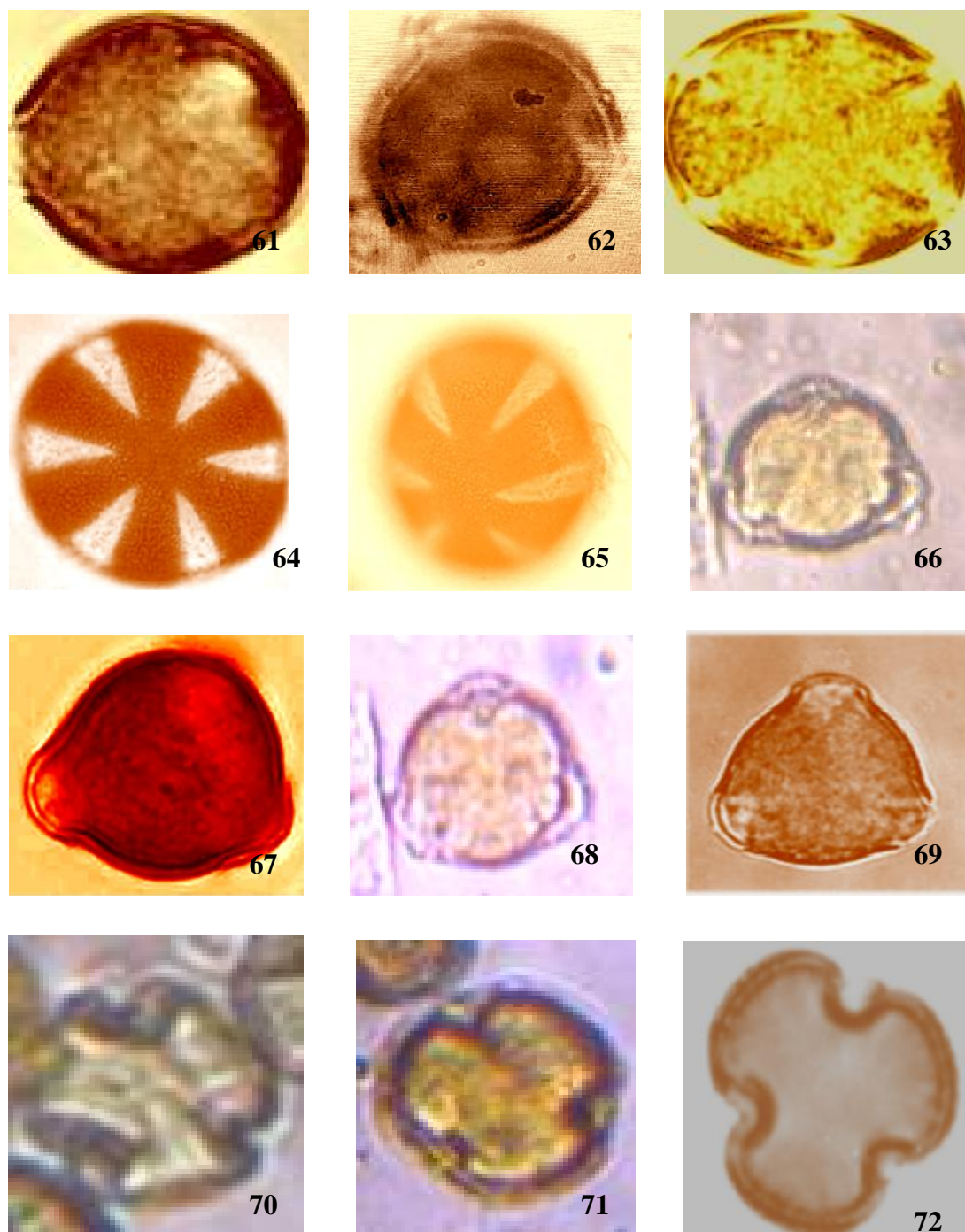
**Planche III** : Quelques types polliniques contenus dans les échantillons de miels analysés (Grossissement x100). Figures: **25-27**. Apiaceae, *Daucus carota*– **28-30**. Boraginaceae, *Echium plantagineum* – **31-32**. Ericaceae, *Erica arborea* – **33-36**. Myrtaceae, *Eucalyptus* sp.



**Planche IV** : Quelques types polliniques contenus dans les échantillons de miels analysés (Grossissement x100). Figures: **37.** Oleaceae, *Fraxinus* sp.– **38.** Cactaceae, *Ficus indica* – **39-41.** Fabaceae, *Hedysarum coronarium* – **42.** Cupressaceae, *Juniperus communis*– **43-44.** Lamiaceae, *Lavandula angustifolia* – **45-46.** Lamiaceae, *Lavandula stoechas* – **47-48.** Loranthaceae, *Loranthus europaeus*.

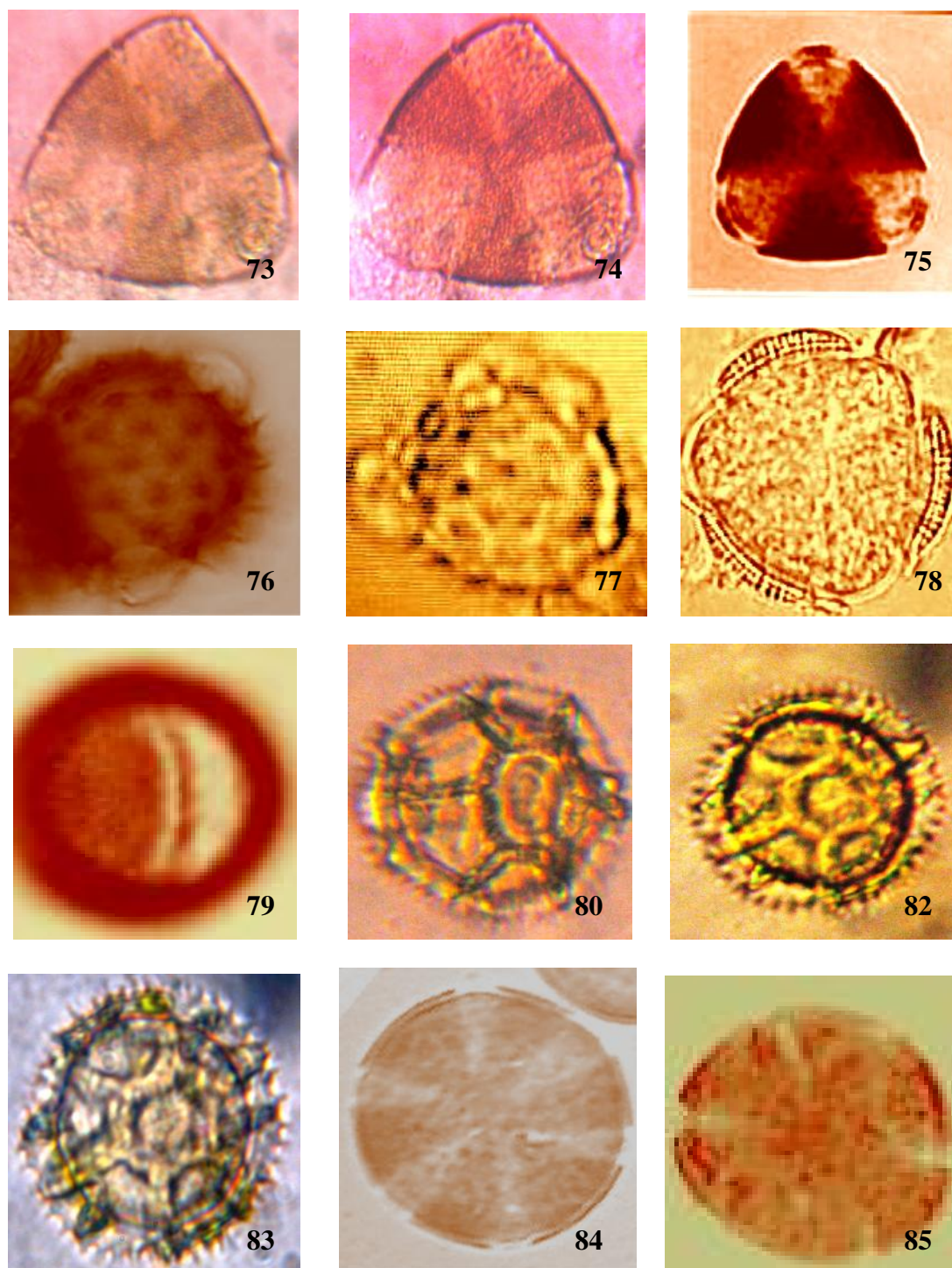


**Planche V** : Quelques types polliniques contenus dans les échantillons de miels analysés (Grossissement x100). Figures: **49.** Malvaceae, *Malva* sp.– **50.** Oleaceae, *Olea europea* – **51-52.** Oxalidaceae, *Oxalis* sp.– **53-54.** Papaveraceae, *Papaver rhoeas* –**55-57.** Apiaceae, *Pimpinella anisum* – **58.** Pinaceae, *Pinus* sp.– **59.** Poaceae, *Poaceae* type – **60.** Rosaceae, *Prunus/Pyrus* sp.

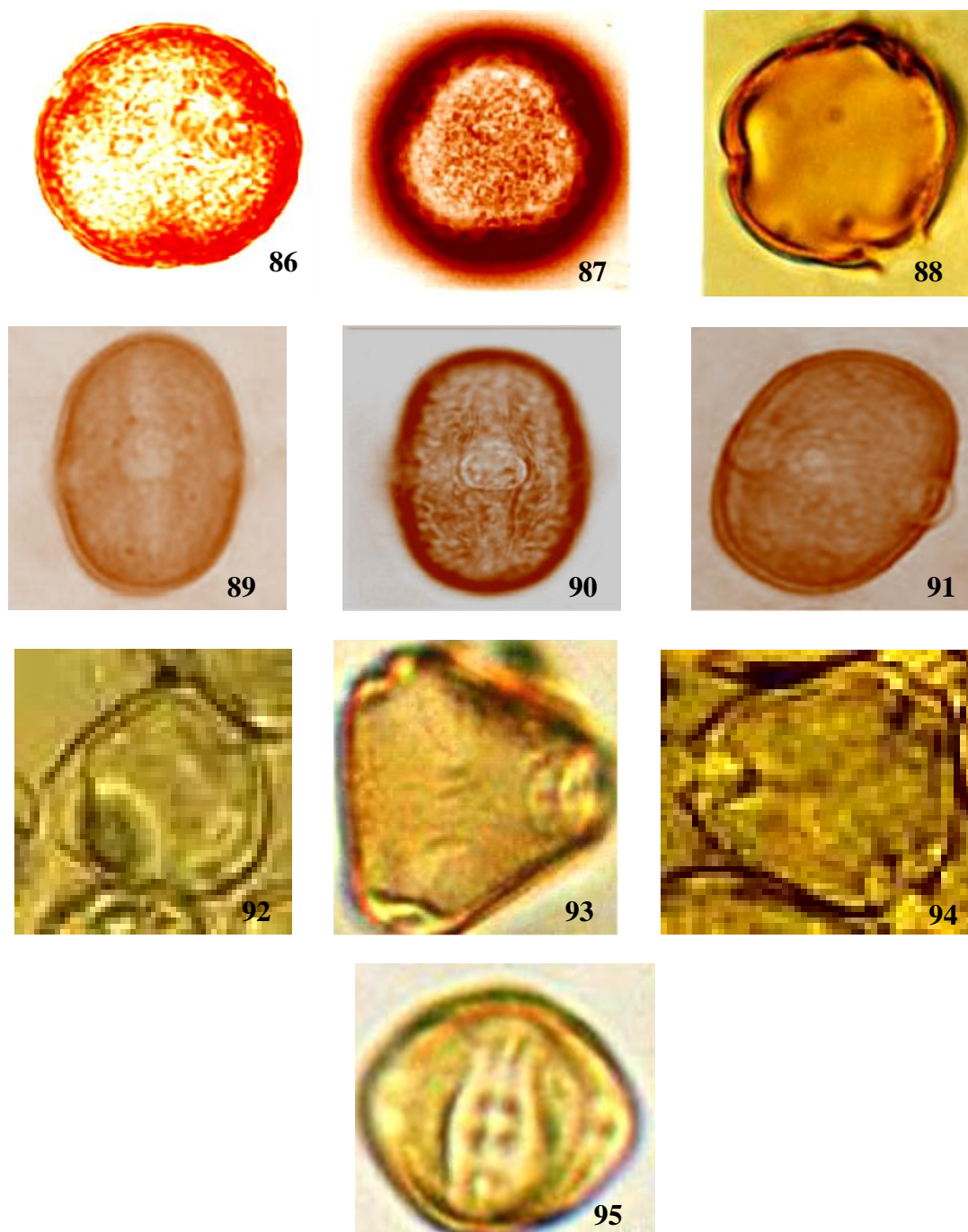


**Planche VI** : Quelques types polliniques contenus dans les échantillons de miels analysés (Grossissement x100). Figures: **61.** Punicaceae, *Punica granatum* – **62.** Fagaceae, *Quercus* sp.– **63-65.** Lamiaceae, *Rosmarinus officinalis*– **66-69.** Rosaceae, *Rubus* sp.–**70-72.** Salicaceae, *Salix* sp..





**Planche VII** : Quelques types polliniques contenus dans les échantillons de miels analysés (Grossissement x100). Figures: **73-75**. Crassulaceae, *Sedum* sp. – **76-77**. Asteraceae, *Senecio jacobaea* – **78**. Brassicaceae, *Sinapis arvensis* – **79**. Tamaricaceae, *Tamarix* sp. – **80-83**. Asteraceae, *Taraxacum officinale* – **84-85**. Lamiaceae, *Thymus vulgaris*.



**Planche VIII** : Quelques types polliniques contenus dans les échantillons de miels analysés (Grossissement x100). Figures: **86-87**. Fabaceae, *Trifolium alexandrinum* – **88**. Fabaceae, *Trifolium repens* – **89-91**. Fabaceae, *Vicia sativa* – **92-95**. Rhamnaceae, *Zizyphis Lotus*.

**Annexe II:** Liste des taxons rencontrés.**Tableau 26 :** Liste des taxons rencontrés dans les miels analysés.

N°	Taxon	Familles
1	<i>Acaia</i> sp.	Mimosaceae
2	<i>Achillea</i> sp.	Astéraceae
3	<i>Artemisia</i> sp.	Asteraceae
4	<i>Asparagus</i> sp.	Liliaceae
5	<i>Aster</i> type	Asteraceae
6	<i>Calendula arvensis</i>	Asteraceae
7	<i>Calycotum spinosa</i>	Papilionaceae
8	<i>Carduus</i> sp.	Asteraceae
9	<i>Ceratonia siliqua</i>	Fabaceae
10	<i>Cirsium arvens</i>	Asteraceae
11	<i>Cistus</i> sp.	Cistaceae
12	<i>Citrus</i> sp.	Rutaceae
13	<i>Convolvulus arvensis</i>	Convolvulaceae
14	<i>Daucus carota</i>	Apiaceae
15	<i>Echium plantagineum</i>	Boraginaceae
16	<i>Erica arborea</i>	Ericaceae
17	<i>Eucalyptus</i> sp.	Myrtaceae
18	<i>Fraxinus</i> sp.	Oleaceae
19	<i>Ficus indica</i>	Cactaceae
20	<i>Hedysarum coronarium</i>	Fabaceae
21	<i>Juniperus communis</i>	Cupressaceae
22	<i>Lavandula angustifolia</i>	Lamiaceae
23	<i>Lavandula stoechas</i>	Lamiaceae
24	<i>Loranthus europaeus</i>	Loranthaceae
25	<i>Malva</i> sp.	Malvaceae
26	<i>Olea europea</i>	Oleaceae
27	<i>Oxalis</i> sp.	Oxalidaceae
28	<i>Papaver rhoeas</i>	Papaveraceae
29	<i>Pimpinella anisum</i>	Apiaceae

30	<i>Pinus</i> sp.	Pinaceae
31	<i>Poaceae</i> type	Poaceae
32	<i>Prunus/pyrus</i> sp.	Rosaceae
33	<i>Punica granatum</i>	Pinucaceae
34	<i>Quercus</i> sp.	Fagaceae
35	<i>Rosmarinus officinalis</i>	Lamiaceae
36	<i>Rubus</i> sp.	Rosaceae
37	<i>Salix</i> sp.	Salicaceae
38	<i>Sedum</i> sp.	Crassulaceae
39	<i>Senecio jacobaea</i>	Asteraceae
40	<i>Sinapis arvensis</i>	Brassicaceae
41	<i>Tamarix</i> sp.	Tamaricaceae
42	<i>Taraxacum officinale</i>	Asteraceae
43	<i>Thymus vulgaris</i>	Lamiaceae
44	<i>Trifolium alexandrinum</i>	Fabaceae
45	<i>Trifolium repens</i>	Fabaceae
46	<i>Vicia sativa</i>	Fabaceae
47	<i>Zizyphis Lotus</i>	Rhamnaceae

**Annexe III : Statistiques descriptives des paramètres physicochimiques de  
différents miels analysés.**

	<b>Humidité</b>	<b>IR</b>	<b>MM</b>	<b>CE</b>	<b>AC</b>	<b>pH</b>	<b>ID</b>	<b>HMF</b>	<b>SR</b>	<b>SNR</b>
<b>Moyenne</b>	16,31	1,49	0,28	0,68	23,01	4,12	14,95	25,33	74,99	5,39
<b>Erreur-type</b>	0,31	0,00	0,05	0,09	1,63	0,09	1,25	2,47	1,06	0,42
<b>Médiane</b>	15,81	1,50	0,18	0,53	23,50	3,92	12,82	24,05	75,25	5,22
<b>Mode</b>	16,60	1,49	0,18	0,40	10,00	3,85	12,20	25,00	78,66	5,22
<b>Ecart-type</b>	1,80	0,03	0,28	0,52	9,49	0,50	7,30	14,38	6,20	2,42
<b>Variance de l'échantillon</b>	3,24	0,00	0,08	0,27	90,10	0,25	53,27	206,80	38,45	5,87
<b>Kurstosis (Coefficient d'applatissage)</b>	6,79	2,95	6,41	3,68	2,37	3,12	2,41	0,85	-0,27	-0,70
<b>Coefficient d'assymétrie</b>	2,17	-0,12	2,37	1,75	1,02	1,76	1,48	0,69	0,27	0,05
<b>Plage</b>	9,29	0,14	1,28	2,30	45,00	2,12	32,50	63,35	24,40	8,83
<b>Minimum</b>	14,21	1,43	0,01	0,10	10,00	3,58	5,00	1,02	63,60	0,82
<b>Maximum</b>	23,50	1,57	1,29	2,40	55,00	5,70	37,50	64,37	88,00	9,65
<b>Somme</b>	554,65	50,66	9,47	23,28	782,50	140,16	508,32	861,28	2549,69	183,34
<b>Nombre d'échantillons</b>	34,00	34,00	34,00	34,00	34,00	34,00	34,00	34,00	34,00	34,00
<b>Niveau de confiance (95,0%)</b>	0,63	0,01	0,10	0,18	3,31	0,17	2,55	5,02	2,16	0,85

# TRAVAUX SCIENTIFIQUES

Full Length Research Paper

## Pollen spectra of honeys produced in Algeria

Samira Nair<sup>1\*</sup>, Boumedienne Meddah<sup>1</sup> and Abdelkader Aoues<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratory Research on Biological Systems and Geomatics, Faculty of Nature and Life, University of Mascara, Algeria.

<sup>2</sup>Laboratory of Experimental Biotoxicology, Biodepollution and Phytoremediation, University of Es-Senia, Oran, Algeria.

Accepted 4 April, 2013

The objective of this study was to evaluate the quality of 10 honey samples produced in Algeria. The samples were prepared using the methodology described by Louveaux and co-workers. Honeys were considered to be monofloral whenever the dominant pollen was found to be over 45% of total pollen. The results obtained in the present study show the variability of the honey samples. The botanical families Myrtaceae, Rutaceae and Lamiaceae are most frequently found. The identified pollen spectrum of honey confirmed their botanical origin.

**Key words:** Honey, Algeria, pollen spectrum, botanical origin.

### INTRODUCTION

Codex Alimentarius Commission (2001) defines honey as “the natural sweet substance produced by honey bees from nectar of blossoms or from secretions of living parts of plants or excretions of plant sucking insects on the living part of plants, which honey bees collect, transform and combine with specific substances of their own, store and leave in the honey comb to ripen and mature”.

Diversity of vegetation in Algeria makes possible diversification of apicultural production. Beekeeping is practiced mainly in the north of the country, where the floral diversity is ensured almost all the year (Hussein, 2001).

The botanical origin of honey is one of the most important parameters of honey quality (Tucak et al. 1998, 2000, 2004). The quality of honey depends on the multifarious plants that bees use in their nourishment. The honey obtained from different multifarious plants has different characteristics and applications, both in medicine and in food industry. Melissopalynology is an important tool in determining the floral sources upon which the bees foraged to produce honey (Ohe et al., 2004; Lieux 1975, 1977; Louveaux et al. 1970; Sawyer 1988). Each flower species has a unique pollen grain which, using proper techniques, may be studied to

determine the geographical origin and major floral sources of the honey (Lieux, 1972; Jones et al., 2001).

Pollen analysis provides some important information about honey extraction and filtration, fermentation (Russmann, 1998), some kinds of adulteration (Kerkvliet et al., 1995) and hygienic aspects such as contamination with mineral dust, soot, or starch grains (Louveaux et al., 1978).

The present study was carried out to determine the critical analysis of different honey samples to identify the pollen types in honey samples of Algeria.

### MATERIALS AND METHODS

#### Sample collection

Ten samples of honeys produced in various regions of Algerian North were collected from beekeepers in 2006. The samples were stored in a refrigerator in airtight plastic containers until analysis.

#### Pollen analysis

A microscopic pollen analysis of the honey samples was performed according to the method described previously (Louveaux et al., 1978) and (Ohe et al., 2004). Ten grams of honey were dissolved in

\*Corresponding author. E-mail: [falati22@yahoo.fr](mailto:falati22@yahoo.fr), [n-samira@hotmail.com](mailto:n-samira@hotmail.com). Tel: (+213) 793693272.

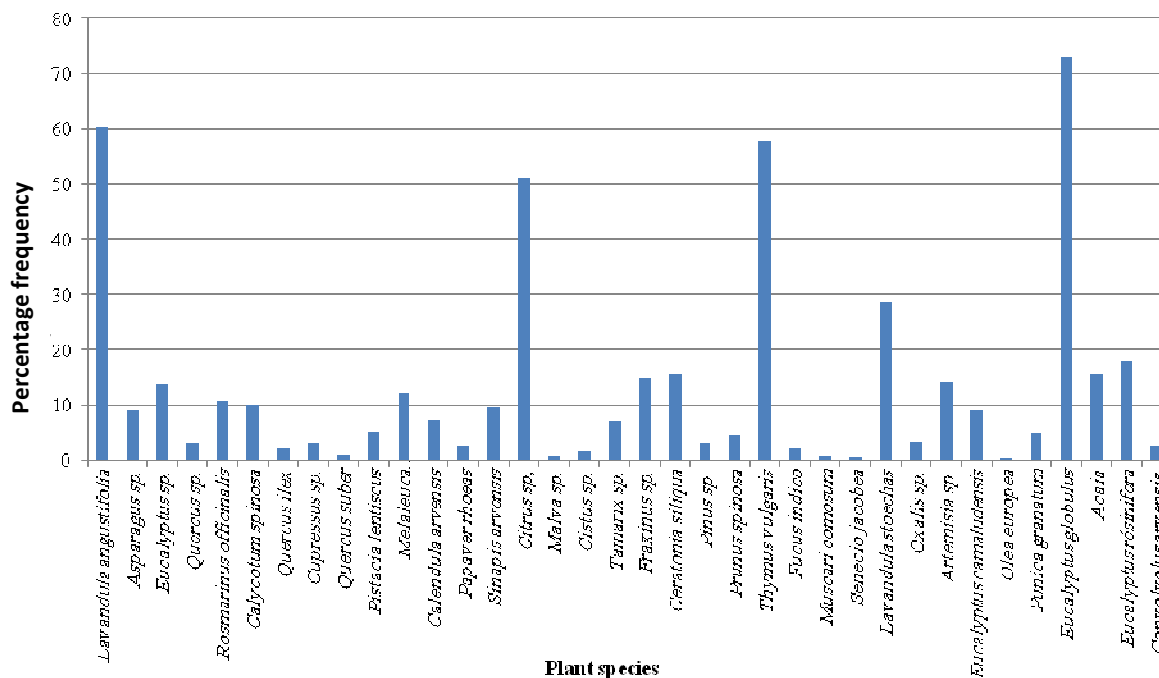


Figure 1. Pollen spectrum of Algerian honey samples honeys.

20 ml of distilled water. This mixture was divided into two centrifuge tubes of 15 ml, and centrifuged for about 5 min, at low speed. Distilled water was again added to the sediment, repeating the previous operation. Approximately 5 ml of glycerine–water 1:1 were added to the sediment, and it was left to rest for 30 min. After this time, the sample was centrifuged. The sediment was removed with aid of a stilet, embedded in glycerine jelly and deposited on a microscopic slide, sealing with paraffin wax.

For the identification of pollen types and the interpretation of pollen spectra, specific training and extensive experience are required. A collection of reference pollen slides and photographic atlas are very helpful (Sawyer, 1988; Maurizio and Louveaux, 1965; Ricciardelli, 1998).

#### Statistical analysis

To classify honeys, statistical method such as cluster analysis was applied. This method is frequently used to screen data for clustering of samples. The main goal of the hierarchical agglomerative cluster analysis was to spontaneously classify the data into groups of similarity (clusters), searching objects in the n-dimensional space located in the closest neighborhood and to separate a stable cluster from other clusters (Simeonov et al., 2007).

Cluster analysis was displayed in order to find similarities between the honey samples. In order to do that, Ward's hierarchical cluster method for pattern recognition was used.

## RESULTS AND DISCUSSION

For the identification of pollen types and the interpretation of pollen spectra, specific training and extensive experience are required. A collection of reference pollen slides and photographic atlas are very helpful (Maurizio and Louveaux, 1965; Sawyer, 1988; Ricciardelli d'Albore,

1997, 1998).

The results of microscopical analysis of the sediment from the honeys used in this work are briefly summarized. Percentages are always referred to pollen from nectar plants.

A total of 36 pollen taxa were discovered and identified in the analyzed honey samples, from the 10 studied samples, 70% were unifloral honeys from *Eucalyptus globulus*, *Thymus vulgaris*, *Citrus sp.* and *Lavandula angustifolia*, 30% multifloral honeys with a high percentage of *Lavandula stoechas* (28,49%) (Figure 1). Predominant pollen is found in 7 samples and honey samples of Makda (S3), Hacine (S4) and Ain faress (S6) are polyfloral honeys. More than 9 pollen types are found in honey samples of Ménaouer (S1), 8 in samples of Makda (S3) and Freguig (S5) and 5 to 7 in the others (Table 1).

Quantitative analysis has shown low pollen concentrations in the studied honey samples, 5 samples belonged to the class I of representatives (under-represented honeys, with less than 20,000 pollen grains in 10 g honey, 5 to the II class (normal honeys, with 20,000 to 100,000 PG/10 g). Our results are quite in agreement with Ouchemoukh et al. (2007), these authors found in their study of 11 Algerian samples lower PG/10 g values, ranging from  $20 \times 10^3$  till  $40 \times 10^3$ . Their samples were collected in various regions of the province Bejaia. The results of a study of Makhloufi et al. (2010) on the pollen richness of 66 Algerian honeys in which the values for the PG/10 g for the classes I, II, III and V were 33, 40.9, 22.7 and 3%, respectively.

The results of qualitative pollen analysis indicate the



**Table 1.** Pollen content in the honey samples (%).

Pollen taxa	Samples									
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
<i>Lavandula angustifolia</i>					60.33					
<i>Asparagus</i> sp.			9.37			8.99				
<i>Eucalyptus</i> sp.	15			20		22.96	9.88	0.57		
<i>Quercus</i> sp.						3.02				
<i>Rosmarinus officinalis</i>						18.95			2.51	
<i>Calycotum spinosa</i>						10.1				
<i>Quercus ilex</i>					2.05					
<i>Cupressus</i> sp.					3.08					
<i>Quercus suber</i>					1.02					
<i>Pistacia lentiscus</i>	5.98				9.26			0.14		
<i>Melaleuca Leucadendron</i>	11.98			15	15			5.97		7.78
<i>Calendula arvensis</i>				7.02	7.5					
<i>Papaver rhoeas</i>				2.26	1.76					3.5
<i>Sinapis arvensis</i>		9		9.52			10.44			
<i>Citrus</i> sp.		46		45			62.5			
<i>Malva</i> sp.	0.43			1.19						
<i>Cistus</i> sp.			1.5							
<i>Tamarix</i> sp.			7.03							
<i>Fraxinus</i> sp.			14.84							
<i>Ceratoniasiliqua</i>			15.62							
<i>Pinus</i> sp.		6.5	1.95					0.11		
<i>Prunus spinosa</i>	4.44									
<i>Thymus vulgaris</i>	57.91									
<i>Fucus indico</i>	1.98									
<i>Muscari comosum</i>	0.78									
<i>Senecio jacobea</i>	0.59									
<i>Lavandula stoechas</i>		21				35.98				
<i>Oxalis</i> sp.		3.5								
<i>Artemisia</i> sp.		14								
<i>Eucalyptus camaludensis</i>							12	6.98	12	5
<i>Olea europea</i>							0.18			
<i>Punica granatum</i>							5			
<i>Eucalyptus globulus</i>								86.2	52.39	80.22
<i>Acaia</i>									15.61	
<i>Eucalyptus résiniifera</i>									18	
<i>Convolvulus arvensis</i>										2.5

diversity of resources utilized by honeybees in the region of investigation. The botanical families Myrtaceae, Rutaceae and Lamiaceae were most frequently found in the samples. Out of 66 Algerian honey analyzed by Makhloufi et al. (2007) showed that the main botanical species for honey production in Algeria are found to be *Eucalyptus* spp., Umbelliferae (above all *Pimpinella*), *Hedysarum*, Cruciferae, Compositae (mainly *Carduus*), *Trifolium* spp. and, to a lesser extent, *Echium*, *Rubus* and *Citrus*.

Cluster analysis is comprised of a series of multivariate methods that are used to find true groups of data or stations. In clustering, the objects are grouped such

that similar objects fall into the same class.

Figure 2 shows the dendrogram that corresponds to clusters of the observations corresponding to each geographical origin of the honey samples. It was possible to distinguish two different groups. The first group is composed of honey produced in Ain fares; the second cluster clearly creates two separate subgroups; The first subgroup includes the stations: Guetna, Hacine and Bouguirat; however the most common plant species pollen in the samples of these stations was *Citrus* sp. The second includes the stations Sidi Ali, Hadjadj and Sirat, a representative of the *Eucalyptus globulus* occurred in these samples.

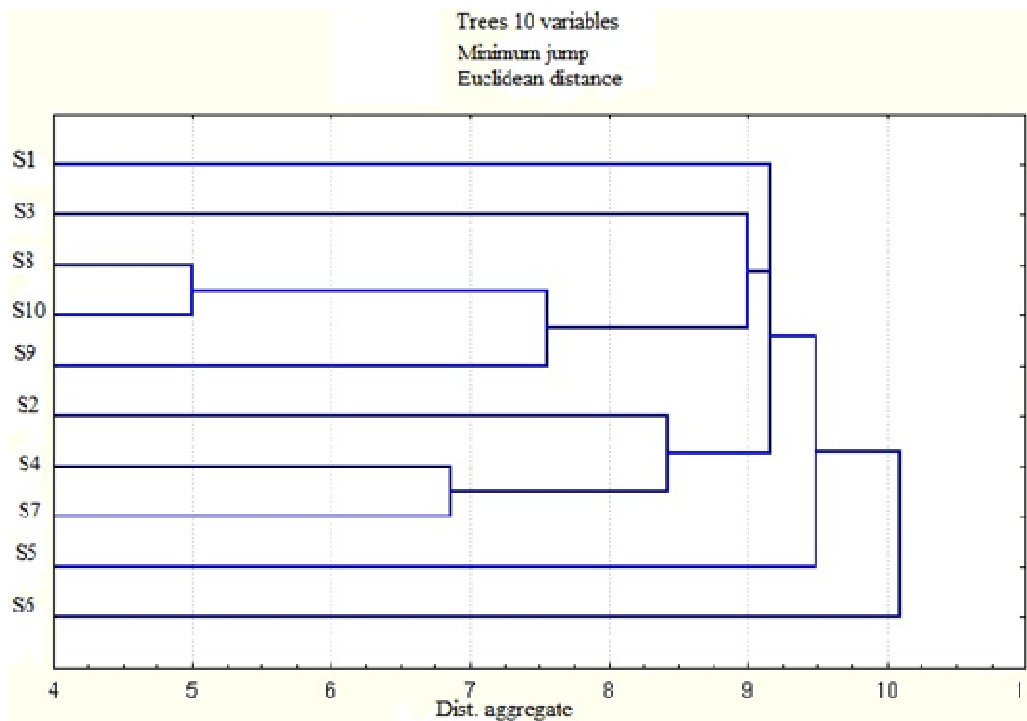


Figure 2. Dendrogram of cluster analysis.

The botanical composition of regional honey depends on the climatic conditions during the apicultural period. Based on the vegetation of each of the areas that the ten samples were obtained, it could be said that these samples were actually produced from beehives around that region because they showed pollen indicative of species indigenous and characteristic of those areas.

## Conclusion

Algerian North is characterized by diversified flora which constitutes a valuable source of nectar flow for honeybees. In total, 36 pollen species were identified and the main pollen forms were *Eucalyptus globulus*, *Thymus vulgaris*, *Citrus* sp. and *Lavandula angustifolia*. Multifloral honeys comprised 30% of the honey samples.

Based on cluster analysis, two different groups of honey were observed according to different pollen types found in the samples. The identified pollen spectrum of honey confirmed their botanical origin.

## REFERENCES

- Codex Alimentarius Commission (2001). Codex standard 12, Revised Codex Standard
- Hussein MH (2001). Beekeeping in Africa. 1- North, East, North-East and West African countries. *Apiacta*. 36(1-2):32-48, and 81-92.
- Jones GD, Bryant B, Goodman DK, Clarke RT (2001). Alcohol dilution of honey. 9th, Inter. Palynol. Cong. Houston. 1996. pp. 453-458.
- Kerkvliet JD, Shrestha M, Tuladhar K, Manandhar H (1995). Microscopic detection of adulteration of honey with cane sugar and cane sugar products, *Apidologie* 26:131-139.
- Lieux MH (1972). A melissopalynological study of 54 Louisiana (U.S.A.) honeys. *Rev. Palaeobot. Palynol.* 13:95-124.
- Lieux MH (1975). Dominant pollen types recovered from commercial Louisiana honeys. *Econ. Botany* 29:78-96.
- Lieux MH (1977). Secondary pollen types characteristic of Louisiana honeys. *Econ. Botany* 31:111-119.
- Louveaux J, Maurizio A, Vorwohl G (1970). Methods of melissopalynology. *Bee World*. 51:125-131.
- Louveaux J, Maurizio A, Vorwohl G (1978). Methods of Melissopalynology. *Bee World*. 59:139-153.
- Makhloufi C, Kerkvliet D, Ricciardelli D'albore G, Choukri A, Samar R (2010). Characterization of Algerian honeys by palynological and physico-chemical methods. *Apidologie* 41:509-521.
- Makhloufi C, Schweizer P, Azouzi C, Persano OL, Choukri A, Hocine L, Ricciardelli D'Albore G (2007). Some properties of Algerian honey, *Apiacta* 42:73-80.
- Maurizio A, Louveaux J (1965). Pollens de plantes mellifères d'Europe, Union des groupements apicoles français, Paris.
- Ohe von der W, Persano oddo L, Piana M, Morlot M, Martin P (2004). Harmonized methods of melissopalynology. *Apidologie* 35:18-25.
- Ouchemoukh S, Louaileche H, Schweizer P (2007). Physicochemical characteristics and pollen spectrum of some Algerian honeys, *Food Control*. 18:52-58.
- Ricciardelli d'Albore G (1997). Textbook of Melissopalynology, Apimondia, Bucharest. Apimondia Publishing House, 1997. 308 pp.
- Ricciardelli D'Albore G (1998). Mediterranean Melissopalynology. Perugia: Institute of Agricultural Entomology, University of Perugia.
- Russmann H (1998). Hefen und Glycerin in Blütenhonigen – Nachweis einer Gärung oder einer abgestoppten Gärung. *Lebensmittelchemie*. 52:116-117.
- Sawyer R (1988). Honey identification. Cardiff Academic. Press, Cardiff. p. 350.
- Simeonov V, Wolska L, Kuczynska A, Gurwin J, Tsakovski S, Protasowicki M, Namiesnik J (2007). Sediment-quality assessment by intelligent data analysis *Trends in Analytical Chemistry*. 26(4):323-

- 331.
- Stawiarz E, Wroblewska A (2010). Melissopalynological analysis of multifloral honeys from the sandomierska upland area of Poland. *J. Agric. Sci.* 54(1).
- Tucak Z, Periškić M, Bešlo D, Tucak I (2004). Influence of the Beehive Type on the Quality of Honey. *Coll Antropol.* 28(1):463-467.
- Tucak Z, Puškadija Z, Bešlo D, Bukvić Ž, Milanković Z (1998). Chemical organoleptic honey determination in honey-herbs in The Region Slavonia and Baranja. *Sup. 30, Biotehniške fak., Univ. u Ljubljani.* pp. 299-302.
- Tucak Z, Tucak A, Puškadija Z, Tucak M (2000). Nutritious healing composition of some kinds of honey in Eastern Croatia. *Agriculture* 6(1):129-132.