



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة باجي مختار - عنابة
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR - ANNABA

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

THÈSE

PRÉSENTÉE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE DOCTORAT EN SCIENCES

Spécialité : BIOLOGIE VEGETALE

Intitulé

Analyses polliniques et physico-chimiques des miels du Nord Est algérien

Présentée par : LAOUAR Hadia

Devant le Jury:

Président	Mr OUALI Khirredine	Professeur	Université Badji Mokhtar-annaba
Directeur de thèse	Mr TAHAR Ali	Professeur	Université Badji Mokhtar-annaba
Examinaterice	Mme AYAD-LOUCIF Wahida	Professeur	Université Badji Mokhtar-annaba
Examinateur	Mr GHEID Abdelhak	Professeur	Université de Souk Ahras
Examinateur	Mr SOLTANE Mahmoud	Professeur	Université d'EL Tarf
Examinateur	Mr CHEFROUR Azzedine	Professeur	Université de Souk Ahras

Année universitaire : 2016/2017

Remerciements

Arrivé au terme de ce travail, je veux remercier toutes les personnes qui, de près ou de loin, m'ont aidé dans la réalisation de cette thèse.

Ce travail n'aurait pas pu être ce qu'il est sans le soutien et l'aide de Monsieur **TAHAR Ali**, professeur à l'université de Annaba et directeur de cette thèse et cela pour sa disponibilité et sa patience. Pour son aide, son soutien et ses idées scientifiques, même dans les conditions les plus difficiles, m'ont été très précieux.

Je tiens également à remercier, Monsieur **OUALI Khirredine**, professeur à l'université d'Annaba, de m'avoir fait l'honneur de présider le jury de thèse, ainsi que Messieurs **GHEID Abdedelhak**, **SOLTANE Mahmoud**, **CHEFROUR Azzedine** et **Mme AYAD LOUCIF Wahida**, pour avoir accepté de juger le présent travail.

J'exprime ma profonde reconnaissance à mon frère Lakhdar pour son aide, ses orientations ainsi que pour ses conseils.

Je ne pourrai pas non plus oublier de remercier les techniciennes de laboratoires à Annaba et à Guelma.

Je remercie mes amies Awatif, Lynda et Najette pour leurs aides.

J'adresse également mes remerciements à mes parents, à mon mari et à tous les membres de ma famille.

Sommaire	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Introduction.....	01
Chapitre I : Synthèse bibliographique	
I- Le miel.....	04
I-1 Définitions.....	04
1-2 Autres définitions.....	05
1-3-Préparation du miel.....	05
1-4 Type de miel.....	06
1-5 Composition du miel.....	06
1-5-1-Propriétés physiques du miel	07
1-5-2-Propriétés chimique du miel	08
1-5-3 Les constituants divers.....	11
1-6 Valeur alimentaires et thérapeutiques du miel	12
1-7 Analyse pollinique des miels.....	14
1-8 L'analyse sensorielle.....	18
II-Les plantes mellifères.....	18
2-1 Définition des plantes mellifères.....	18
2-2 Rôle des insectes dans la pollinisation des plantes.....	19
2-3 Types de plantes à fleurs mellifères qui produisent du nectar.....	19
III-La palynologie.....	21
3-1-Définition	21
3-2-Les applications de la palynologie.....	21
3-3 Le pollen.....	22
IV-L'apiculture.....	32
4-1 Définition de l'abeille.....	32
4-2 Classification	33
4-3 Aspect morphologique de l'abeille.....	34
4-4 Diversité spécifique des Apoïdes dans le Nord-Est algérien.....	34

4-5 Les produits de la ruche.....	34
Chapitre II : Description de la zone d'étude	
1 Région étudiée.....	37
2 Climatologie.....	37
3 Description de la végétation du Nord Est algérien.....	40
4 Le diagramme ombrothermique.....	42
5 Le quotient pluviométrique d'Emberger (1954).....	42
6 Présentation des Wilayas étudiées.....	42
6-1 Présentation de la wilaya d'Annaba.....	42
6-2 Présentation de la wilaya d'El Tarf.....	43
6-3 Présentation de la wilaya de Skikda.....	44
6-4 Présentation de la wilaya de Bejaia.....	44
6-5 Présentation de la wilaya de Jijel.....	45
6-6 Présentation de la wilaya de Guelma.....	49
Chapitre III : Matériels et méthodes	
1 Présentation des miels étudiés.....	51
2 Méthodes d'analyses.....	53
2-1 Méthodes de l'analyse pollinique de miel	53
2-1-1 Méthodes d'analyse pollinique qualitative.....	53
2-2 Méthodes d'analyses physico-chimiques.....	54
2-2-1 Détermination de la teneur en eau.....	54
2-2-2 Détermination de la conductivité électrique.....	55
2-2-3 Détermination de la teneur en matières minérales (cendres).....	55
2-2-4 Détermination de pH.....	55
2-2-5 Détermination de l'acidité libre, l'acidité lactonique, l'acidité totale.....	55
2-2-6 Détermination des sucres réducteurs totaux.....	56
2-2-7 Détermination des protéines	56
2-2-8 Détermination de l'Hydroxy Méthyl Furfural.....	56
2-2-9 Détermination de la densité.....	56
2-2-10- Détermination de la teneur en polyphénols.....	56
3- Analyses statistiques.....	57
Chapitre IV : Résultats et discussion	
1 Résultats des analyses polliniques.....	58

1-1 Analyse pollinique qualitative.....	58
1-1-1 Classification de pollens par catégorie de fréquence	58
1-1-2 Caractéristiques morphologiques et structurales des pollens observés dans nos échantillons.....	65
1-1-3 Spectre de fréquence des familles.....	66
1-1-4 Origine florale des miels analysés	73
1-2 Analyse pollinique quantitative.....	74
2-Résultats des analyses physicochimiques	79
2-1 La teneur en eau	79
2-2 Le pH.....	82
2-3 La teneur en cendres	84
2-4 La conductivité électrique	86
2-5 Acidité libre, lactonique et totale	88
2-6 Teneur en protéines	90
2-7 Teneur en sucres totaux.....	92
2-8 Teneur en Hydroxy Méthyl Furfural (HMF).....	93
2-9 La densité	95
2-10 Les polyphénols.....	96
3- Résultats des analyses statistiques	99
3-1 Résultats des analyses statistiques des paramètres physico-chimiques	99
3-1-1 Matrice de corrélation des paramètres physico-chimiques.....	99
3-1-2 Analyse en Composantes Principales (ACP).....	101
3-1-3 Classification ascendante hiérarchique (CAH).....	106
3-2 Résultats des analyses statistiques des paramètres étudiés (polliniques et physico-chimiques)	108
3-2-1 Matrice de corrélation.....	108
3-2-2 Analyse en composante principale (ACP).....	108
3-2-3 Classification ascendante hiérarchique (CAH)	108
Conclusion	111
Références bibliographiques.....	114
Résumés	
Annexes	

Liste des tableaux		
Tableau N°	Titre	Page
Tableau 1	Composition chimique du miel	07
Tableau 2	Taux de miel en acides aminés libres (en mg/100 g)	10
Tableau 3	Sels minéraux et oligo-éléments dans le miel de différentes provenances.	12
Tableau 4	Formes de pollen selon P/E	25
Tableau 5	Tableau de détermination du type pollinique	27
Tableau 6	Origine géographique des échantillons de miels étudiés	51
Tableau 7	Préparation de la solution aqueuse de miel	56
Tableau 8	Classification de pollens par catégorie de fréquence	59
Tableau 9	Les familles et les taxons mellifères identifiés dans les miels.	69
Tableau 10	Appellation finale des miels analysés	73
Tableau 11	Résultats de l'analyse pollinique quantitative et la classification des échantillons des miels	75
Tableau 12	Pourcentage de richesse de chaque classe de richesse en grains de pollen par Wilaya	78
Tableau 13	Résultats des analyses physicochimiques	79
Tableau 14	Matrice de corrélation entre les différentes variables (paramètres physico-chimiques étudiées)	100
Tableau 15	Valeurs propres des cinq premières composantes	101
Tableau 16	Corrélation des variables pour les cinq composantes principales	102
Tableau 17	Cosinus carrés des variables	103
Tableau 18	Cosinus carrés des observations (échantillons)	105
Tableau 19	Groupes formés par l'analyse hiérarchique	107
Tableau 20	Matrice de corrélation entre les différents paramètres étudiés	109

Liste des figures		
Figure N°	Titre	Page
Figure 1	Exemple de localisation des nectaires sur une plante	05
Figure 2	Diagramme de composition du miel d'après Louveaux	07
Figure 3	Pollinisation des plantes	20
Figure 4	La structure d'un grain de pollen	23
Figure 5	Composition d'un grain de pollen	24
Figure 6	Principaux types d'apertures	29
Figure 7	Les différentes couches du sporoderme	30
Figure 8	Différents types de sculptures et ornements	31
Figure 9	Classification systématique d' <i>Apis mellifera</i>	33
Figure 10	Schéma de la tête et des pièces buccales d'une abeille ouvrière	35
Figure 11	Schéma de la trompe (ou proboscis) d'une abeille ouvrière	35
Figure 12	Répartition des précipitations dans le nord de l'Algérie	38
Figure 13	Classification morphologique du nord de l'Algérie	38
Figure 14	Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Est algérien	39
Figure 15	Carte de la végétation du nord-est de l'Algérie.	41
Figure 16	Diagramme ombrothémique station des salines (1980-2010)	46
Figure 17	Diagramme ombrothémique—station de séraidi (1980-2010)	47
Figure 18	Diagramme pluviothermique station d'El kala	47
Figure 19	Diagramme pluviothermique station skikda (1994-2004)	48
Figure 20	Diagramme pluviothermique station de Bejaia (1980-2010)	48
Figure 21	Diagramme pluviothermique station de Jijel (1980-2010)	49
Figure 22	Le diagramme ombrothermique de la station Guelma	50
Figure 23	Localisation de la zone d'étude	52
Figure 24	Formes des grains de pollen trouvés	66
Figure 25	Spectre des fréquences des familles polliniques	72
Figure 26	Le contenu pollinique des échantillons étudiés	76
Figure 27	Classification des miels selon leur richesse en pollen	77
Figure 28	Teneur en eau des échantillons analysés	82
Figure 29	pH des échantillons de miels étudiés	85
Figure 30	Teneur en cendres des échantillons de miels étudiés	85
Figure 31	La conductivité électrique des échantillons de miels analysés	87

Figure 32	L'acidité libre des échantillons de miels analysés	83
Figure 33	La teneur en protéines des échantillons de miels analysés	91
Figure 34	Répartition de l'HMF dans les miels analysés.	95
Figure 35	La densité des échantillons de miels analysés	96
Figure 36	Teneur en polyphénols	98
Figure 37	Analyse en composantes principales	101
Figure 38a	Analyse en Composantes Principales (ACP) : Distribution des échantillons sur le plan factoriel 1-2.	104
Figure 38b	Analyse en Composantes Principales (ACP) : Répartition des paramètres physico-chimique sur le plan factoriel 1-2.	104
Figure 39	Dendrogramme de Ward pour l'ensemble des paramètres	106
Figure 40	Dendrogramme de Ward pour l'ensemble des échantillons	107
Figure 41a	Analyse en Composante Principale	108
Figure 41b	Analyse en composantes principales (cercle de corrélation)	110
Figure 42	Classification ascendante hiérarchique (CAH) pour l'ensemble des paramètres étudiés	110

Liste des abréviations	
Abréviation	Désignation
Max	Maximum
Min	Minimum
meq	Milliéquivalent
mg	Milligramme
pH	Potentiel d'Hydrogène
%	Pourcentage
°C	Degré Celsius
DSA	Direction des Services Agricoles
FAO	Food Agricultural Organisation
HMF	Hydroxy Méthyl Furfural
AG	Acide Gallique
mS	Milli Siemens
CE	Conductivité Electrique
ACP	Analyses en Composantes Principales
CAH	Classification Ascendante Hiérarchique

Introduction

Introduction

L'Algérie dispose d'un tapis végétal mellifère riche et varié, qui est réparti dans des zones et étages bioclimatiques différents. Elle dispose d'une aire de production apicole potentiellement importante, mais la production de miel reste faible, cette faiblesse est due au manque de maîtrise des techniques de production intensive de la part des apiculteurs, aux changements climatique ainsi qu'à la faiblesse de la transhumance.

Au vu de l'importance de l'apiculture sur le développement durable et la sécurité alimentaire, l'Algérie s'est engagée depuis 2000 via des programmes, visant sa modernisation et son intensification. En effet, le cheptel apicole est passé de 360,000 colonies d'abeilles en 2000 à 1,3 million de colonies en 2015.

Le miel est un aliment naturel, riche en sucre simple, directement assimilable. Il permet de couvrir les besoins énergétique de l'organisme dans les conditions optimales, nous pouvons donc l'associer dans la ration alimentaire des nourrissons, des jeunes enfants en plein croissance. Il est également recommandé pour les sportifs et les vieillards (**Khenfer et Fettal, 1997**).

Le miel contient plus de 180 substances, en l'occurrence, les acides aminés, les enzymes, les protéines, les vitamines, les minéraux, les cendres, les acides organiques et les composés phénoliques (**Ouchemoukh et al., 2007 ; Ferreira et al., 2009**), toutefois, dans le miel certains groupes de substances sont toujours présents mais en quantité variable selon la source: eau, glucides, protides ou substances azotées, acides organiques, lactones, substances minérales, oligo-éléments, vitamines, lipides, produits polluants comme le plomb, le cadmium et l'hydroxy méthyl furfural. Sa composition varie avec la source florale utilisée par les abeilles, la période de récolte et les conditions géo-climatiques des régions concernées (**Mbognign et al., 2011**). Il contient un grand nombre d'acides organique tels que l'acide gluconique et l'acide formique et plusieurs acides aminés provenant des abeilles ou du nectar (**Jean Prost, 1987**).

Aujourd'hui, le miel est mieux apprécié qu'autre fois, Certains miels sont recherchés pour leur qualité organoleptique ou diététique particulières et sont commercialisés sous une appellation florale déterminée (**Chefroud, 2007**). Pour l'appréciation des sortes de miel, il faut tenir compte des propriétés chimiques, sensorielles et polliniques.

De nombreux auteurs ont démontré que le miel est une source d'antioxydants naturels, efficaces à la réduction du risque de maladie cardiaque, de cancer, la protection du système

immunitaire et les différents processus inflammatoires (**Gheldof et al., 2002**). Dans le miel, les composants responsables de l'effet antioxydant sont les flavonoïdes et les acides phénoliques. La quantité de ces composants varie largement en fonction de l'origine florale et géographique du miel.

Pour ses qualités nutritionnelles et thérapeutiques le miel est considéré comme élément essentiel c'est pourquoi il faut contrôler sa qualité en s'appuyant sur la mélissopalynologie et l'étude des critères de qualité de miel (humidité, taux de sucres réducteurs, pH, acidité, conductivité électrique et HMF) (**Bogdanov, 2002 cité in Nair, 2014**).

Les tests de qualité qui garantissent l'authenticité, la propreté, la salubrité, la fraîcheur et qui permettent de définir les caractéristiques physico-chimiques du miel sont réglementés dans les pays développés et obéissent aux différentes normes de qualité régionales et/ou nationales. L'absence de ces normes dans les pays en développement rend difficile la traçabilité du miel destiné à la consommation et à la vente (**Mbognning et al., 2011**).

L'origine géographique et végétale du miel est habituellement déterminée en utilisant plusieurs techniques. Certaines de ces techniques comprennent la méthode mélissopalynologique (**Anklam, 1998 ; Radovic, 2001**). La mélissopalynologie est la science qui étudie le pollen dans le miel. Elle est devenue indispensable pour déterminer l'origine botanique et géographique des miels grâce à l'analyse quantitative et qualitative. Cette détermination des types polliniques se fait sur la base de : la forme, les dimensions, les apertures et les ornementations des grains de pollen. La mélissopalynologie a une grande importance, elle permet de connaître les plantes entomophiles visitées par les abeilles, et reconnaître la richesse de la flore par les plantes mellifères à pollinisation entomophile.

En Algérie, plusieurs études dans le domaine de la mélissopalynologie ont été faites, on peut citer les études de : **Chefroud (2007)**, **Ouchemoukh et ses collaborateurs (2007)**, **Makhloifi et ses collaborateurs (2010)**, **Zerrouk et ses collaborateurs (2011; 2014)**, **Nair (2014)**, **Draiaia et ses collaborateurs (2015)** et **Haouam et ses collaborateurs (2016)**.

Ce présent travail est une étude pollinique et physicochimique (teneur en eau, pH, conductivité électrique, teneur en cendres, acidité libre, acidité lactonique, acidité totale, teneur en protéines, sucres réducteurs totaux, HMF, densité et polyphénols) de 33 échantillons de miels de quelques régions à climat humides du Nord-Est algérien.

- ✓ Dans le premier chapitre, nous aborderons une synthèse bibliographique sur le miel, la mélissopalynologie et l'apiculture.
- ✓ Le deuxième chapitre présente la zone d'étude.

- ✓ Dans le troisième chapitre, nous exposons le matériel et développons les méthodes utilisées dans notre étude.
- ✓ Le quatrième chapitre sera consacré à la présentation et la discussion des résultats.
- ✓ Enfin la conclusion qui englobant les résultats de ce travail ainsi que les perspectives.

Chapitre 1

Synthèse bibliographique

I- Le miel

I-1 Définitions :

1-1-1 Définition du miel

Le miel est la substance sucrée produite par les abeilles mellifiques à partir du nectar des fleurs ou des sécrétions provenant de parties vivantes de plantes ou se trouvant sur elles, qu'elles butinent avec des matières spécifiques et emmagasinent dans les rayons de la ruche (**Codex Alimentaire, 1981**).

1-2 Autres définitions :

1-2-1- En fonction de l'origine :

a)-**Miel de nectar** : miel qui provient principalement des nectaires de fleurs (**Alphandéry, 1992**).

b)-**Miel de miellat** : miel qui provient principalement des sécrétions de parties vivantes de plantes ou se trouvant sur elles, sa couleur va du brun clair au verdâtre à une teinte presque noir (**Alphandéry, 1992**), les miels de miellat ont très souvent une teinte foncée, cristallisent généralement peu et contiennent moins de glucose et de fructose mais d'avantage de sucres supérieurs que le miel de nectar (**Jean Prost, 1987**).

A. Le nectar

Le nectar est sécrété par les glandes nectarifères des nectaires de la plante en quelques heures à quelques jours. (**Fahn, 2000 cité in Lequet, 2010**).

En fonction de leur localisation, on distingue (figure 1):

- les nectaires extra-floraux, situés sur les parties végétatives de la plante (sur les bractées, feuilles, pétioles, stipules et tiges),
- les nectaires floraux, situés sur le réceptacle floral, à la base du périanthe (sépales et pétales), ou des organes reproducteurs : étamines ou pistil (**Beutler , 1953 cité in Lequet, 2010**).

B-Le miellat :

D'après **Bogdanov et al, 2005 cité in Yahia Mahammed et Yahaia Mahammed, 2015** : Le miellat est composé généralement des sucres d'où la composition est très différentes des nectars avec présence de glucose, de tri holoside comme les méllezitose et même quelque fois de sucre supérieures.

Le miellat contient aussi de dextrine, de gommes, de protéines, et d'acides aminés, des vitamines telles que la thiamine et la biotine et d'acides organiques (acide nitriques et acide maliques); la charge minérale est également très importantes (**Bruneau ,2004 cité in Yahia Mahammed et YahaiaMahammed, 2015**). Leur production est sous la dépendance de

nombreux facteurs écologiques: sol, microclimat, insectes « éleveurs de puceron » comme les fourmis (**Schweitzer, 2004**).

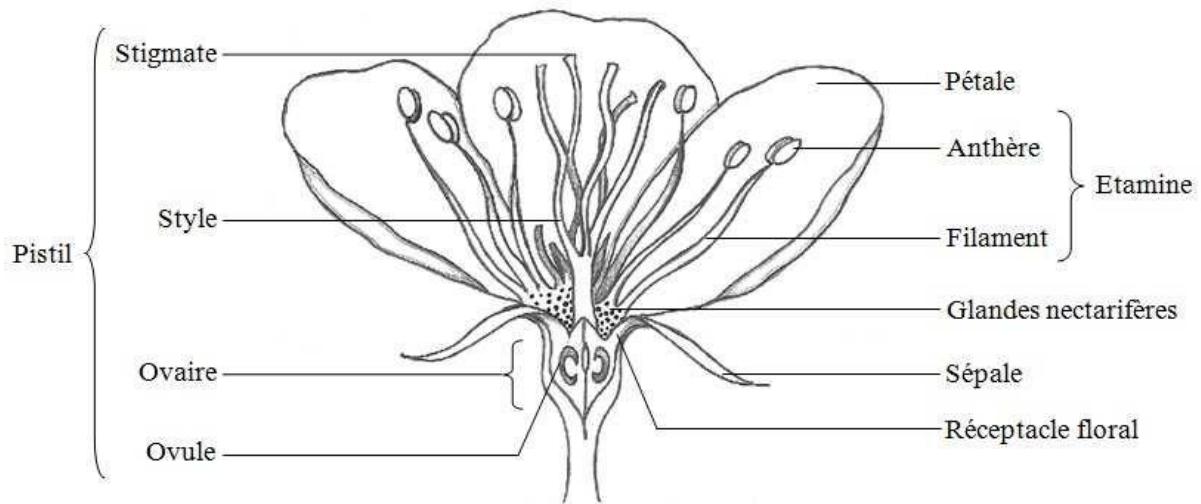


Figure1 : Exemple de localisation des nectaires sur une plante (Lequet, 2010)

1-2-2-En fonction du mode de traitement :

a)-Miel de rayons : miel emmagasiné par les abeilles dans les alvéoles operculés de rayons fraîchement construits ne contenant pas de couvain, et vendu en rayons entiers ou sections de rayons.

b)-Miel centrifugé : miel obtenu par centrifugation de rayons désoperculée ne contenant pas de couvain.

c)-Miel pressé : miel obtenu par pressage des rayons ne contenant pas de couvain, avec ou sans traitement thermique modéré (**Alphandéry, 1992**).

1-3 Préparation du miel :

Le miel vient des plantes par l'intermédiaire des abeilles. L'élaboration du miel commence dans les jabots des abeilles butineuses, sitôt prélevée, la matière première est mélangée aux sécrétions des glandes salivaires de l'insecte, qui la modifie et le rend fluide et surtout qui l'enrichit en enzymes, catalyseurs biochimiques à l'origine de la transformation des sucres dans le miel. Elles remplissent leur jabot puis transportent miellat ou nectar jusqu'à leur ruche. Là, elles distribuent leur butin aux ouvrières d'intérieur et au mâles (**Bogdanov, 1995 ; Jean Prost, 1987**).

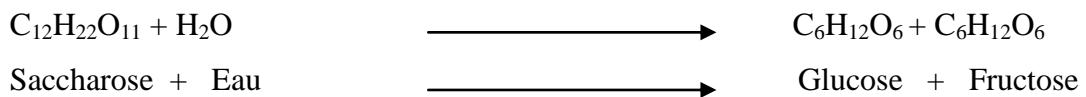
Miellat et nectar passent à plusieurs reprises d'une abeille à une autre en subissant chaque fois une addition de salive qui transforme les sucres. A ce stade la goutte de miel s'opère en 2 temps :

a)-Une abeille refoule le contenu de son jabot dans un alvéole ; la goutte de liquide sucré s'étale et perd de l'eau par évaporation ; elle est resucée, refoulée, resucée, etc., plusieurs fois pendant 15 à 20 minutes. Ces manœuvres étalement la goutte et la concentrent jusqu'à une teneur en eau de 40 à 50 % (**Jean Prost, 1987, Philippe, 1988, Gonnet, 1982**).

b)-Dans les rayons, pendant plusieurs jours, le liquide laisse évaporer passivement son eau ; sa concentration croît jusqu'à atteindre 70 à 80 % de sucre pour 17 à 20 % d'eau (**Jean Prost, 1987 ; Philipe, 1988**).

Lors de la préparation du miel, les teneurs en protéines, en acides organiques et en sels minéraux augmentent. Pendant le processus de maturation, les sucres se transforment, en particulier, le saccharose devient un mélange de glucose et de fructose (**Marchenay, 1988**) sous l'action d'une enzyme, l'invertase (**Philippe, 1988 ; Chauvin, 1968**).

La transformation s'exprime par l'équation suivante :



1-4 Type de miel :

Il existe deux types de miels.

1-3-1 Miel monofloral: On désigne par miel monofloral les miels qui proviennent principalement d'une fleur ou d'une plante.

1-3-2 Miel polyfloraux : miel provient de plusieurs plantes.

1-5-Composition de miel :

La composition chimique du miel varie d'un échantillon à l'autre, selon les plantes visitées par les abeilles (**White, 1978**). En moyenne. Le miel contient selon **Gonnet, 1982**, des éléments majeurs et des éléments mineurs exprimés dans le **Tableau 1**.

La composition moyenne d'un échantillon d'après (**Biri, 1999**) ; est la suivante :

Eau	18.9%
Substances sèche	81.91%
Saccharose, glucose, fructose	74.70%
Dextrine	6.11%
Albumine	1.10%

Tableau 1 : Composition chimique du miel (Gonnet, 1982).

Eléments majeurs		Eléments mineurs
Eau	17% (limite légale : 21%)	Acides organiques
Glucose	31%	Acides aminées et protéines
Fructose	38%	Enzymes(glucose invertase, glucose oxydase, amylase α et β)
Maltose	7.5%	Vitamines solubles dans l'eau : B et C en très faible quantité
Saccharose	1.5%	Inhibines et autres facteurs antibiotiques
Autre sucre	Une dizaine	Pigments caroténoïdes (rouges) et flavonoïdes(jaunes)

Louveaux (1959 et 1968a) cité in **Lequet (2010)** résume parfaitement les résultats des différents travaux relatifs à la composition du miel (figure 2).

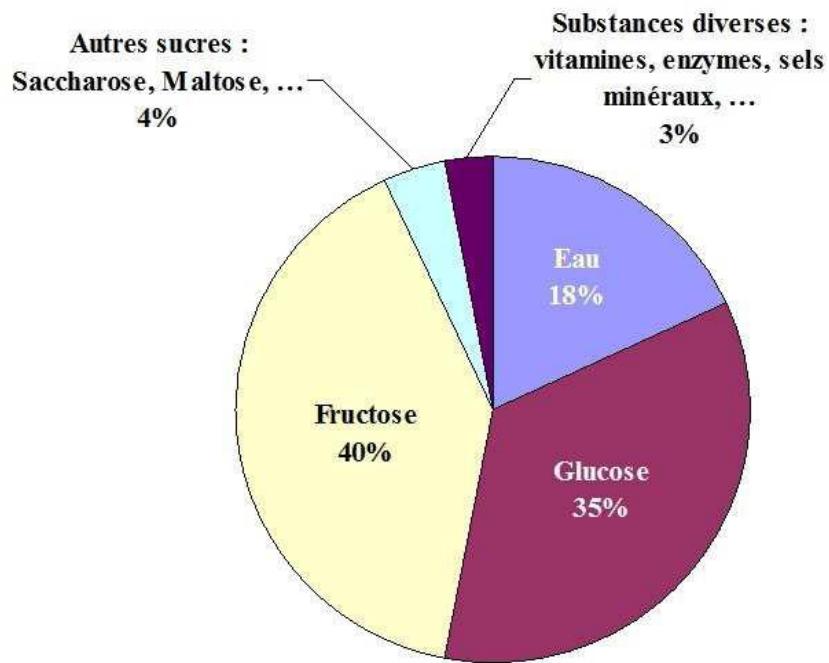


Figure 2 : Diagramme de composition du miel d'après Louveaux (1959 et 1968a) cité in Lequet (2010)

1-5-1-Propriétés physiques du miel :

- ❖ **La densité** : Le miel a une densité relativement élevée qui varie entre 1,40 et 1.45 g/cm³ (**Bogdanov, 1995**). Elle est liée à la teneur en eau. Un miel récolté trop tôt, extrait dans un

local humide, contient trop d'eau. Ce défaut se décèle au densimètre ou au réfractomètre (**Jean Prost, 1987**).

- ❖ **La cristallisation :** Le passage des miels de l'état liquide à l'état de cristaux dépend de la température et de leur origine (**Philippe, 1993**). La vitesse de cristallisation dépend surtout de la teneur en glucose du miel (**Bogdanov et al., 1987**), les miels dont la teneur en glucose est < 28g/100g ou dont le rapport glucose/eau est < 1.7 restent plus longtemps liquides (**Schley et al., 1987**).
- ❖ **La viscosité :** La viscosité est une mesure du frottement interne d'un liquide, elle est liée à la teneur en eau et la température (**Chauvin, 1968**). La viscosité du miel diminue quand la température s'élève jusqu'à 30°C, elle varie au-delà de 35°C (**Jean Prost, 1987**).
- ❖ **La conductivité thermique :** C'est une mesure du transfert de chaleur. Elle est aussi désignée en tant qu'indice thermique. La conductivité du miel est relativement faible (**Bogdanov, 1995**). Le miel est 14 fois moins bon conducteur que l'eau (**Jean Prost, 1987**).
- ❖ **Chaleur spécifique :** Pour se réchauffer le miel demande 2 fois moins de calories que le 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 (**Jean Prost, 1987**).
- ❖ **La conductibilité électrique :** Cette conductibilité, liée à la teneur du miel en matières minérales, varie dans de forte proportions (de 1 à 15) (**Jean Prost, 1987**), elle est mesurée par un Conductimètre à une température de 20°C, exprimée en Siemens/CM⁻¹ (**Barthelemy et Pourtallier, 1984 ; Gonnet, 1982**).

Le miel de colza conduit relativement mal le courant électrique ; celui de callune laisse passer plus facilement l'électricité. En règle générale, les miellats conduisent mieux le courant électrique que le miel (**Jean Prost, 1987**).

- ❖ **La coloration :** La couleur des miels va du blanc au noir. Elle s'apprécie au moyen de colorimètres ou de comparateurs visuels. Elle varie selon l'espèce butinée. Le vieillissement et le chauffage accentuent la coloration (**Jean Prost, 1987**).

1-5-2-Propriétés chimique du miel :

- ❖ **Teneur en eau :** Celle ci se situe dans la plupart des cas entre 15-20g/100g de miel. Les miels de bruyère en particulier sont très riches en eau et peuvent en contenir jusqu'à 23 g/100g de miel. Pour des raisons de conservation, la teneur en eau ne devrait pas dépasser 19g/100g de miel, étant donné que dans le cas contraire il existe un risque de fermentation à la surface. Les teneurs en eau élevées sont à mettre au compte d'une récolte trop précoce et d'un climat humide. Il existe un lien entre la teneur en eau et la teneur en levures (**Stephen, 1946**).

Selon cet auteur, la teneur en levures augmente de 5 fois dans le cas d'un accroissement de la teneur en eau de 1g/100g. En dessous de la teneur en eau de 17g/100g, le nombre de levures est si faible qu'il n'existe qu'un très faible danger de fermentation (**Bogdanov, 1995**). La teneur en eau est déterminée par le réfractomètre (**Gonnet, 1982**).

- ❖ **L'acidité :** Propriété due à la présence d'acides dans le miel, notamment d'acide gluconique. L'acidité se mesure par le pH ou proportion d'ions hydrogène. Un pH égal à 7 correspond à la neutralité, inférieur à 7, à l'acidité, de 7 à 14 l'alcalinité (**Jean Prost, 1987**).

Le miel contient un grand nombre d'acides organiques. La plupart d'entre eux sont ajoutés par les abeilles (**Echigo et al., 1974**).

L'acide principal est l'acide gluconique, on trouve aussi les acides suivants : acide formique, tartrique, malique, citrique, succinique, butyrique, lactique et oxalique de même que différents acides aromatiques. La quantité limite admise pour les acides s'élève à 40 milliéquivalents/kg de miel (**Bogdanov, 1995**).

- ❖ **Valeur pH :** Les miels de fleurs possèdent le plus souvent des valeurs pH faible (3.3 à 4.6). Les miels de miellat ont, en raison de leur teneur plus élevée en sels à effet tampon, des valeurs pH en moyenne plus élevées (**Bogdanov, 1995**). Les miels à pH bas se dégradent plus facilement. Il faudra prendre un soin particulier à leur conservation : température fraîche (**Jean Prost, 1987**).

- ❖ **Teneur en acides aminés :**

Une partie des acides aminés du miel provient des abeilles, une autre du nectar (**Bergner et al., 1972**), le principal acide aminé est la proline. La teneur en acides aminés d'un miel donne des informations sur l'origine botanique de celui-ci (**Bosi et al., 1978**).

La teneur en proline donne des informations sur la maturité du miel et peut servir à détecter des falsifications, on considère qu'un miel est arrivé à maturité lorsque sa teneur en proline est supérieure à 183 mg/kg. Des valeurs plus basses indiquent un manque de maturité ou une falsification (**Bogdanov, 1995**).

Les taux en acides libres en mg/100 g de miel, obtenus de 30 miels différents, analysés par 5 auteurs entre 1960 et 1971 sont donnés par (**White, 1980 in : Philippe, 1993**) (**Tableau 2**).

Tableau 2 : Taux de miel en acides aminés libres (en mg/100 g) (**White, 1980 cité in Philippe, 1993**).

Acides aminés	Teneurs en mg/100g
Acide aspartique	De 0.06 à 17.0
Acide glutamique	De 0.50 à 19.0
Alanine	De 0.32 à 10.5
Arginine	De 0.00 à 5.8
Cystine	De 0.00 à 6.1
Glycine	De 0.20 à 5.9
Histidine	De 0.56 à 10.7
Isoleucine	De 0.12 à 4.6
Leucine	De 0.15 à 5.3
Lysine	De 0.40 à 38.2
Méthionine	De 0.00 à 2.7
Phénylalanine	De 0.28 à 16.6
Proline	De 6.20 à 249.0
Sérine	De 0.34 à 23.6
Thréonine	De 0.20 à 4.5
Thyrosine	De 0.18 à 6.9
Triptophane	De 0.00 à 0.1

- ❖ **Teneur en enzyme :** Les principaux enzymes du miel sont : la saccharase (α -1,4 glucosidase ; invertase), l'amylase (α amylase ; diastase), glucose oxydase, catalase et la phosphatase. Elles proviennent principalement des abeilles (**Vaillant et Mary, 1988**). La saccharase et l'amylase sont importantes pour l'appréciation du miel.
- ❖ **Teneur en sucre :** Environ 85 - 99% de la matière sèche du miel se compose de sucres (**Gonnet, 1982**).

Les principales sortes de sucres du miel sont le fructose et le glucose. On trouve en plus des petites quantités de différents disaccharides (saccharose, turanose, maltose, isomallose, etc.) et des trisaccharides (méllezitose, erlose et raffinose) (**Donner, 1977 cité in Bogdanov, 1995**).

Le spectre des différents types de sucres est parfois caractéristique pour certaines sortes de miel, le méllezitose et le raffinose font partie de la composition des miels de miellat. Pour déterminer les types de sucres, on utilise la méthode HPLC sur gel de silice lié à des groupes aminés (**Bogdanov et al., 1988**).

Les différentes sortes de sucres peuvent aussi être déterminées au moyen d'une chromatographie gaz/liquide sur colonne capillaire (**Sabatini et al., 1984 cité in Bogdanov, 1995**).

Selon (**Gonnet, 1982**), la composition moyenne des sucres en miel est :

Glucose.....31%

Fructose.....38%

Maltose.....7,5%

Saccharose.....1,5%

Divers sucres.....1,5%

❖ Hydroxyméthylfurfural (HMF) :

Les miels frais, ne contiennent aucune ou seulement des traces d'HMF (le plus souvent en dessous de 3 mg/kg). Pendant le stockage, l'HMF se forme plus ou moins rapidement à partir du sucre (surtout le fructose) sous l'influence des acides et en fonction de la valeur pH et de la température du miel (**Afnor, 1990**).

Dans le cas d'un stockage normal, les valeurs HMF enregistrent annuellement une augmentation d'environ 5 à 10 mg/kg. Dans le cas d'un stockage au chaud et lors de la fonte à des températures plus élevées (50 à 70°C), la teneur en HMF augmente plus rapidement (**Bogdanov, 1995**). Pour déterminer l'HMF on utilise le spectrophotomètre UV ou l'H.P.L.C (**Afnor, 1990**).

1-5-3 Les constituants divers :

❖ **Teneur en vitamines :** On ne trouve celles-ci qu'en quantité infime (**Philippe, 1993**).

Le miel contient : vitamine B1, B2, B3, B5, B6, B9, et la vitamine C.

❖ **Teneur en sels minéraux et oligo-éléments :** Les miels de fleurs contiennent 0.1 à 0.35 g de sels minéraux et d'oligo-éléments /100g de miel. La substance minérale principale est le potassium (**Tableau 3**).

Le tableau indique les sels minéraux et oligo-éléments du miel de provenance différente (**Morse et al., 1980**).

Tableau 3 : Sels minéraux et oligo-éléments dans le miel de différentes provenances.

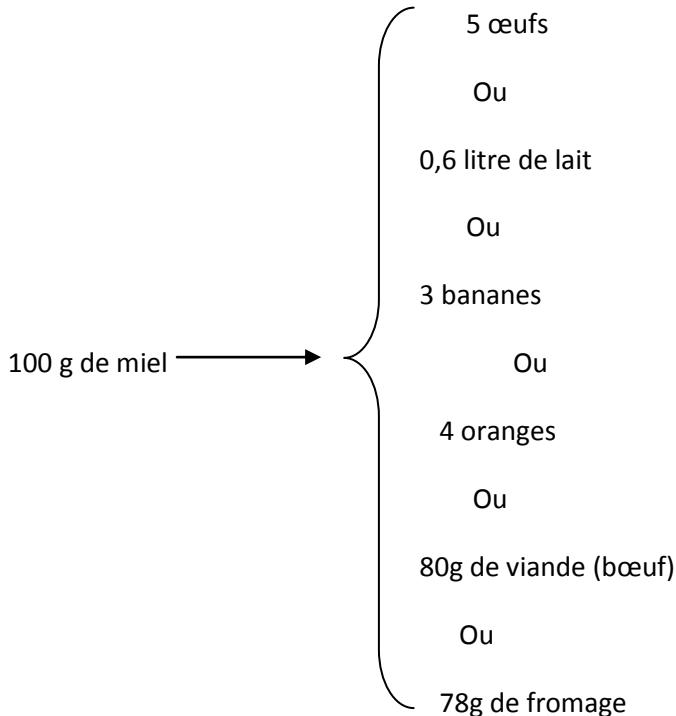
Sels	mg/kg	Sels	mg/kg
Potassium	200 - 1500	Manganèse	0,2 – 10
Sodium	16 - 170	Chrome	0,1 – 0,3
Calcium	40 - 300	Cobalt	0,001
Magnésium	7 - 130	Nickel	0,3 – 1,3
Fer	0,3 - 40	Aluminium	3 – 60
Zinc	0,5 - 20	Cuivre	0,2 – 6,0
Plomb	<0,02 - 0,8	Cadmium	<0,005 – 0,15

- ❖ **Substances aromatiques :** Le miel contient 100 à 150 différentes substances aromatiques et certaines ont même été caractérisées du point de vue chimique (**Bousseta et al, 1992**). Elles jouent un rôle important dans l'appréciation sensorielle du miel. Les substances aromatiques se conservent le mieux si le miel est stocké au froid dans des récipients fermés. Si l'on chauffe le miel, une partie de ces substances sont anéanties (**Bogdanov, 1995**).
- ❖ **Les lipides :** Le miel contient des faibles quantités de lipides, principalement L'acide oléique et L'acide palmitique et peu de (Limonéique, Myristoléique, Stéarique, Laurique) (**Philippe, 1993**).

1-6 Valeur alimentaires et thérapeutiques du miel :

1-6-1 Valeurs alimentaires :

Le miel est un aliment naturel, riche en sucre simple, directement assimilable. Il permet de couvrir les besoins énergétiques de l'organisme dans les conditions optimales, nous pouvons donc l'associer dans la ration alimentaire des nourrissons, des jeunes enfants en plein croissance. Il est également recommandé pour les sportifs et les vieillards (**Khenfer et Fettal, 1997**). En effet :



Du point de vue énergétique:

30g de miel représentent	91 cal
30 g d'œufs (jaune).....	87 cal
30g de bœuf	56 cal
30g de pomme de terre.....	30 cal
30g de lait.....	22 cal

1-6-2-Valeurs thérapeutiques :

Un certains nombre d'expérimentation menées depuis quelques dizaines d'années ont montré, la parfaite tolérance du miel par des malades et l'absence des risques à son ingestion, permettant de l'utiliser largement.

- le miel guérit ou soulage les troubles intestinaux, les ulcères d'estomac. Il augmente la teneur du sang en hémoglobine et la vigueur musculaire (**Jean Prost, 1987**).
- . Le miel facilite la rétention du calcium ; il active la sortie des dents (**Jean Prost, 1987**).
- Le miel est praticien pour les traitements de la tuberculose (**Khenfer et Fettal, 1997**).
- En usage externe, il active a guérison des brûlures, des plaies (**Jean Prost, 1987**).

- La consommation de miel donne soif et incite à boire du liquide, ce qui augmente la sécrétion de l'urine. Il se produit ainsi un véritable lavage des reins et des voies urinaires (**Khenfer et Fettal, 1997**).

Plusieurs sortes de miel sont à noter (**Festy, 2010 cité in Yahia Mahammed et Yahaia Mahammed, 2015**) :

Le **miel d'acacia** pour problèmes de constipation.

Le **miel de romarin** pour améliorer la digestion.

Le **miel d'oranger** considéré comme un calmant.

Le **miel de tilleul** favorise le sommeil et soulage les brûlures d'estomac.

Le **miel de lavande** est un antiseptique des branches et des poumons. Il est recommandé aussi aux cardiaques.

Le **miel de bruyère** est diurétique, antirhumatismal et est bon pour la prostate.

Le **miel d'eucalyptus** est efficace contre la toux et la désinfection des foies urinaires.

Le **miel de pin** ou de sapin est recommandé en cas de bronchite.

1-7 Analyse pollinique des miels:

1-7-1 Définition :

La mélissopalynologie est la science qui étudie le pollen dans le miel, elle est devenue indispensable pour déterminer l'origine botanique et géographique des miels grâce à l'analyse quantitative et qualitative.

a-Examen microscopique qualitatif :

c'est l'identification et le dénombrement des pollens présents dans le miel, l'identification se fait avec l'aide des données tirées des publications spécialisées et au moyen de préparations de comparaison (**Louveaux et al., 1970**).

L'examen microscopique du miel donne des informations :

- Sur son origine géographique.
- Sur son origine botanique.

Il permet par ailleurs de faire des constatations :

- Sur l'éventuelle souillure du miel par des fragments de couvain, des poussières, de la suie.
- Sur la quantité de levures présentes (fermentation).
- Sur la présence éventuelle de particules insolubles dans l'eau qui ne se trouvent normalement pas dans le miel.

La détermination des classes de fréquences se repose sur le traitement de 200 à 300 grains de pollen :

- Pour les spectres polliniques pauvres en espèces 200 grains de pollen suffisent .
- Pour ceux qui sont riches en espèces il est nécessaire de traiter 300 grains.

Dans l'estimation des fréquences des différents pollens on utilise les termes suivants :

- Très fréquent, pour les formes qui représentent plus de 45%.
- Fréquent, pour les grains de pollen qui ont une fréquence comprise entre 16-45%.
- Rare, pour les grains de pollen qui ont une fréquence comprise entre 3-15%.
- Isolé, pour les grains de pollen qui ont une fréquence inférieur à 3%.

Lorsque les classes de fréquences sont déterminées avec précision, les termes suivants sont applicables :

- Pollen dominant : plus de 45% des pollens dénombrés.
- Pollen d'accompagnement : 16-45% .
- Pollen isolé important : 3-15%.
- Pollen isolé : moins de 3%.

Dans l'indication de fréquence des indicateurs de miellat (IM), il convient d'utiliser les termes suivants :

- Peu : lorsque (I.M/P) se situe entre 0 et 1.5.
- Quantité moyenne : quand (I.M/P) est compris entre 1.5 et 3.0.
- Grande quantité : quand (I.M/P) est compris entre 3 et 4.5.
- Très grande quantité : quand (I.M/P) dépasse 4.5.

Dans l'indication de fréquence des pollens de plantes anémophiles ou autre plantes dépourvues de nectaires, les termes suivants sont à utiliser :

- Rares : lorsque le nombre de grains de pollen des plantes dépourvues de nectaires représente moins de 3% des grains de pollen dénombrés en tout.
- Peu fréquents : lorsque le nombre de grains de pollen des plantes dépourvues de nectaires représente 3-15% des grains de pollen dénombrés en tout.
- Fréquents : lorsque le nombre de grains de pollen des plantes dépourvues de nectaires représente 45% des grains de pollen dénombrés en tout.
- Très fréquent : lorsque le nombre de grains de pollen des plantes dépourvues de nectaires représente plus de 45% des grains de pollen dénombrés en tout.

b-Examen microscopique quantitatif :

C'est la détermination de quantité de sédiment dans le miel, il donne des informations :

- Sur le mode de récolte de miel (pressage, centrifugation, filtration,...etc.).
- Des indications sur d'éventuelles falsifications ou sur la présence en quantité importantes des particules étrangères (salissures, levures,...etc.).

D'après les expériences effectuées, les miels de fleur ou miels de fleurs mélangés de miellat appartiennent à 5 classes :

- Classe I : le nombre de grains de pollen au-dessous de 20.000 par 10g de miel.
- Classe II : le nombre de grains de pollen compris entre 20.000 et 100.000 par 10g de miel.
- Classe III : le nombre de grains de pollen compris entre 100.000 et 500.000 par 10g de miel.
- Classe IV : le nombre de grains de pollen compris entre 500.000 et 1000.000 par 10g de miel.
- Classe V : le nombre de grains de pollen plus de 1000.000 par 10g de miel.

1-7-2 Méthodes de l'analyse pollinique :**a)-Méthode de la commission internationale de botanique apicole (Louveaux *et al.*, 1970) :**

- 10g de miel sont dissous dans 20 ml d'eau chaude (ne pas dépasser 40°C).
- La solution obtenue est centrifugée pendant 5 minutes et le liquide restant est séparé du sédiment ; le liquide peut être versé ou aspiré.
- Pour une meilleure élimination des sucres du miel il est recommandé de reprendre le dépôt par 10ml d'eau distillée, de le transvaser dans un tube à centrifugation plus petit et de centrifuger à nouveau 5 minutes.
- On porte le dépôt, sur une lame porte-objet,
- Après séchage à une température de 40°C, on l'inclut dans la glycérine-gélatine et on recouvre d'une lamelle.
- On peut utiliser au lieu d'eau une solution d'acide sulfurique (5 g de H₂SO₄) pour dissoudre le miel.

b)-Méthode de Pons, 1970 :

- Portez une quantité de miel au bain marie.
- 10-20 g de miel dissous dans l'eau distillée.
- La solution est centrifugée à une vitesse de 2500 tours/min.

- Une quantité de culot est étalé sur une lame avec une goutte de glycérine gélatinée.

c)-Méthode de Layka, 1989 :

- Prendre une quantité de miel qu'on le mettre dans un tube à essaie.
- Portez le tous au bain marie à une température de 40°C pendant 10 minutes.
- Prendre 5mg de ce miel et l'étalé sur une lame qui sera recouverte par une lamelle.
- Pour évitez toute contamination ou altération, la préparation sera luttée avec de la paraffine.
- Puis on commence les observations microscopiques, on suit deux types d'analyses : quantitatives et qualitatives

1-7-3 Méthode de préparation de lames de références :

a- La méthode de Wodehouse :

C'est une méthode simple, rapide et ne requiert aucun matériel particulier (**cité in Pons, 1970**) :

- Saupoudrer de pollen une lame porte objet ou écraser et dilacérer sur celle-ci une anthère mûre.
- Déposer sur ce matériel, une goutte d'alcool et laisser évaporer.
- Répéter l'opération 4 ou 5 fois de suite.
- Essuyer délicatement avec un coton imbibé d'alcool.
- Ajouter aux résidus une goutte de glycérine pure et couvrir d'une lamelle.

b-L'acétolysé :

Cette technique mise au point par Erdtman, 1960 (**in :Pons, 1970**), elle peut se résumer ainsi :

- Déshydratation des fleurs ou anthères par l'acide acétique pur.
- Acétolysé par traitement au bain-marie à 80°C environ dans un mélange de neuf parties d'anhydride acétique et d'une partie d'acide sulfurique.
- Lavages multiples, d'abord à l'alcool puis à l'eau, par centrifugation pour éliminer le réactif.
- Le dernier culot de centrifugation, est additionné de quelques gouttes de glycérine pure ou glycérine gélatinée.
- Une goutte de ce résidu est placée entre lame et lamelle en vue de l'observation.

1-8 L'analyse sensorielle

C'est une technique qui fait appel tout d'abord au sens de l'observation (couleur, Propreté, homogénéité de la masse, défaut éventuel de cristallisation etc...), on procède ensuite à un examen olfactif qui permet de déceler les odeurs et les arômes. Enfin, la dégustation permet d'apprécier les saveurs du miel, d'en percevoir les différentes composantes (goût sucré, acidité ou amertume) on peut aussi, de cette façon apprécier éventuellement la finesse de la cristallisation (**Gonnet et Vache, 1985 cité in Yahia Mohammed et Yahaia Mohammed, 2015**).

Selon leurs origines, les différents miels présentent des caractères visuels, olfactifs, gustatifs et tactiles particulièrement diversifiés. L'examen organoleptique d'un produit est la fiche descriptive donnée par l'ensemble des perceptions sensorielles ressenties par le consommateur. Il peut ainsi apprécier ses qualités essentielles mais aussi ses défauts. Il ne remplace cependant pas les examens physico-chimiques et botaniques mais intervient pour confirmer une appellation. Ces analyses sont réalisées dans des pièces inodorées, climatisées à 20 °C, 60 % d'humidité et en lumière diurne. Les dégustateurs travaillent loin des repas et ne doivent pas porter d'odeurs avec eux. Le miel étudié est versé dans un verre à pied.

Les saveurs et sensations

- Miels sucrés
- Miels acides (miels de phacélie, ronces, etc.)
- Miels amers (miels de bruyère, arbousier, châtaignier, etc.)
- Miels astringents (miels de pissenlit)
- Miels froids (miels de tilleul, colza)
- Miels piquants (miel d'euphorbe)

II-Les plantes mellifères :

2-1 Définition des plantes mellifères : Le mot mellifère provient du latin *mellis* qui signifie miel. Les plantes mellifères sont des plantes qui produisent un suc avec lequel les abeilles produisent le miel. Ce suc est le nectar des plantes. En mythologie, le nectar était considéré comme un breuvage divin à base de miel qui procurait l'immortalité à ceux qui en buvaient.

Les plantes mellifères sont des spermatophytes :

Les plantes, êtres vivants doués d'une grande capacité d'adaptation aux bouleversements de leur environnement, ont su développer des systèmes de reproduction très performants au cours de leur évolution (plusieurs millions d'années).

2-2 Rôle des insectes dans la pollinisation des plantes :

Le nectar, solution de sucres, est une sorte de déchet des plantes à fleurs au cours de la photosynthèse (transformation d'énergie solaire en protéines). Il attire les insectes qui vont se frayer un chemin au cœur de la plante pour atteindre ce liquide sucré. De cette façon, ces insectes vont se couvrir de pollen, substance produite par les organes mâles. L'insecte, une fois repu, s'en ira au gré des vents et s'attardera sur une autre plante où il déposera le pollen transporté à son insu sur les organes femelles de la fleur, favorisant ainsi sa fécondation (figure3).

Les plantes mellifères les plus importantes sont celles qui ont une productivité nectarifère élevée, régulière et qui existent en vastes peuplements.

Le terme des plantes mellifères englobe plusieurs expressions, à savoir :

- **Plantes apicoles** : plantes visitées par l'abeille soit pour le nectar, le pollen, le miellat ou même pour la propolis.
- **Plantes nectarifère** : sont celles qui produisent du nectar grâce aux glandes appelées nectaires.
- **Plantes pollinifère** : c'est le cas de la majorité des plantes à fleurs qui fournissent du pollen aux abeilles.

2-3 Types de plantes à fleurs mellifères qui produisent du nectar :

A-Parmi les arbres, les plus intéressants sont les érables, les tilleuls, le robinier, les fruitiers, les alisiers et sorbiers, le châtaignier.

B-Parmi les arbustes, on peut citer les bruyères, l'arbousier, les aubépines, la ronce, la callune, les cistes, la lavande, le romarin, le thym, presque toutes les plantes des garrigues et maquis qui donnent leur spécificité aux miels de la région.

C-Parmi les herbacées, les adventices et « mauvaises herbes » sont importantes à maintenir en zone méditerranéenne où il y a peu de « grandes cultures ». On retiendra particulièrement le diplotaxis fausse-roquette qui est l'adventice à la fois la plus butinée et la plus fréquente en Provence, le coquelicot et les centaurées (Bleuet), les trèfles, la moutarde, la phacélie, etc.

D-Le lierre est également important pour sa floraison d'automne.

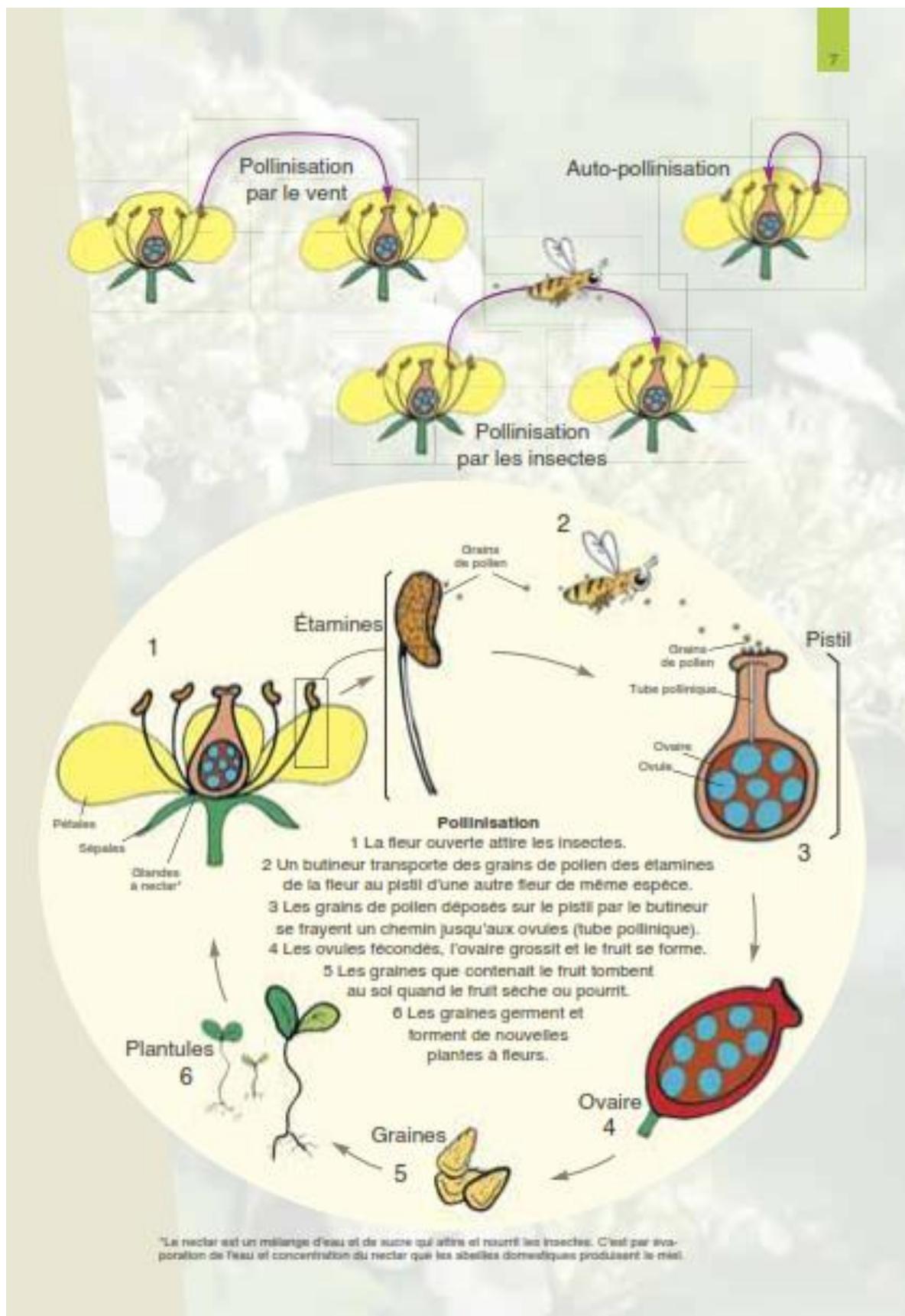


Figure 3 : Pollinisation des plantes

III-La palynologie

3-1-Définition :

Le terme palynologie a été défini en **1944** par deux botanistes Anglais **Hyde et Williams**, l'étymologie vient du grec « palunein = répandre, saupoudrer ou pale qui signifie farine et poussière pollinique.

3-2-Les applications de la palynologie :

L'examen des grains du pollen, récent et ancien, peut être de la valeur dans une rangée des études scientifiques. Ceux-ci incluent:

3-2-1-L'aéropalynologie : Elle consiste à collecter les grains de pollen libérés dans l'atmosphère d'une région donnée, à les identifier et à en faire l'évaluation statistique pour une période de temps déterminée (**Renault-Miskovsky et Petzold, 1992**).

Les conditions climatiques ont une grande influence sur le nombre et les types des particules aéroportées (**Davies et al., 1973 cité in Mercuri et al., 1982**).

Les méthodes employées pour la récolte pollinique sont :

- **La méthode gravimétrique :**

L'appareil utilisé dans cette méthode est très simple et peu coûteux, il fut conçu par Durham en 1946 et porte d'ailleurs le nom de son inventeur.

- **La méthode volumétrique :**

Il existe plusieurs appareils de ce type :

- La trappe de Hirst, L'appareil de Burkard,...etc.

3-2-2- La Mélissopalynologie :

C'est l'étude du pollen contenu dans le miel. L'examen microscopique du miel donne une information sur son origine géographique et sur son origine botanique (**Maurizio et Louveaux, 1970**).

L'étude mélissopalynologique du miel permet de contrôler la qualité des miels et en particulier de détecter les fraudes et les mélanges (**Raynal-Roques, 1994**).

3-2-3- La Biopalynologie (Banques de pollens) :

Les grains de pollen sont porteurs de la moitié des chromosomes des végétaux supérieurs. Ils représentent de ce fait un important potentiel génétique pour les différentes opérations de l'amélioration des plantes.

Cette importance a conduit à la création de banques de pollens dans différents pays, capables de fournir aux chercheurs un matériel pollinique donc des gènes à tout moment (**Cerceau-Larrival et al., 1993**).

Différentes méthodes de conservation et de stockage des pollens ont été mises au point telles que la lyophilisation qui permet de dessécher le pollen et d'exclure l'oxygène. Les grains sont ensuite conservés sous vide ou sous atmosphère ambiante dans des capsules ou des piluliers adéquats à de basses températures allant jusqu'à -80°. Les pollens stockés subissent des tests de contrôle pour évaluer *in vitro* leur taux de viabilité (**Boughediri, 1985, 1994**).

Les banques de pollens jouent un rôle très important dans l'amélioration des plantes (hybridation contrôlée, introduction de gènes intéressants) et la préservation de la diversité génétique.

3-2-4-La paléopalynologie :

L'application géologique consiste à définir les assemblages polliniques contenus dans les sédiments de différentes époques. Elle s'attache à suivre l'histoire de la végétation du passé. L'analyse d'une tourbière permet de proposer une première description des succession végétales (**De Beaulieu et al., 1978**).

Le pollen fossile est aussi utilisé comme indicateur de couches susceptibles de contenir du pétrole puisque celui-ci se forme grâce à la décomposition des végétaux (**Cerceau-Larrival et Hideux, 1983**).

3-2-5-L'allergologie :

Les grains de pollen sont responsables de l'apparition de crises d'allergie. La connaissance des variations saisonnières sur la quantité et la qualité de pollen aéroporté est très importante dans le diagnostic et thérapie de malades qui souffrent d'allergie respiratoire (**Dingle et Mich, 1955 cité in Mercuri et al., 1982**).

3-3 Le pollen

3-3-1 Définition et description :

Le grain de pollen est la cellule mâle des fleurs, libéré après la déhiscence des anthères. Chaque anthère libère une multitude de grains de pollen qui seront emportés par le vent ou les insectes (**Philippe, 1993**) (Figure 4).

Le grain de pollen représente la phase gamétophytique (microgaméophyte) mâle de cycle de vie d'une plante à fleur, il est produit par la méiose des cellules mères du pollen situées le long de la bordure interne des sacs polliniques (**Marouf, 2000**).

Le grain de pollen assure chez les végétaux supérieurs (Spermaphytes) la production est la transmission du matériel génétique mâle jusqu'au sac embryonnaire où a lieu la double fécondation.

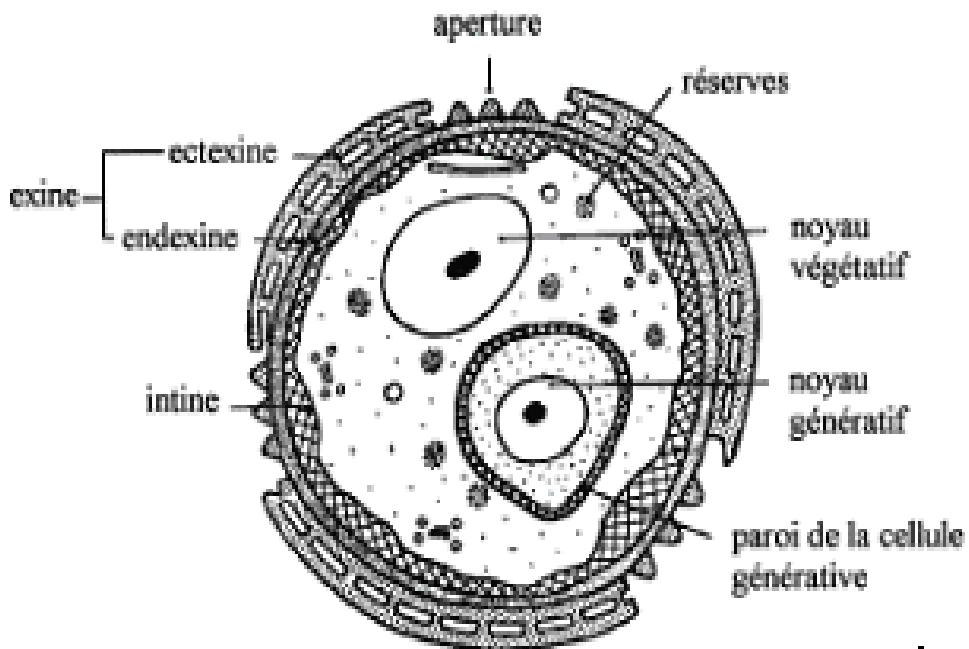


Figure 4 : La structure d'un grain de pollen

(Laaidi *et al.*, 1997)

3-3-2-Rôle biologique du pollen:

Si le pollen au cours de son transport parvient à rencontrer le stigmate d'un ovaire et s'il y a compatibilité génétique entre les deux organes, le processus de fécondation peut s'engager (**Heller, 1982**).

Deux noyaux polaires de l'oosphère fusionneront avec les deux noyaux reproducteurs mâles. Après pollinisation et germination du tube pollinique, un des noyau reproducteurs mâles fusionne avec l'oosphère pour donner le zygote, tandis que le second fusionne avec les noyaux polaires pour donner un tissu nourricier triploïdes l'albumen, le zygote donne un embryon qui se développe dans le sac embryonnaire, tandis que les téguments de l'ovule forment la paroi de la graine. (**Spichiger *et al.*, 2002**).

3-3-3- Composition d'un grain de pollen

La composition d'un grain de pollen est représentée dans la figure 5.

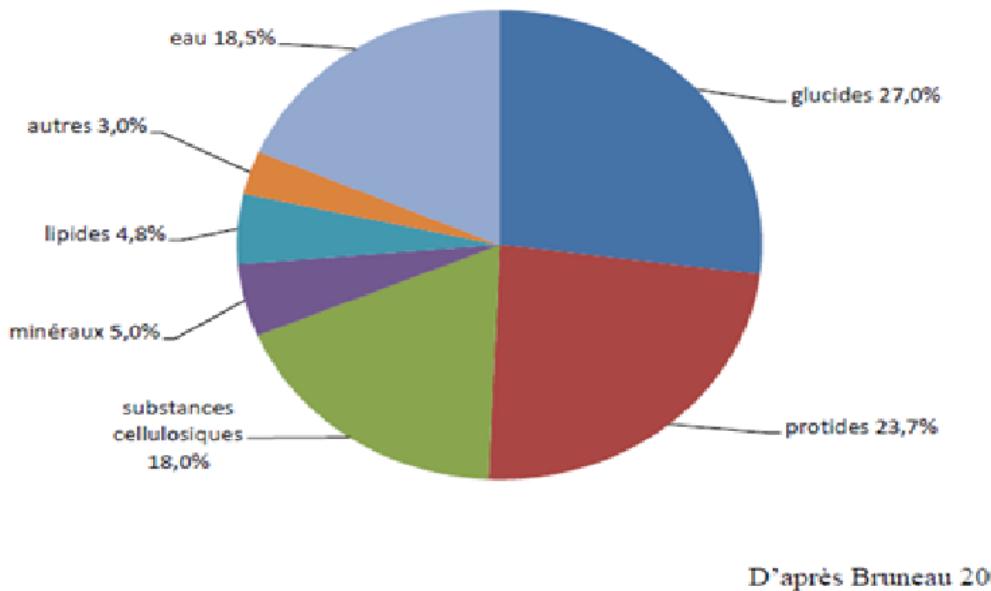


Figure 5 : Composition d'un grain de pollen (Bruneau, 2009 cité in Yahia Mahammed et YahiaMahammed, 2015).

3-3-4-Morphologie des pollens:

A –La forme :

La description d'un grain de pollen fait appel à trois importantes valeurs celles de l'axe polaire (**P**), de l'axe équatorial (**E**) et enfin celle du rapport **P/E** qui peut donner trois cas différents (Cerceau-Larrival et Hideux, 1983 ; Renault-Myskovsky et Petzold, 1992), voir

Tableau 4 :

- $P = E$ le grain de pollen est **sphéroïdal** ou équiaxe ,**ex** : *Zeamays*, *Populus alba*.
- $P > E$ le grain de pollen est **prolé** ou longiaxe, **ex** : *Iris sp.*
- $P < E$ le grain de pollen est **oblé** ou bréviaxe **ex** : *Vitis vinifera*, *Castania vulgaris*.

Les formes que peuvent avoir les grains de pollen sont très variables (figure 6), ils peuvent être, (Erdtman, 1952) :

- **Sphéroïdales** **ex** : *Plantagosp.*
- **Subcirculaires** ou **subsphéroïdales****ex** : *Centaurea*.
- **Ovales** **ex** : *Oenanthe**crocata L.*

- **Ovales-losangiques ex :** *Bowlesia tenuera Spreng.*
- **Subrectangulaires ex :** *Meum alhamanticum Jacq.*
- **Perprolés (Perprolate) :** P/E >2.
- **Peroblés (Peroilate) :** P/E <0.5.
- **Prolé-sphéroidales (Prolatesphéroidal) :** P/E entre 1.00 et 1.14.
- **Pollen à ballonnets ex :** *Pinus bentaphyla.*
- **Pollen triangulaires ex :** *Cucumis anguria L* et *Melothria pendula L.* ou encore les pollens du *Lantana camara L.*
- Certains grains de pollen peuvent contenir plusieurs cellules sous forme de tétrades ex : *Erica sp*, ou sous forme de polyade très répondu chez les *Mimosaceae*.

Tableau 4 : Formes de pollen selon P/E (Erdtman, 1952).

Formes de pollen	P/E x 100
PROBLATE	<50
OBLATE	50-75
SUBSPHEROIDAL	75-133
SUBOBLATA	75-88
OBLATE SPHEROIDAL	88-100
PROLATE SPHEROIDAL	100-114
SUBPROLATE	114-133
PROLATE	133-200
PERPROLATE	>200

B-La taille :

La taille de grain de pollen change d'une espèce à l'autre. Le plus petit grain de pollen qui existe est celui de *Myosotis* (Boraginaceae) avec un diamètre de 5µm (Renault-Myskovsky

et Petzold, 1992 ; Leuschner, 1993), pour d'autres, la plus petite taille est de 2µm (Saxena, 1993).

Les plus grosses formes quant à elles, varient entre 200 et 250µm, qui sont rencontrées chez les Gymnospermes notamment les conifères à deux ballonnets et quelques Angiospermes, dans les familles des Nyctaginacées et Cucurbitacées (Renault-Myskovsky et Petzold, 1992 ; Saxena, 1993).

C-La couleur :

La couleur du pollen varie d'un genre de plante à l'autre :

- Jaune clair ou vif (Philippe, 1993).
- Orange ex : *Quercus sp.* (Bossard et Cuissance, 1981).
- Blanche ex : *Phoenix dactylifera* (Boughediri, 1994).
- Rouge, brune, bleue (Cerceau –Larrival et al., 1993).

D-Les apertures :

Les apertures sont des régions spécialisées du sporoderme qui sont plus minces que le reste du sporoderme (Erdtman, 1947), de forme et en nombre variables à travers lesquelles le tube pollinique sortira et s'allongera lors de la germination du grain de pollen (Renault-Myskovsky et Petzold, 1992). Les apertures jouent un rôle dans la régulation du volume des grains en fonction de l'humidité ambiante (Pons, 1970). Quand ces ouvertures sont absentes, il existe une partie de l'exine qui est fine et mince permettant la sortie du tube pollinique, on parle donc de zone germinale, comme chez les genres *Taxus* et *Pinus* (Leuschner, 1993).

✓ Types des pollens selon les apertures :

Les différents types polliniques peuvent se définir selon le tableau suivant.

Tableau 5 : Tableau de détermination du type pollinique (**Reille, 1990**).

Particularités	Type pollinique	Exemples
Plus de quatre grains par groupe	Polyade	<i>Acacia dealbata</i>
Groupes de quatre grains	Tétrade	<i>Typhasp</i>
Groupes de deux grains	Dyade	<i>Sheuchzeriasp</i>
Aucune aperture	Inaperturé	<i>Juniperussp</i>
Apertures en pore ou en sillon :		
➤ Un seul sillon	Monocolpé	<i>Liliumsp</i>
➤ Un seul pore	Monocolporé	<i>Poaceae</i>
Apertures toutes en sillons indépendants :		
➤ Deux sillons	Dicolpé	<i>Hypecoumusp</i>
➤ Trois sillons	Tricolpé	<i>Quercus sp</i>
➤ Plus de trois sillons :		
• Sillons tous méridiens	Stéphanocolpé	<i>Rosmarinussp</i>
• Certains sillons, ou tous, non méridiens	Péricolpé	<i>Polygonumamphibium</i>
Apertures toutes en pores :		
➤ Deux pores	Diporé	<i>Broussonnetia</i>
➤ Trois pores	Triporé	<i>Corylus, Betula</i>
➤ Plus de trois pores :		
• Pores tous dans la zone équatoriale	Stéphanoporé	<i>Ulmus, Alnus</i>
• Pores plus ou moins uniformément répartis sur toutes la surface du grain	Périporé	<i>Saponaria</i>
Apertures toutes complexes et indépendantes :		
➤ Trois apertures	Tricolporé	<i>Fagus</i>
➤ Plus de trois apertures dans la zone équatoriale	Stéphanocolporé	<i>Anchusa</i>
➤ Plus de trois apertures dont certaines au moins hors de la zone équatoriale	Péricolpé	<i>Rumex</i>
➤ Des sillons à côté d'apertures complexes	Hétérocolporé	<i>Lythrum salicaria</i>
➤ Apertures en anneau, spirales, provenant de la fusion des sillons	Syncolpé	<i>Myrtus</i>
➤ Exine avec lacune de formes fixes	Fenestré	<i>Taraxacum</i>

E-Stratification, structure et sculpture de la membrane pollinique :

La partie vivante du pollen est entourée d'un système de parois qui constitue le sporoderme.

Ce sporoderme est double.

a)-L'intine :

Couche interne de la paroi du grain de pollen, perméable, constituée de cellulose, de pectines, de callose et de protéines (**Marouf, 2000**). Elle n'est pas fossilisable et élaborée par le cytoplasme. Elle est riche en phosphate acide (**Gorenflo, 1997**).

L'intine disparaît rapidement à la mort du contenu cellulaire, paroxydation lors de l'incorporation du pollen dans un sédiment (**Reille, 1990**).

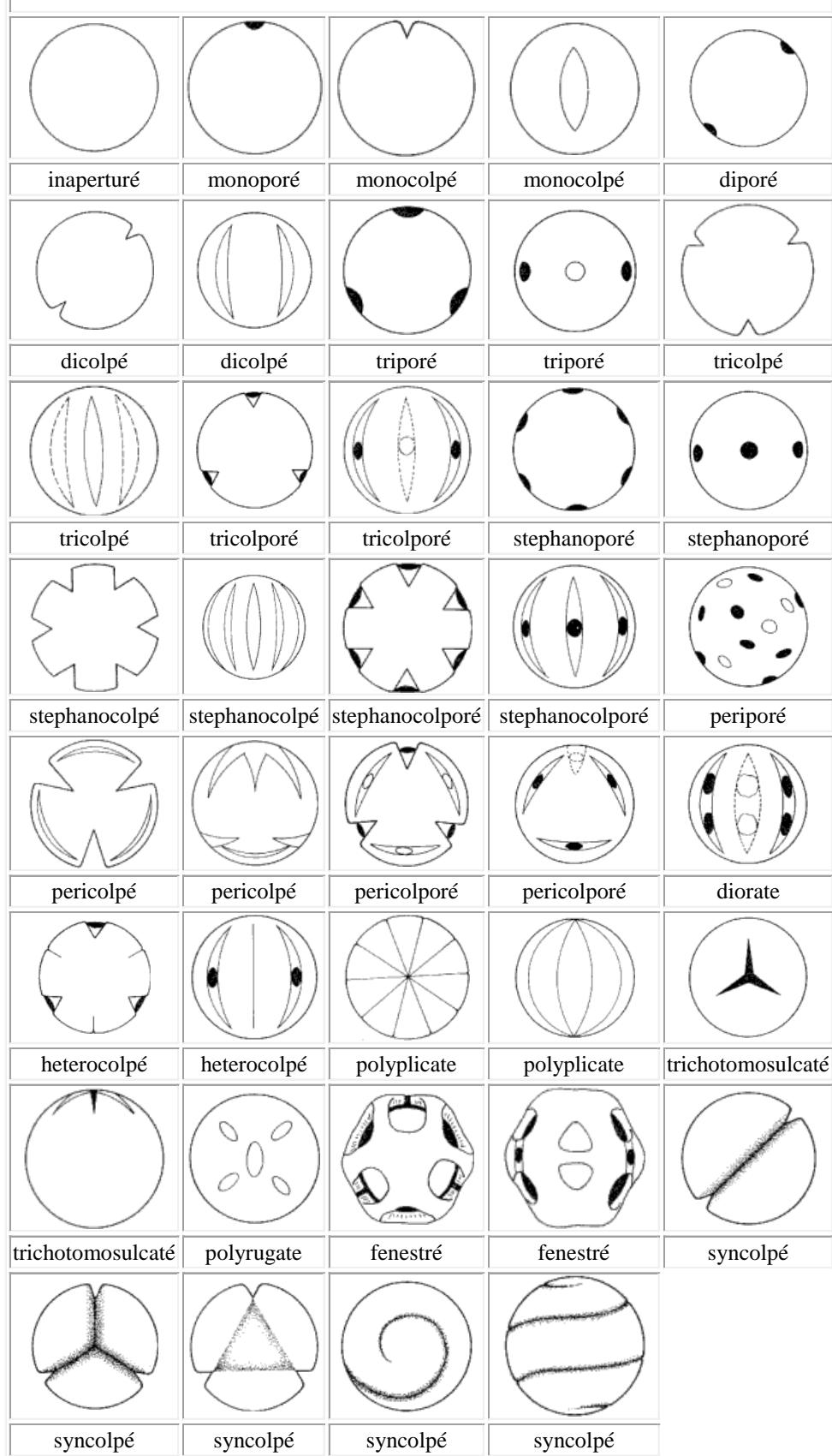
b)-L'exine :

Couche externe de la paroi squelettique du grain de pollen, elle est un des matériaux les plus résistants du monde organique, elle peut être absente (chez certaines plantes aquatiques) ou réduite à une seule couche mais, le plus souvent, elle se compose de deux couches superposées l'endexine et l'ectexine (**Pons, 1970**) (**Figure 7**).

- **L'endexine :** présente chez les dicotylédones, et généralement absente chez les monocotylédones.

C'est une couche intérieur homogène, continue à épaisseur peu variable au voisinage des apertures (**Pons, 1970**).

- **L'ectexine :** lisse ou ornementée, nue ou recouverte d'un enduit gras ou mucilagineux. Elle est formée de petites granules dont le développement, la distribution et les relations sont à l'origine des différents types d'exine (Figure 8):
 - **Exine lisse :** surface lisse ou avec des dépressions isolées < 1µ.
 - **Exine échinulée :** élément de sculpture pointue.
 - **Exine réticulée :** élément de sculpture >1µ, allongés, éléments formant un réseau.
 - **Exine rugulée :** élément de sculpture >1µ, allongés, élément irrégulièrement distribués.
 - **Exine striée :** éléments de sculpture >1µ, allongés, éléments plus ou moins parallèles.

Fig6. Principaux types d'apertures (Ricciardelli-D'Albore, 1998)

- **Exine gemmulée** : éléments moins hauts qu'épais, partie basale des éléments rétrécie.
- **Exine verruqueuse** : éléments moins hauts qu'épais, partie basale des éléments non rétrécie.
- **Exine clavulée** : éléments plus hauts qu'épais, partie terminale renflée.
- **Exine baculée** : éléments plus hauts qu'épais, partie terminale non renflée.

C'est grâce aux caractères des apertures, tels que le nombre, la répartition et le type d'ornementation que les familles, les genres ou même les espèces sont identifiés (**Renault-Myskovsky et Petzold, 1992**).

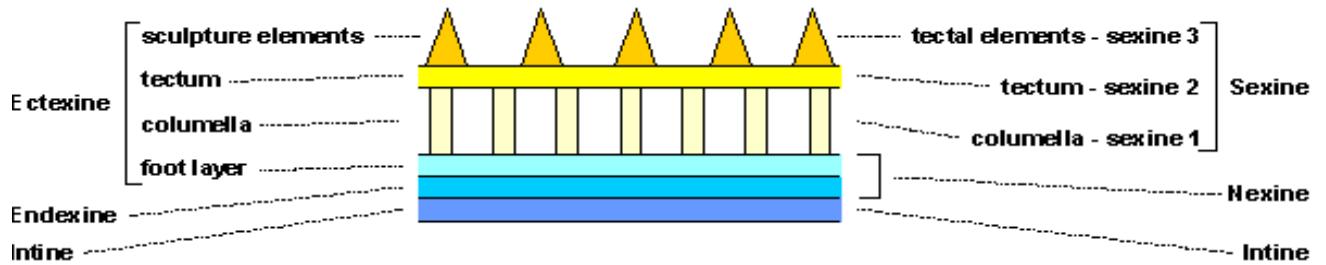


Figure 7 : Les différentes couches du sporoderme
(Erdtman, 1969)



Figure 8 : Différents types de sculptures et ornementations

(Reille, 1990)

IV-L’apiculture

L’apiculture est l’art de cultiver les abeilles dans le but de retirer de cette industrie le maximum de rendement avec le minimum de dépenses (**Warré, 2005 cité in Amirat, 2014**). Les produits apicoles commercialisés sont le miel, la cire, le pollen, la propolis et la gelée royale.

L’apiculture est pratiquée depuis l’antiquité, favorisée par des conditions naturelles potentiellement avantageuses : climat chaud et diversité de ressources végétales.

En Algérie l’activité apicole est intimement dépendante des ressources mellifères dont dispose le pays et qui sont très riches et variées. L’apiculture est pré-dominante dans les régions suivantes :

Zone de littoral: miel d’agrumes et eucalyptus ;

Zone de montagne: Kabylie : miel de toutes fleurs, lavande, carotte sauvage et bruyère ;

Hauts plateaux: miel de sainfoin, romarin et jujubier ;

Maquis et forêts : miel toutes fleurs et miellat.

4-1 Définition de l’abeille :

L’abeille est un insecte social appartenant à l’ordre des hyménoptères (**Plataux et al., 1982 cité in Amiret, 2014**) connus et exploités depuis la plus haute antiquité. L’apiculture était courante dans le Haut-Empire égyptien 2400 ans avant J.-C. En 1814, le génial aveugle François Huber a inventée la ruche à feuillets, C’est à partir de 1851 que Langstroth créa la ruche qui porte son nom (**Caillas.1969**).

Les abeilles les mieux connus et les plus utilisées en apiculture sont dans le genre *Apis*.

Le genre *apis* comporte quatre espèces sociales dont trois originaires d’Asie : *Apis dorsata*, *Apis florea* et *Apis cerana*. L’*Apis mellifera* (Linné) se rencontre en Europe, en Afrique, au proche orient et dans une partie de la Sibérie, sa très grande extension géographique a produit des races Aux caractères morphologiques et comportementaux variés. Amenée par les colons, l’aire de l’*Apis mellifera* est étendue du Nord à l’Amérique du sud, à l’Australie et à la Nouvelles-Zélande. La figure 9 présente la position systématique de l’abeille.

Pour produire 100g de miel, l’abeille butineuse doit visiter un nombre considérable de fleurs : environ un million selon **Ioïrich (1984) cité in Lequet (2010)**. Elle aspire le nectar de chacune d’entre elles à l’aide de sa trompe (figure 10 et 11).

L’appareil sucoir est composé d’un ensemble de pièces buccales dont principalement : des palpes labiaux, des galea des maxillaires et de la langue. L’ensemble est parfaitement étanche,

ce qui permet l'aspiration du liquide sucré par les muscles du pharynx. Le nectar est ainsi envoyé dans l'oesophage puis dans le jabot.

4-2 Classification :

La classification systématique *d'Apis mellifera* est la suivante :

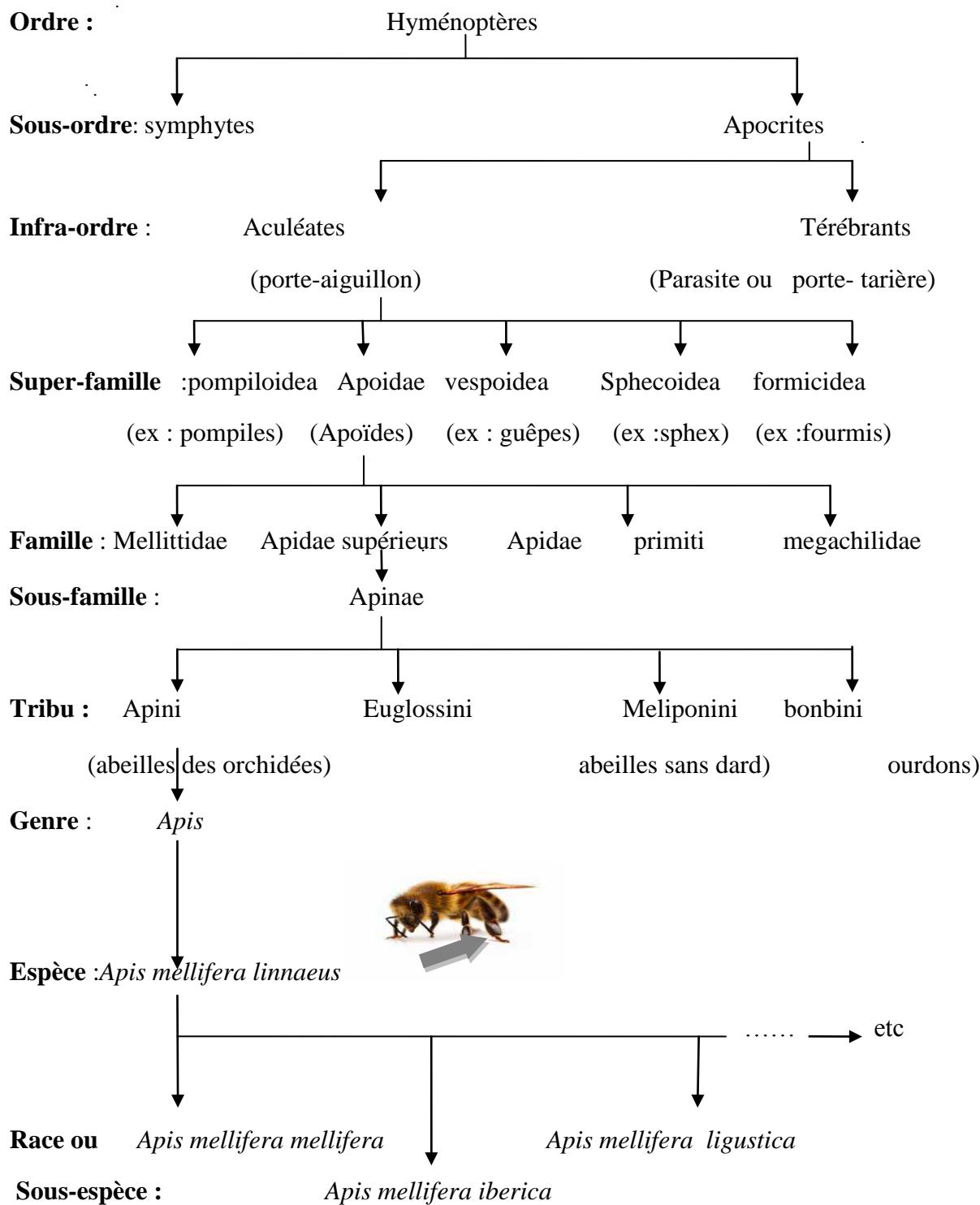


Figure 9 : Classification systématique d'*Apis mellifera* (Clément, 2006)

4-3 Aspect morphologique de l'abeille :

Une colonie d'abeilles se compose pendant la belle saison de quarante mille à soixante mille individus. La très grande majorité est constituée par des ouvrières, et quelques centaines ; au plus quelques milliers de mâles (**Louveaux, 1985**).

Le corps de l'abeille présente 3 parties distinctes : tête, thorax et abdomen (**Medori et al, 1982**).

4-4 Diversité spécifique des Apoïdes dans le Nord-Est algérien.

Une étude réalisée par **Louadi et ses collaborateurs** en **2008** sur La faune des Apoïdes sauvages recensées dans huit localités du Nord-Est algérien a montré une grande diversité de l'Abeille domestique *Apis mellifera* L., ils ont recensé 382 espèces d'Abeilles sauvages appartenant à 55 genres dans cette partie du Nord-Est algérien.

La région de Biskra vient en tête avec 175 espèces et 43 genres suivie par Constantine 167 espèces et 35 genres, et Annaba 115 espèces et 31 genres, Le plus faible rapport est enregistré à El Kala 23 espèces.

Le nombre d'espèces observées se rapproche de celui rencontré en Belgique (**Rasmont et al., 1995 cité in Louadi et al, 2008**).

4-5 Les produits de la ruche :

4-5-1 La gelée royale : La gelée royale est le produit de sécrétion des glandes hypopharyngiennes et mandibulaires des ouvrières âgées de 5 à 14 jours, elle se présente sous la forme d'une matière visqueuse ,blanchâtre , à odeur phénolique et acide (**Khenfer et al.,2001 cité in Amirat, 2014**).

Elle constitue la nourriture de toutes les larves jusqu'au 3ème jour et de la reine durant toute sa vie. Elle se compose de 12% de protides, 12%de glucides, 5%de lipides et 65% d'eau, elle apporte 140 calories aux 100g.

4-5-2 Le pollen : Le pollen est l'aliment fécondant male d'une fleur qui se trouve sur les anthères des étamines

4-5-3 La cire : La cire est le produit de sécrétion des glandes cirières de l'abeille ouvrière, du 13ème au 18ème jours de son existence, c'est une matière grasse qui se solidifie sous forme de fines lamelles presque transparente (**Khenfer et al.,2001 cité in Amirat, 2014**) sert de matériaux de construction des cellules ou alvéoles hexagonales dont sont faits les rayons de la ruche

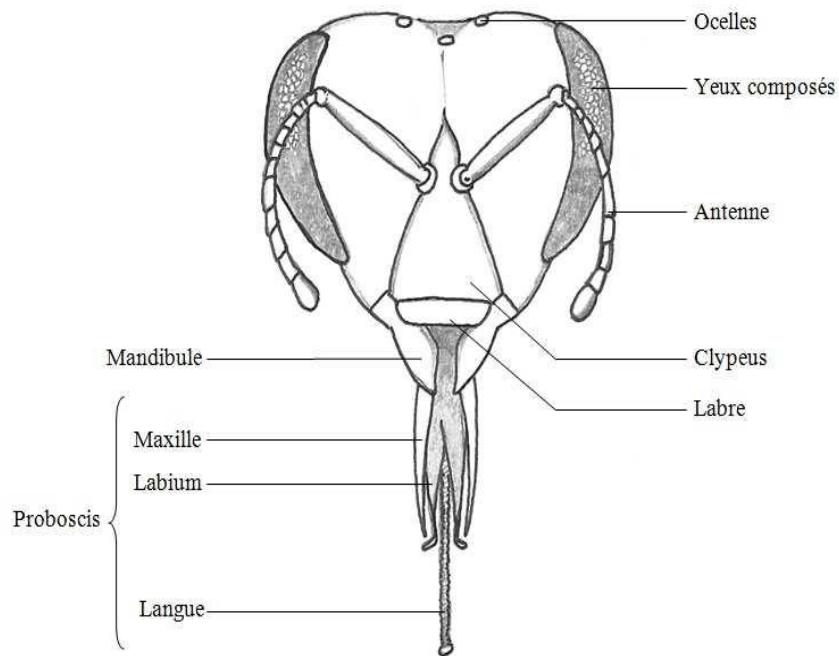


Figure 10 : Schéma de la tête et des pièces buccales d'une abeille ouvrière d'après Maurizio (1968) et Regard *et al.* (1977) cité in Lequet (2010).

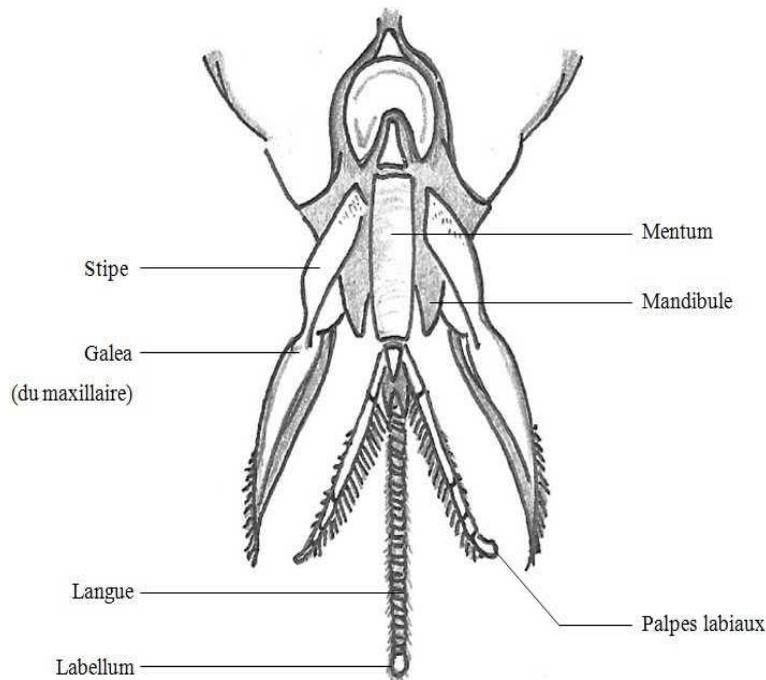


Figure 11: Schéma de la trompe (ou proboscis) d'une abeille ouvrière d'après Maurizio (1968) et Regard *et al.* (1977) cité in Lequet (2010).

4-5-4 La propolis : c'est une substance visqueuse et collante, de couleur variant de jaune clair au noir passant par le vert, et le brun, fabriquée par les abeilles à partir de résines naturelles (**Philippe, 1993**), elle sert à établir derrière l'entrée de la ruche une barrière contre les indésirables (**Larousse, 1971**).

La propolis a une double origine :

- Une origine interne, d'après les chercheurs allemands Kustenmacher et Philippe Weck in **Caillas, 1969**, la propolis serait un résidu résineux provenant de la première phase de la digestion de pollen.

La deuxième origine de la propolis est extérieure, on pensait que les butineuses la recueillaient exclusivement sur les bourgeons des arbres (**Caillas, 1969**).

4-5-5 Le venin : Le venin est sécrété par deux glandes situées dans l'abdomen et est conservé dans un réservoir à venin. Lorsqu'une abeille pique, le venin est pompé dans la victime à l'aide d'aiguillon (**Leven *et al.*, 2005 cité in Amirat, 2014**).

Chapitre 2

Description de la zone

d'étude

1-Région étudiée

Les échantillons de miels étudiés proviennent de six wilayas dans la partie humide du Nord Est Algérien (Annaba, El Tarf, Skikda, Bejaia, Jijel et Guelma).

Au nord de l'Algérie, le relief est souvent accidenté, Les précipitations diminuent du Nord au Sud et d'Est en Ouest (figure 12). Les moyennes pluviométriques annuelles varient de plus de 1 500 mm dans certaines localités du nord (**FAO, 2005**). Cette valeur dépend de la latitude et du relief. L'altitude a un effet sur la pluviosité. Les grandes régions écologiques se distinguent relativement bien (figure 13).

2-Climatologie :

Le climat est un facteur déterminant de premier ordre pour une approche du milieu, c'est un ensemble de phénomènes météorologiques qui sont principalement la température, les précipitations et les vents. Pour la région méditerranéenne, les précipitations et les températures constituent les facteurs limitant pour la végétation, à côté de quelques autres facteurs qui influencent d'une manière ou d'une autre les biocénoses comme la neige, le vent, la grêle, le gel.

Le Nord algérien présente un climat de type méditerranéen, extra tropical tempéré, caractérisé par une longue période de sécheresse estivale (3 à 4 mois sur le littoral, 5 à 6 mois au niveau des hautes plaines), cette caractéristique est due essentiellement à l'influence de trois paramètres conjuguée : la mer, le relief et l'altitude (**Abdelhafid Karim, 2014**).

Le climat méditerranéen est caractérisé par deux points importants :

- un régime pluviométrique, plus ou moins régulier avec un maximum en hiver et un minimum en été ; les précipitations sont inversement proportionnelles aux températures.
- un été sec, avec des pluies qui se font rares pendant 04 à 06 mois en Afrique du Nord (**Belgherbi, 2002 cité in Allout, 2013**). Le climat méditerranéen est aussi caractérisé par une concentration hivernale des précipitations, l'été étant sec (**Daget, 1980 cité in Allout, 2013**).

Une étude réalisée par **Tir (2009)** dans quelques stations météorologiques de l'Est algérien a montré que le climat dans cette région tend à se réchauffer depuis 1983 jusqu'à 2003, surtout dans le littoral. Ce réchauffement est plus accentué dans la décennie (1993-2003); dû en premier lieu au réchauffement climatique, aux différents incendies qui ont touchées presque toutes les forêts et la prolifération des usines (figure 14).

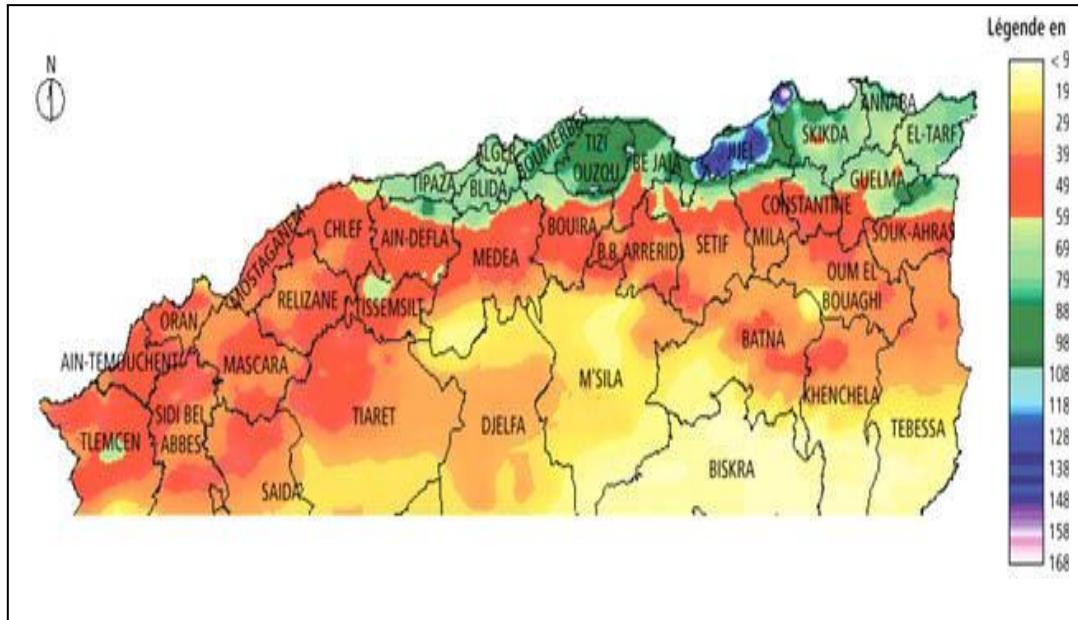


Figure 12: Répartition des précipitations dans le nord de l'Algérie (FAO, 2005)

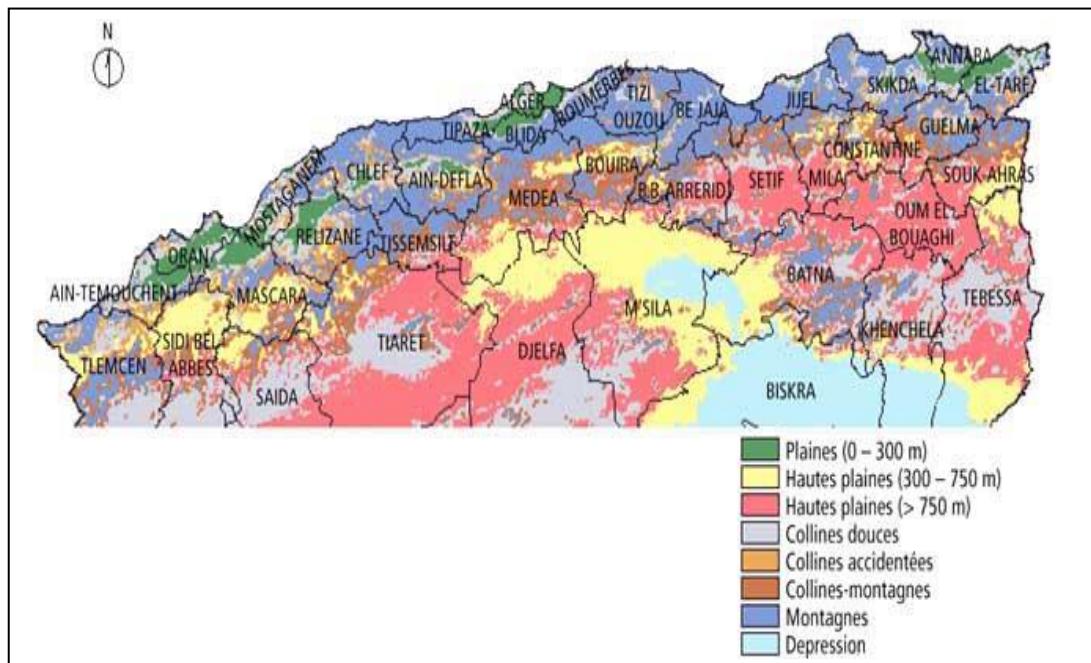


Figure 13 : Classification morphologique du nord de l'Algérie (FAO, 2005)

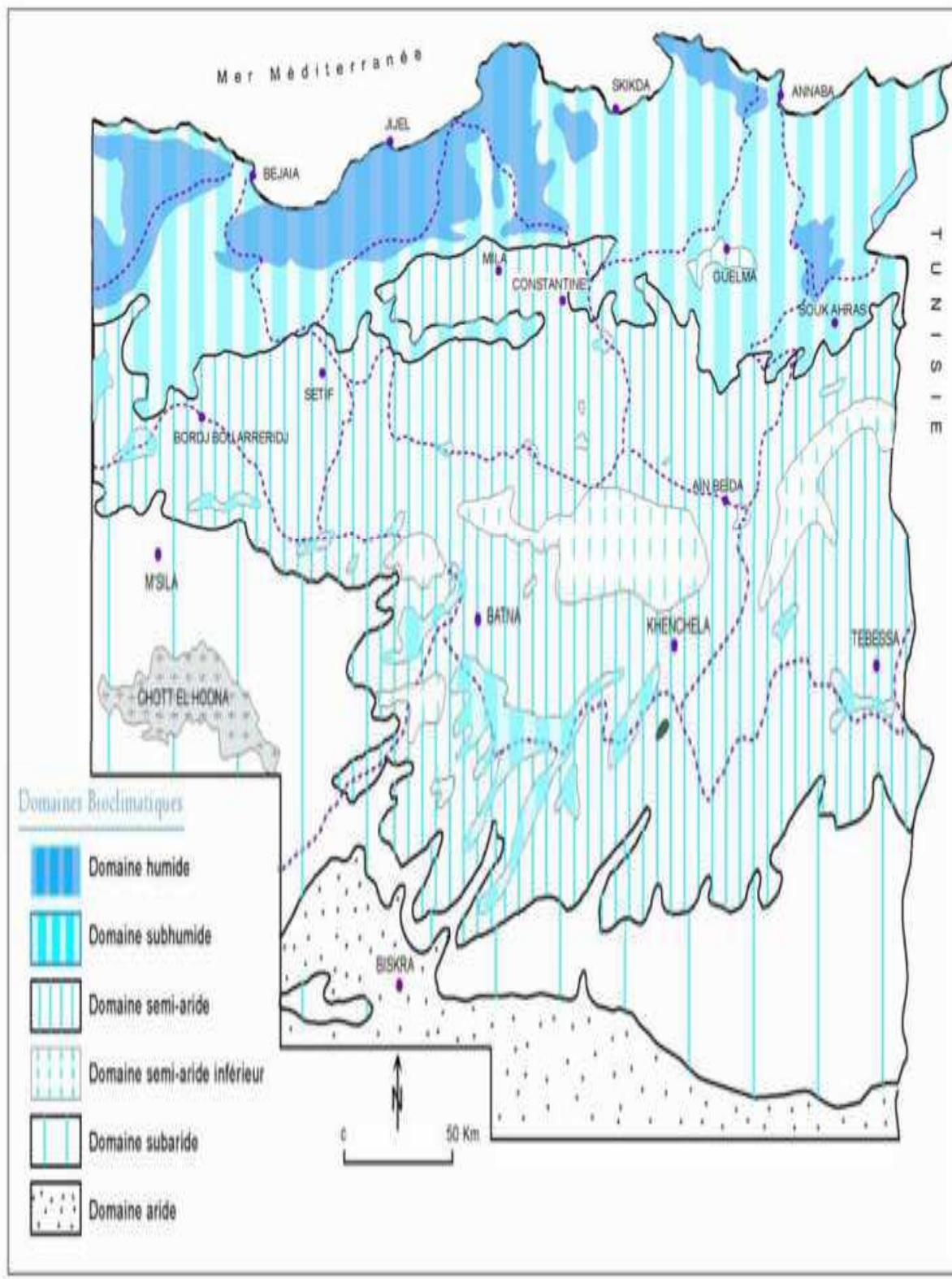


Figure 14 : Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Est algérien

3-Description de la végétation du Nord Est algérien :

Les sols du nord de l'Algérie souffrent depuis plusieurs siècles des pratiques de cultures intensives, du déboisement et du surpâturage. Le biotope naturel des régions du Tell, en particulier le littoral (Skikda, Annaba et El Kala), le sublittoral (El Tarf) et les hautes plaines telliennes de Constantine, offre un paysage anthropique méditerranéen. Celui de Khencela et Tébessa est typique d'une formation herbeuse et arbustive semi-désertique subméditerranéenne. La végétation de ces régions se compose principalement de plantes annuelles dont la longévité est de 3 à 4 mois, parfois quelques semaines seulement (**Beniston, 1984 cité in Louadi et al., 2008**). Les plantes vivaces sont peu nombreuses.

Les plantes spontanées naturelles se trouvent généralement en bordure des champs cultivés ou encore adventices, le long des axes routiers, dans les friches, les terrains vagues. L'urbanisation a réduit peu à peu les espaces naturels. La flore spontanée dominante de la strate herbacée est constituée d'Asteraceae de Brassicaceae (*Sinapis arvensis* L. et *Brassica fruticulosa* Cyr.), de Lamiaceae (*Rosmarinus officinalis* L) et plusieurs espèces du genre *Lamium*) et de Malvaceae (*Malva sp.*). Les chardons se développent principalement en bordure des routes. Les friches contiennent surtout une Boraginaceae (*Borago officinalis* L.) et une Euphorbiaceae (*Euphorbia helioscopia* L.). Les plantes adventices que nous avons pu observer dans les terres cultivées sont un Liseron (*Convolvulus tricolor* L.) et la Moutarde des champs (*Sinapis arvensis*). Les légumineuses du genre *Hedysarum* sont également fréquentes. La flore subs spontanée constitue la forêt.

Celle-ci reste encore vivace dans certaines parties du Tell tels que les Parcs nationaux d'El Kala, de Khencela, de Constantine et de l'Atlas saharien, et forme une forêt sclérophylle méditerranéenne. Les principales essences y sont les pins, les cèdres de l'Atlas et plusieurs espèces de Chênes, dont le Chêne-liège. Les versants inférieurs de Constantine sont dénudés ou recouverts de garrigue (genévrier et arbustes divers). La forêt se compose de Chêne-liège (*Quercus suber* L.) relayé le plus souvent par le Chêne zen (*Quercus faginea* Lamk.) ou par le Chêne afares (*Quercus afares* Pomel). On trouve également le Chêne vert (*Quercus ilex* L.) avec quelques formations de Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.). Cette structure forestière n'est pas stable car le plus souvent la chênaie est dégradée en maquis à Bruyère arborescente (*Erica arborea* L. et *Cystisus triflorus* L'Her.) (**Mebarki, 1984 cité in Louadi et al., 2008**) (figure 15).

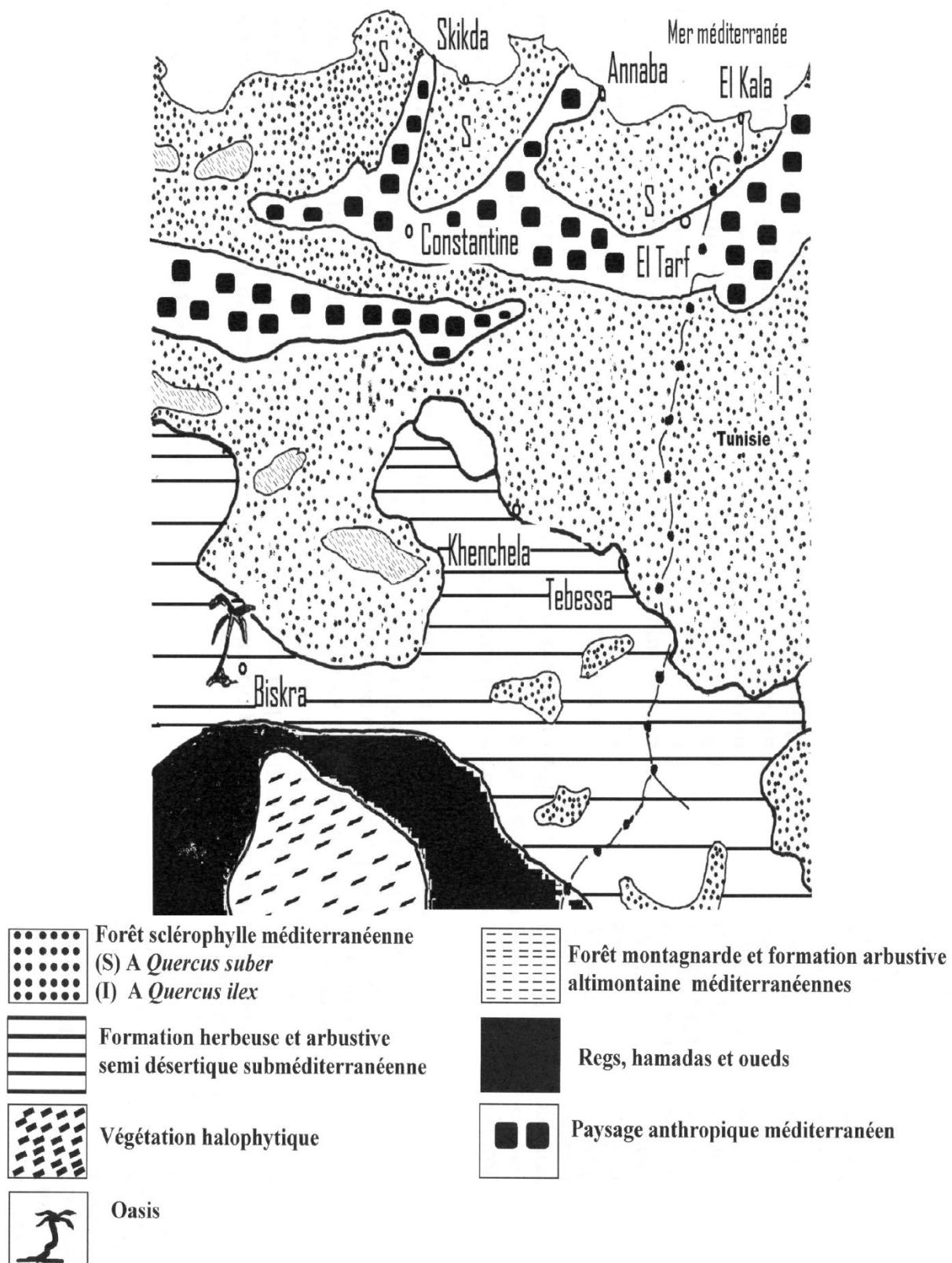


Figure 15 : Carte de la végétation du nord-est de l'Algérie.

4- Le diagramme ombrothermique :

Le diagramme ombrothermique de **Bagnols et Gauusseen (1953)** permette de définir pour chaque station la durée de la période sèche, en mettant en regard précipitations et températures. Les diagrammes réalisés montrent la présence de deux saisons. La première sèche et chaude, La seconde est humide.

Dans la zone littorale, la saison sèche varie entre 5 mois (Jijel) et 6 mois (du mois d'avril à septembre) pour les stations d'Annaba, El-Kala et Bejaia. Pour la station de Skikda, la période s'étend du mi mars à septembre.

5- Le quotient pluviothermique D'emberger (1954) :

Emberger (1954) a proposé un indice appelé quotient pluviothermique (Q) spécifique au climat méditerranéen : $Q = 2000 * P / (M^2 - m^2)$

P : pluviométrie moyenne annuelle (mm).

M : température maximale moyenne annuelle en degrés absolus ($^{\circ}\text{K}$).

m : température minimale moyenne annuelle en degrés absolus ($^{\circ}\text{K}$).

Stewart (1969) cité par **Allout (2013)** a montré que le quotient pluviothermique d'EMBERGER (1954) pouvait être simplifié pour le Maghreb pour s'écrire : $Q_2 = 3,43 * P / (M - m)$.

La région d'Annaba et d'El Tarf ont presque le même climat (climat Sub humide chaud), la zone frontière d'El Tarf est caractérisée par un climat humide doux. La grande partie de la Wilaya de Skikda est caractérisée par un climat Sub humide doux. Les deux wilayas de Bejaia et Jijel ont un climat humide et la wilaya de Guelma est caractérisée par un climat subhumide au Centre et au Nord.

6- Présentation des wilayas étudiées :

6-1 Présentation de la wilaya d'Annaba :

La Wilaya d'Annaba se situe au Nord-est de l'Algérie entre les latitudes $36^{\circ} 30\text{N}$ $37^{\circ} 03\text{N}$ et les longitudes $7^{\circ} 20\text{ E}$ et $8^{\circ} 40\text{ E}$. Elle est limitée par la Mer Méditerranée au Nord, la Wilaya d'El Tarf à l'Est, la Wilaya de Skikda à l'Ouest et la Wilaya de Guelma au Sud. Elle s'étend sur une superficie de 1439Km^2 .

✓ **Végétation :** La forêt de l'Edough occupe la région Nord-Nord Est de la wilaya. C'est une forêt de dominance de chêne liège avec son cortège floristique composé essentiellement par la bruyère, les genêts, l'arbousier, la ronce, l'aubépine et des herbacées. Il existe aussi d'autres groupements de chêne zène, de châtaigner et de pin maritime (**Toubal-Boumaza, 1986 cité in Cheffrour, 2007**).

Le chêne liège (*Quercus suber*) est dominant au niveau des régions de l'Est du littoral algérien, sa dominance s'étend de la région de Jijel jusqu'à la région d'Annaba avec des discontinuités principalement due à la culture maraîchère et aux incendies (**Abdelhafid Karim, 2014**).

✓ **Diagramme ombrothermique :**

La station de Seraidi montre que la saison sèche ne débute qu'au début de mois de juin, la saison humide est relativement plus longue avec un hiver pluvieux, elle commence aux mois de septembre-octobre et s'étale jusqu'au mois d'avril- mai selon les stations (figure 16 et figure 17).

Les littoraux sont dominés par des massifs montagneux l'influence du relief se fait sentir par une augmentation des précipitations et une diminution des températures. Seraidi à 860m, d'altitude et de l'Edough à 1008 m illustre bien ce phénomène. La région d'Annaba est située dans les étages bioclimatiques humides à hivers chauds ou doux (**Belouahem-Abed, 2012**).

6-2 Présentation de la wilaya d'El Tarf :

La Wilaya d'El-Tarf se situe au Nord-Est de l'Algérie. Elle est limitée par la Mer Méditerranée au Nord, la Tunisie à l'Est, Annaba au Nord-Ouest, Guelma au Sud-ouest et Souk-Ahras au Sud-est. Elle s'étend sur une superficie de 3144 Km² et abrite une population de 352.588 Habitants, avec une densité moyenne de 105.6Hab/Km².

✓ **Relief et climat :**

La Wilaya se caractérise par un relief diversifié, une importante couverture forestière et un climat humide pluvieux en hiver et chaud en été (Figure 18), caractérisé par :

❖ Une importante pluviométrie : plus d'une moyenne de 1000 mm /ans.

❖ Une température de 20 à 25°C en été et 10 à 15 en hiver.

✓ **Végétation :**

La moitié de la surface de la Wilaya est occupée par les forêts qui sont constituées principalement par le chêne liège, chêne zene, d'Eucalyptus, le chêne kermes, les oléastres, les frênes et les aulnaies.

Selon **Cheffrour (2007)**, la diversité du couvert végétal de la Wilaya d'El Tarf permet l'installation des ruchers dans toutes les zones avec une réussite garantie

✓ **Diagramme ombrothermique :**

La Wilaya d'El tarf est caractérisée par une période sèche commence de début mai à la fin de septembre.

.

6-3 Présentation de la wilaya de Skikda

Skikda est située au Nord Est de l'Algérie ses principales limites sont :

- Au Nord la mer méditerranée.
- Au Sud la wilaya de Constantine et de Guelma.
- A l'Est la wilaya d'Annaba.
- A l'Ouest la wilaya de Jijel et Mila.

La wilaya de Skikda s'étend sur une superficie de 4138 Km², elle comprend 13 Daïras regroupant en total 38 communes.

✓ **Végétation :**

La wilaya de Skikda est une région à vocation agricole avec 191119 ha affectés à l'agriculture, les forets représentent 194362 ha.

Les principales cultures dans la wilaya de Skikda sont :

Les céréales, les cultures maraîchères (2870 ha), les cultures fourragères, l'Arboriculture et les cultures industrielles (**Ben Rabah, 2006**).

✓ **Diagramme pluviothermique station de Skikda (1994/2004).**

Au niveau de la station de Skikda (Figure 19), la période humide débute au mois de novembre et se termine au mois de février, et la période sèche commence au mois de février et se termine au mois de novembre.

6-4 Présentation de la wilaya de Bejaia :

Elle est située au Nord-est de l'Algérie. Elle s'étale sur une superficie de 3261 Km² et regroupe 52 communes. Ses limites géographiques sont :

- la mer méditerranée au Nord, sur une longueur d'environ 100 Km ;
- la chaîne de montagne des Babors au sud-est et à l'Est;
- la chaîne de montagne des Bibans, que rejoignent les Babors, au sud;
- le massif du Djurdjura à l'Ouest.

Du point de vue administratif, Bejaia est limitée par :

- les wilayas de Bordj-Bouarreridj et Setif au sud ;
- la wilaya de Jijel à l'Est ;
- les wilayas de Tizi-Ouzou et Bouira à l'Ouest (**Benallaoua, 2008**).

✓ **Climat et végétation :** La végétation de Bejaia est typiquement méditerranéenne. On distingue la végétation de l'Atlas Tellien avec un climat subhumide et humide, où on trouve les plus belles forêts de chênes liège et chênes zene.

✓ **Diagramme ombrothermique :**

La station de Bejaia se caractérise par une période sèche s'étend du mois de Juin à Septembre avec une température moyenne de 21,8 °C à 25,5 °C et une précipitation de 75,5 mm, la période humide débute le mois de Septembre à Mai avec une température moyenne de 11,3 °C à 19,8 °C et une précipitation de 680,0 mm (Figure 20),

6-5 Présentation de la wilaya de Jijel :

La région de Jijel fait partie du Sahel littoral de l'Algérie ; elle est située au Nord-Est entre les latitudes 36° 10 et 36° 50 Nord et les longitudes 5° 25 et 6° 30 Est. Le territoire de la wilaya dont la superficie s'élève à 2396 km² est bordé:

- Au Nord par la méditerranée;
- Au Sud par la wilaya de Mila;
- Au Sud-Est par la wilaya de Constantine;
- Au Sud-Ouest par la wilaya de Sétif,

La wilaya de Skikda délimite la partie Est, tandis que celle de Bejaia borde la partie Ouest Administrativement la wilaya compte 28 communes organisées en (11) onze Daïra (**Anonyme, 1997 cité in Boudjedjou, 2010**).

✓ **Relief**

Faisant partie du grand ensemble du tell oriental Algérien; la Wilaya de Jijel présente un relief montagneux très complexé dans sa structure et dans sa morphologie. Elle se distingue par un grand massif montagneux, par un ensemble collinaire et par des étendues de plaines côtières et de vallées.

✓ **Variations mensuelles et annuelles des précipitations**

Les précipitations dans la région de Jijel apparaissent d'une façon intense pendant la période hivernale, qui s'étale de Décembre Février, où les stations de Jijel, Taher et Texenna reçoivent une quantité non négligeable de pluies variant entre 541mm et 1407.9 mm annuellement. Les volumes d'eau reçue s'observent essentiellement en hiver pour pratiquement les trois stations, au mois de décembre et Novembre, alors que pour juillet et août, elles enregistrent une forte diminution.

✓ **Végétation :**

❖ **La végétation naturelle :**

Selon les services des forêts de la région de Jijel, la superficie forestière est estimée à 115000 ha, elle représente 47,98 % de la superficie totale de la wilaya. Les forêts productives y occupent 57000 ha. La forêt de Jijel est une forêt de chêne liège (4720 ha), de chêne zène et

afares (7750 ha), de chêne vert (342 ha) et de pin maritime (1140 ha). La superficie maquis et broussailles est estimée quand à elle à 58000 ha.

La végétation naturelle qui correspond aux forêts + maquis + broussailles totalise donc 173000 ha soit 72,18% du territoire de la wilaya. Cette formation est présente pratiquement sur toutes les communes avec un taux de couverture variable.

❖ **Le domaine agricole :** Jijel fait partie de la zone du Sahel et des zones littorales qui, grâce à des conditions climatiques très favorables, sont occupées par les cultures maraîchères.

✓ **Diagramme ombrothermique :**

Pour la station de Jijel la période sèche s'étend du mois de Juin à Août avec une température moyenne de 22,3 C° à 25,9 C° et une précipitation de 29,4 mm, la période humide débute le mois de Septembre à Mai avec une température moyenne de 12,5 C° à 24,0 C° et une précipitation de 848,9 mm (Figure 21).

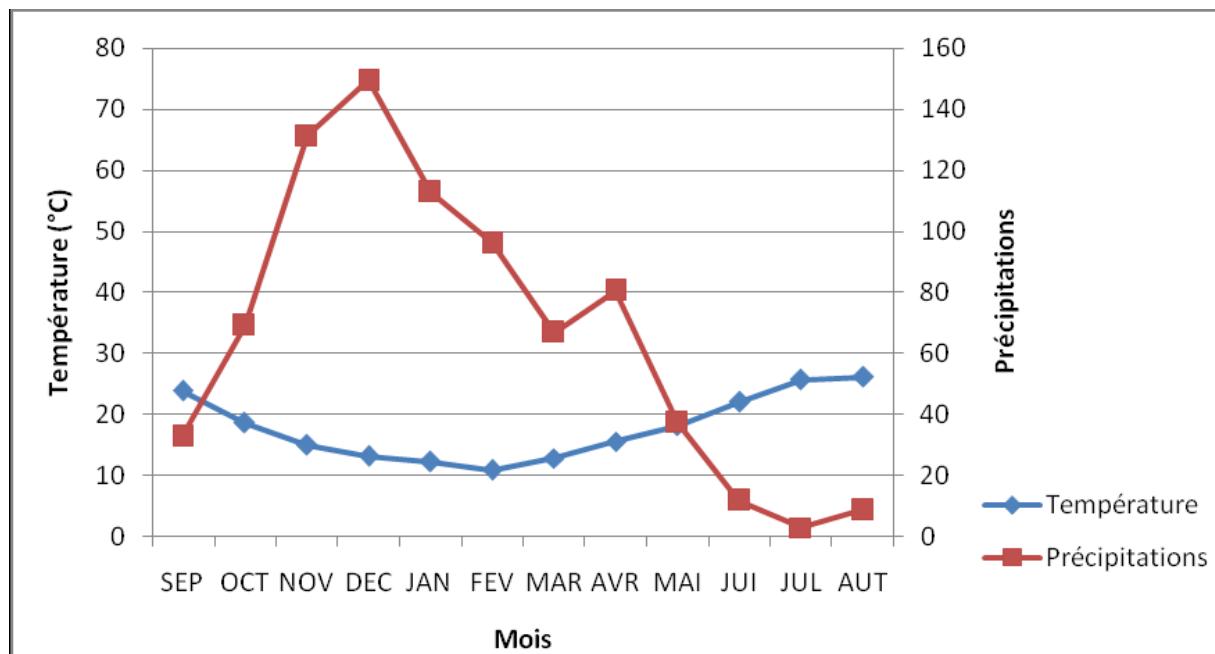


Figure 16: Diagramme ombrothémique station des salines (1980-2010)

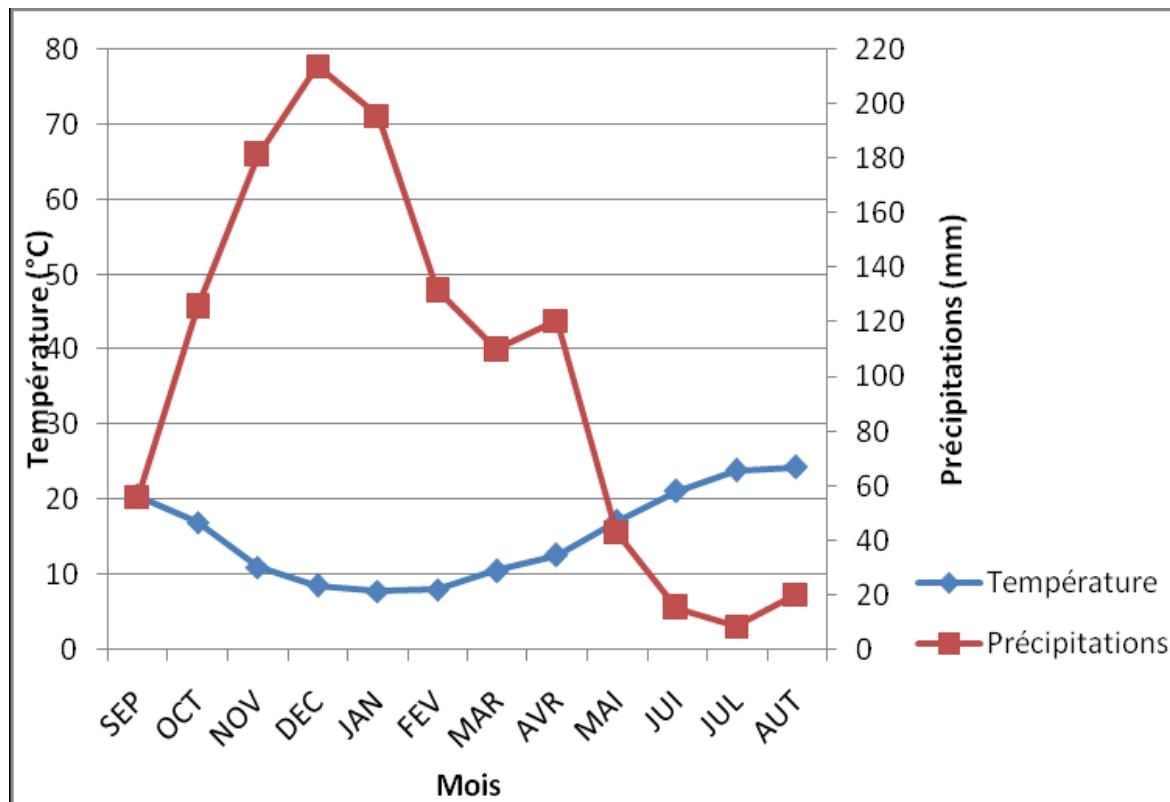


Figure 17 : Diagramme ombrothémique–station de séraidi (1980-2010)

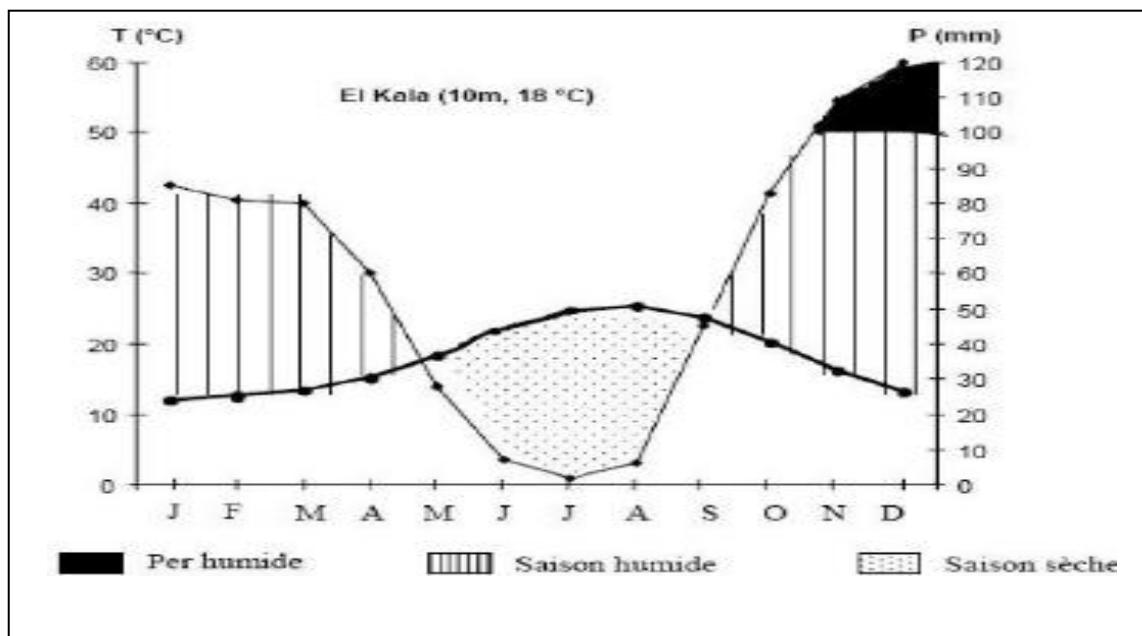


Figure 18 : Diagramme pluviothermique station d'El kala

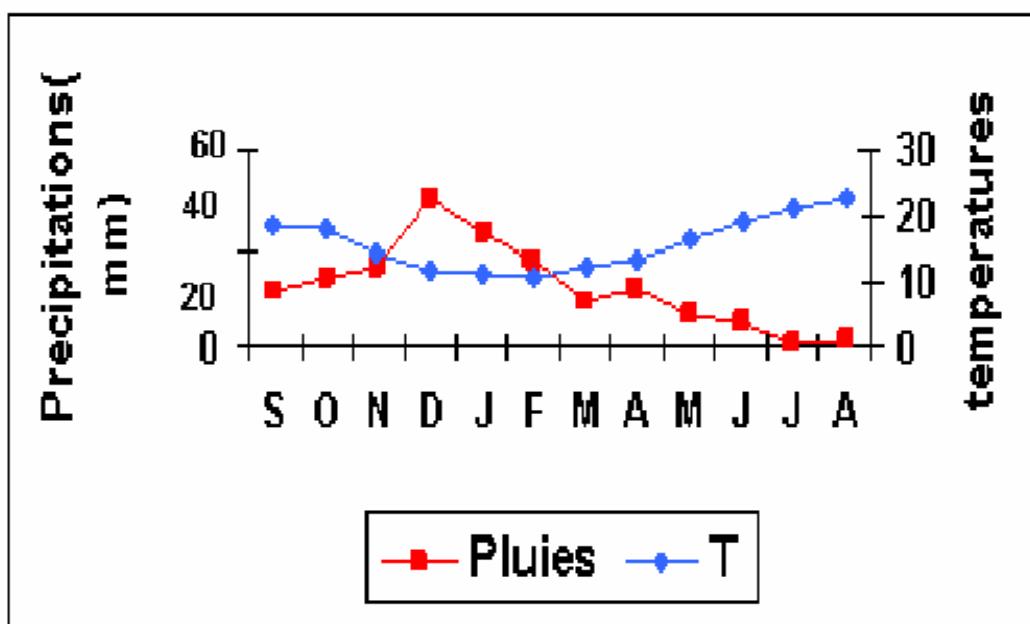


Figure 19 : Diagramme pluviothermique station skikda (1994-2004)

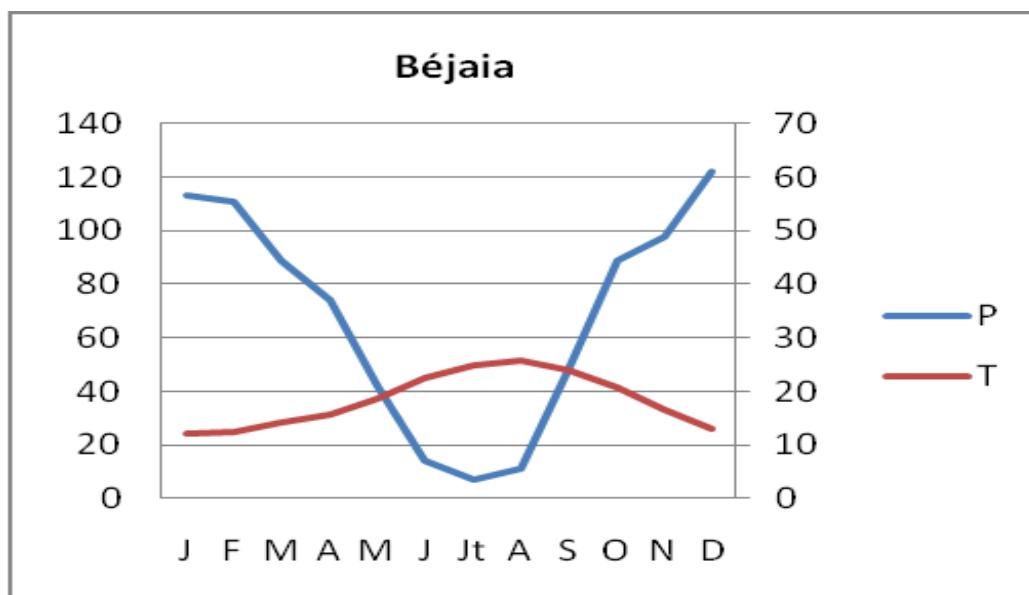


Figure 20 : Diagramme pluviothermique station de Bejaia (1980-2010)

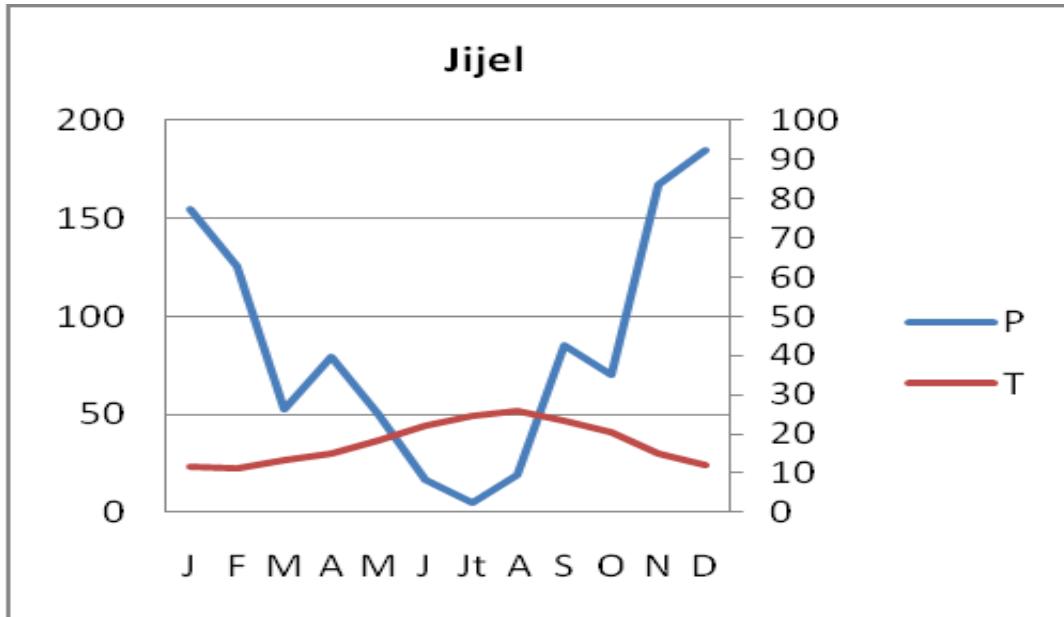


Figure 21: Diagramme pluviothermique station de Jijel (1980-2010)

6-6 Présentation de la wilaya de Guelma :

✓ **Situation géographique :** selon la Direction du Commerce de la Wilaya de Guelma [1], la Wilaya de Guelma se situe au Nord-est du pays et constitue, du point de vue géographique, un point de rencontre, voire un carrefour entre les pôles industriels du Nord (Annaba et Skikda) et les centres d'échanges au Sud (Oum El Bouaghi et Tébessa). Elle occupe une position médiane entre le Nord du pays, les Hauts plateaux et le Sud. La wilaya de Guelma s'étend sur une superficie de 3.686,84 Km².

La wilaya de Guelma est limitrophe aux Wilayas de:

Annaba, au Nord,

El Taref, au Nord-est,

Souk Ahras, à l'Est,

Oum El-Bouaghi, au Sud,

Constantine, à l'Ouest,

Skikda, au Nord-ouest,

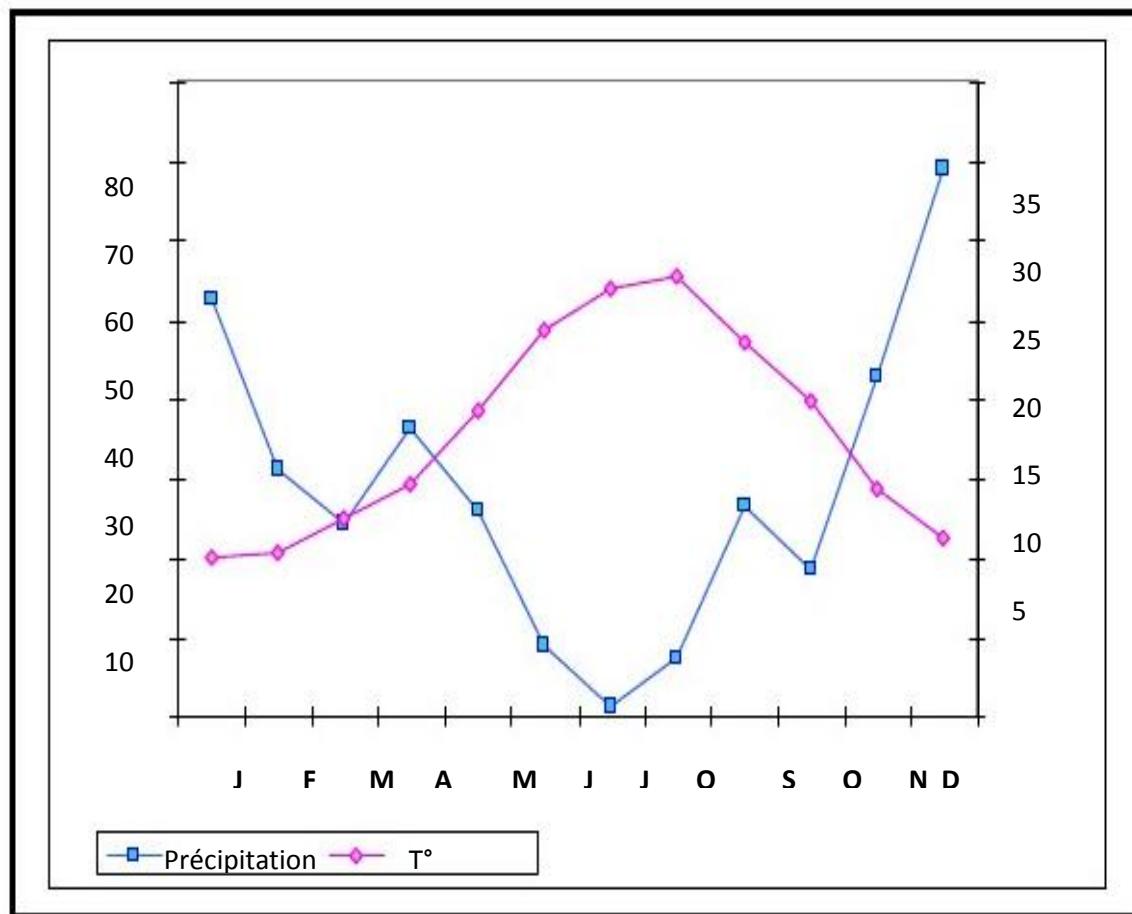


Figure 22 : Le diagramme ombrothermique de la station de Guelma

✓ **Végétation :**

La région de Guelma est une région de polyculture à prédominance céréalière où l'enregistre des rendements de plus de 55 Qx / H en blé tendre de 45 à 50 Qx /H en blé dur, l'Arboriculture occupe une superficie de 7% dans la commune de Guelma (**Direction des Services Agricoles de la Wilaya de Guelma, 2017**).

- ✓ Au nord Est de la wilaya, il y'a plusieurs vergers arboricoles (agrumes, pommacées, amandiers). Dans les montagnes on trouve les forêts de chêne liège, chêne zene, Eucalyptus, pin d'Alep et cyprès.

Chapitre 3

Matériels et méthodes

1- Présentation des miels étudiés

Nous avons étudié 33 échantillons de miels fabriqués par *Apis mellifera*, provenant de quelques régions humides de Nord Est algérien. Tous les échantillons ont été conservés dans des flacons en plastique à 4°C jusqu'au l'analyses au laboratoire.

Les régions d'études sont indiquées dans le tableau 6 et la figure 23.

Tableau 6: Origine géographique des échantillons de miels étudiés

Wilaya	code	Région	Date de récolte
Annaba	M1	Seraidi	Juillet 2010
	M2	Berrahal	Juillet 2011
	M3	Sidi ammar	Juillet 2010
	M4	Ain elberda	Juillet 2010
EL Tarf	M5	Hammam bni saleh	Juillet 2010
	M6	Ain khiar	Juillet 2010
	M7	Asfour	Juillet 2010
	M8	Asfour	Juillet 2010
	M9	Ain el karma	Juillet 2010
	M10	Ben mhidi	Juillet 2010
	M11	Boutheldja	Juillet 2010
	M12	Bougous	Juillet 2010
	M13	El Tarf	Juillet 2010
	M14	Echatt	Juillet 2010
	M15	El Tarf	Juillet 2010
	M16	El-Zitouna	Juillet 2010
	M17	Ain khiar	Juillet 2010
Skikda	M18	Jbel ben welben	Juillet 2010
	M19	Skikda	Juillet 2010
	M20	Tabet saleh	Juillet 2010
	M21	El hadaik	Juillet 2011
	M22	El kol	Juillet 2010
	M23	Azzaba	Juillet 2010
Bejaia	M24	Kheratta	Juillet 2010
	M25	Borj mira	Juillet 2010
	M26	Bejaia	Juillet 2010
Jijel	M27	Tahir	Juillet 2010
	M28	Jijel	Juillet 2010
Guelma	M29	Heliopolis	Juillet 2010
	M30	Heliopolis	Juillet 2011
	M31	Hammam Dbegh	Juillet 2010
	M32	Bouhamdane	Juillet 2011
	M33	Boumahra Ahmed	Juillet 2011

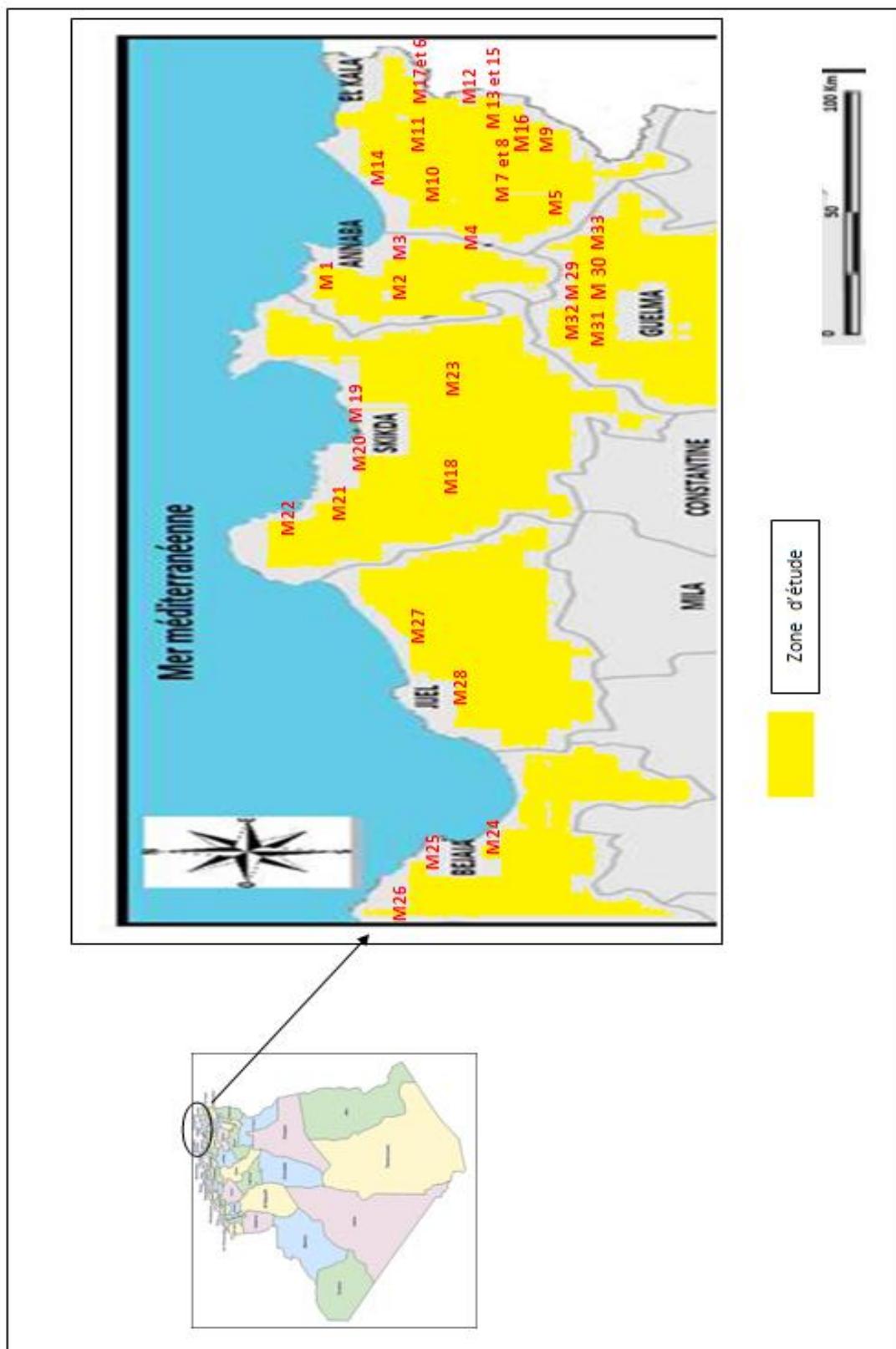


Figure 23 : Localisation de la zone d'étude

2- Méthodes d'analyses

2-1 Méthodes de l'analyse pollinique de miel :

Nous Avons appliqué la méthode de **Layka, 1989** qui se résume comme suit :

*Mettre une quantité de miel dans un tube à essai.

*Mettre au bain marie à une température de 40°C pendant 10 minutes.

*Prendre 5mg de ce miel et l'étaler entre lame et lamelle.

*Pour évitez toute contamination ou altération, la préparation sera luttée avec de la paraffine.

Puis on commence les observations microscopiques, à l'aide d'un microscope optique à un grossissement d'environ 400 fois, en suivant deux types d'analyses : quantitatives et qualitatives.

Nous avons fait trois répétitions pour chaque échantillon.

2-1-1 Méthodes d'analyse pollinique qualitative :

C'est l'identification et le dénombrement des pollens présents dans le miel, l'identification se fait avec l'aide des données tirées des publications spécialisées tels que l'atlas pollinique (**Reille, 1992**) et au moyen de préparations de comparaison (**Louveaux et al., 1970**).

La détermination des classes de fréquences se repose sur le traitement de 200 à 300 grains de pollen :

- Pour les spectres polliniques pauvres en espèces 200 grains de pollen suffisent.
- Pour ceux qui sont riches en espèces , il est nécessaire de traiter 300 grains.

Dans l'estimation des fréquences du différent pollen on utilise les termes suivants :

- Très fréquent, pour les formes qui représentent plus de 45%.
- Fréquent, pour les grains de pollen qui ont une fréquence comprise entre 16-45%.
- Isolé, pour les grains de pollen qui ont une fréquence comprise entre 3-15%.
- Rare, pour les grains de pollen qui ont une fréquence inférieur à 3%.

2-1-2 Méthodes de l'analyse pollinique quantitative :

C'est la détermination de quantité de sédiment dans le miel, il donne des informations :

- Sur le mode de récolte de miel (pressage, centrifugation, filtration,...etc.).
- Des indications sur d'éventuelles falsifications ou sur la présence en quantité importantes des particules étrangères (salissures, levures,...etc.).

D'après les expériences effectuées, les miels de fleur ou miels de fleurs mélangés de miellat appartiennent à 5 classes (**Maurizio, 1939**) :

- Classe I : le nombre de grains de pollen au-dessous de 20.000 par 10g de miel.
- Classe II : le nombre de grains de pollen compris entre 20.000 et 100.000 par 10g de miel.
- Classe III : le nombre de grains de pollen compris entre 100.000 et 500.000 par 10g de miel.
- Classe IV : le nombre de grains de pollen compris entre 500.000 et 1000.000 par 10g de miel.
- Classe V : le nombre de grains de pollen plus de 1000.000 par 10g de miel.

❖ Méthodes de préparation des lames de références :La méthode de Wodehouse :

C'est une méthode simple, rapide et ne requiert aucun matériel particulier :

- Saupoudrer de pollen une lame porte objet ou écraser et dilacérer sur celle-ci une anthère mûre.
- Déposer sur ce matériel, une goutte d'alcool et laisser évaporer.
- Répéter l'opération 4 ou 5 fois de suite.
- Essuyer délicatement avec un coton imbibé d'alcool.
- Ajouter aux résidus une goutte de glycérine pure et couvrir d'une lamelle.

2-2 Méthodes d'analyses physico-chimiques :

Ces analyses ont été effectuées au laboratoire de physiologie végétale au département de Biologie à l'Université d'Annaba et au laboratoire de botanique à l'Université de Guelma.

2-2-1 Détermination de la teneur en eau : La teneur en eau est déterminée selon la méthode réfractométrique (AOAC, 1995), par la détermination de l'indice de réfraction. Si le miel est granuleux, placer le récipient fermé sur un bain-marie, et chauffer pendant trente minutes à 60°C. Il est indispensable d'agiter le récipient de temps à autre. Mélanger soigneusement et laisser refroidir rapidement dès que l'échantillon se liquéfie.

Déterminer l'indice de réfraction de la prise d'essai avec un réfractomètre à température constante voisine de 20°C. Convertir les résultats obtenus en pourcentage d'eau conformément aux indications du tableau de Chataway (Annexe 1). Si la détermination est faite à une température différente de 20°C, corriger les résultats grâce aux coefficients de correction de température.

Indice de réfraction :

T°>20°C : ajouter 0.00023 par °C.

T°<20°C : soustraire 0.00023 par °C.

2-2-2 Détermination de la conductivité électrique :

La conductivité indique la concentration des sels ionisés solubles présents. Elle est déterminée par la méthode de AOAC, 1990 comme suit: Dissoudre 10g de miel et compléter à 200 ml avec l'eau distillée. Mesurer la conductivité de la solution à 20°C, il convient d'appliquer à cette T° un coefficient de correction pour l'eau de K=0.9. La température officielle devrait être de 20 °C, toutefois les corrections les corrections ci-après devraient être apportées aux températures qui diffèrent de 20 °C :

- pour les températures supérieures à 20 °C, soustraire 2% par °C
- pour les températures inférieures à 20 °C, ajouter 2% par °C

2-2-3 Détermination de la teneur en matières minérales (cendres) :

Peser avec précision (5-10 g) de miel dans une capsule de platine, placer le tout dans un moufle et chauffer jusqu'à ce que l'échantillon devient noir et sec. Calciner ensuite l'échantillon à 600°C jusqu'à poids constant. Laisser refroidir l'échantillon, puis peser (AOAC, 1990).

2-2-4 Détermination de pH :

Le pH est déterminé par la méthode d'AOAC, 1990.

Peser dans un petit bêcher 10g du miel le dissoudre dans 75ml d'eau distillée.

Rincer l'électrode à l'eau distillée puis la sécher.

Placer la solution de miel à analysé sous agitation magnétique.

Plonger l'électrode propre et sèche dans la solution à analyser.

Attendre la stabilisation de la valeur du pH.

2-2-5 Détermination de l'acidité libre, l'acidité lactonique, l'acidité totale :

L'acidité libre, l'acidité lactonique, l'acidité totale sont déterminées par la méthode d'AOAC, 1990. Nous avons adopté le mode opératoire suivant :

Dissoudre 10g de miel dans 75 ml d'eau distillée dans un bêcher.

Agiter à l'aide d'un agitateur magnétique

Les électrodes du pH mètre sont immergés dans la solution de miel. Après la lecture du pH, la solution est titrée avec la solution de soude à 0,1M jusqu'à pH=8,30.

Après la titration de l'échantillon avec NaOH jusqu'à pH=8,3. Enregistrer le volume de NaOH utilisé.

Calculer l'acidité libre en milléquivalents.

➤ Mode de calcul

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

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

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

2-2-6 Détermination des sucres réducteurs totaux: Les sucres réducteurs totaux sont déterminés par la méthode de Bertrand (**Luff Schoorl et Bertrand, 1977**). Le dosage repose sur la propriété qu'ont des sucres de réduire la liqueur cupro-alcaline. L'oxyde cuivreux formé est dosé par manganimétrie. Une table donne la correspondance entre la masse de cuivre et la masse des sucres. La réaction doit se dérouler à chaud pendant 3min à partir de l'ébullition

2-2-7 Détermination des protéines : les protéines ont été déterminées par la méthode de **Bradford (1976)**, un volume de 0,1ml de la solution de miel était additionné à 5ml de Bleu Brillant de Coomassie (BBC), la quantité de protéines a été estimée à 595 nm par rapport à la courbe d'étalonnage réalisée dans les même conditions opératoires avec une solution d'Albumine de Sérum de Bœuf (BSA).

2-2-8 Détermination de l'Hydroxy Méthyl Furfural : L'HMF est mesurée par la méthode spèctrophotométrique (**AOAC, 1990**), Avec l'utilisation de spectrophotomètre (Jenway 6305).

Dissoudre 0.01 gr de miel dans 4 à 5 ml d'eau distillée ; transvaser la solution obtenue dans une fiole jaugée de 10 ml. Compléter la fiole jusqu'au trait de jauge avec de l'eau (Tableau 7).

Tableau 7 : Préparation de la solution aqueuse de miel

	Témoin	Expérience
Solution de miel	2.00 ml	2.00 ml
Paratoluidine	5.00 ml	5.00 ml
Acide Barbiturique	0.00 ml	1.00 ml
Eau distillée	1.00 ml	0.00 ml

Agiter les deux tubes à plusieurs reprise, faire le zéro de l'appareil sur le témoin, suivre l'extinction à 550 nm et noter le maximum (DO) qui généralement s'obtient entre 2et 4 minutes. La préparation du tube à essai ne doit pas dépasser deux minutes.

2-2-9 Détermination de la densité : La densité est déterminée par la méthode de **Bogdanov et al (1995)**, par division de poids de la bouteille de densité (10 ml) remplie de miel au poids de la même bouteille remplie d'eau distillée.

2-2-2-10- Détermination de la teneur en polyphénols : Les teneurs en composés phénoliques totaux ont été évaluées suivant la méthode colorimétrique de Folin-Ciocalteu (**Ibrahim khalil et al., 2012**). L'absorbance a été mesurée au spectrophotomètre (JENWAY 6305) à 765 nm. L'acide gallique a été utilisé comme référence et la teneur en polyphénols totaux dans l'extrait a été exprimée en mg équivalent d'acide gallique par g de matière.

3- Analyses statistiques

L'étude statistique est réalisée par XLstat 2016 en étudiant la matrice de corrélation (analyse bivariée), l'analyse multivariée des données de type Analyse en Composantes Principales (ACP), avec un cercle de corrélation et le dendrogramme de Ward afin de déterminer les paramètres qui se rapprochent les uns des autres.

L'analyse en composantes principales (ACP) est une méthode exploratoire et descriptive (**Dagnelie, 1986; Palm, 1998**). Elle est utilisée pour interpréter une matrice de données sans structure particulière ne comportant, à priori, aucune distinction, ni entre les variables, ni entre les individus.

Elle a pour but de remplacer les p variables initiales fortement corrélées entre elles en p variables appelées composantes principales ou axes principaux synthétiques non corrélés entre eux, et de variance progressivement décroissante. Les premières composantes pouvant éventuellement faire l'objet d'une interprétation particulière et les dernières pouvant généralement être négligées (**Dagnelie, 1986**).

L'analyse hiérarchique ou classification hiérarchique est une méthode qui permet de déterminer le niveau de similitude ou de divergence entre les individus ou variétés et donne une répartition des individus ou variétés en groupes ou classes homogènes.

Chapitre 4

Résultats et discussion

1- Résultats des analyses polliniques :

1-1 Analyse pollinique qualitative

L'analyse qualitative d'un miel comporte deux étapes, la première est l'identification des grains de pollen observés, la seconde sera leur dénombrement.

L'identification ne peut se faire que par comparaison de la morphologie et des dimensions des grains de pollen observés dans nos échantillons avec celles des grains connus qui constituent des références : les différentes études palynologiques et l'atlas pollinique (**Reille, 1992**).

1-1-1 Classification de pollens par catégorie de fréquence :

Les résultats obtenus d'après la classification de **Zander**, sont présentés dans le tableau 8.

D'après les résultats, on peut constater :

- **Les pollens dominants :**

Dix échantillons analysés présentent un pollen dominant qui sont :

- L'échantillon M2 est dominé par l'*Eucalyptus sp.*
- L'échantillon M11 est dominé par l'*Eucalyptus sp.*
- L'échantillon M12 est dominé par l'*Eucalyptus sp.*
- L'échantillon M13 est dominé par l'*Hedysarum sp.*
- L'échantillon M18 est dominé par l'*Hedysarum sp.*
- L'échantillon M19 est aussi dominé par l'*Erica sp.*
- L'échantillon M21 est aussi dominé par l'*Erica sp.*
- L'échantillon M25 est dominé par l'*Hedysarum coroniarum*.
- La dominance de l'*Echium vulgare* dans l'échantillon M27.
- La dominance de l'*Hedysarum coroniarum* dans l'échantillon M30.

- ❖ **Les miels d'*Erica sp.* :**

La famille des Ericaceés est une source mellifère importante dans les régions méditerranéennes, *Erica arborea* est la plus importante espèce dans cette région (**Lavie, 1979 cité par Terrab et al., 2003a**).

Ouchemoukh et ses collaborateurs en 2007, ont signalé la dominance d'*Erica arborea* dans un échantillon de miel provenant de la région Oued-Des à Bejaia.

Tableau 8: Classification de pollens par catégorie de fréquence

Echantillons	Pollens dominants (Fr>45%)	Pollens d'accompagnement (16<Fr<45)	Pollens isolés (3<Fr<16))	Pollens rares (Fr<3%)
M1		<i>Erica Arborea, Papaver rhoes,</i>	<i>Daucus carota, non identifié, Fabaceae, Sinapis arvensis, Olea europea, urtica sp, Eucalyptus sp., malus sp.</i>	
M2	<i>Eucalyptus sp.</i>	<i>Echium vulgare, Melilotus sp., Pimpinella sp, Lavatura sp.</i>	<i>Convolcolus sp, Scrofularia sp ,Sinapis arvensis, Thymus sp.</i>	Pollen non identifié
M3		<i>Eucalyptysp sp.</i>	<i>Echium vulgare, Olea europea, Hedsarum coroniarum, Papaver rhoes, Pollen non identifié, Prunus sp</i>	<i>Daucus carota, Solanaceae, Oxalis sp, Asteraceae, Centaurea sp, Acacia cyanophylla, Ranunculus sp, Erica sp., Malva sylvestris, Borago officinalis</i>
M4		<i>Borrago officinalis, Erica sp, Lavandula stoechas, Malus sp.</i>	<i>Raphanus raphanistrum, Sinapis arvensis, Oxalis sp</i>	<i>Eucalyptus sp, Trifolium sp, Liliaceae</i>
M5		<i>Hedsarum coroniarum, Eucalyptus sp.</i>	<i>Echium vulgare, Fabacea, Salix sp., Rosaceae,</i>	<i>Papaver rhoes, poaceae, Raphanus raphanistrum, Daucus carota, Sinapis arvensis, Cucurbuta sp, Olea europea</i>
M6		<i>Daucus carota, Asteraceae, Echium vulgare Acacia sp.</i>	<i>Quercus sp, Mentha sp.</i>	<i>Campanulaceae, Convolvolus sp, Erica arboorea</i>
M7		<i>Hedsarum coronarium,</i>	<i>Pimpinella sp, Artemisia sp.</i>	<i>Echinops spinosus, pollen non identifié</i>

		<i>Rosmarinus officinalis,</i>		
M8			<i>Hedysarum coronarium, Erica sp,</i> <i>Echium vulgare, Eucalyptus sp,</i> Poaceae, Asteraceae, <i>Sinapis arvensis</i>	<i>Arbutus unedo, Thymus vulgaris.</i>
M9		<i>Hedysarum coroniarum,</i> <i>Sinapis arvensis,</i>	<i>Papaver rhoeas, Malva sylvestris, Centaurea sp.</i>	<i>Brassica napus, Trifolium sp,</i>
M10		<i>Fabaceae, Eucalyptus sp,</i> <i>Cistus sp.</i>	<i>Apiaceae, Rosaceae, Sinapis arvensis, Brassica napus.</i>	<i>Urtica sp, Pollen non identifié</i>
M11	<i>Eucalyptus sp</i>	<i>Hedysarum coroniarum</i>	<i>Malus sp, Fabaceae, Myrtus sp,</i> <i>Adonis sp</i>	
M12	<i>Eucalyptus sp.</i>	<i>Plantago sp., Arbutus unedo</i>	<i>Erica sp, Hedysarum coroniarum,</i> Non identifié.	
M13	<i>Hedysarum coronarium,</i>	,	<i>Eucalyptus sp, Echium vulgare,</i> <i>Cichorium intibus, Papaver rhoeas,</i>	<i>Malus sp, Erica sp, Taraxacum sp,</i> <i>Papaver rhoeas, Daucus carota,</i> <i>Helianthus annuus, Sinapis arvensis,</i> <i>Prunus sp, Primula sp, Galactite tomentosa,</i> <i>Rosmarinus officinalis,</i> <i>Rhamnus sp, Poaceae, Cucurbita sp,</i> <i>Cistus sp</i>
M14		<i>Echium vulgare</i>	<i>Eucalyptus sp., Borago officinalis, Poaceae, Convolvulus sp, Hedysarum coroniarum,</i>	<i>Linaria sp, Raphanus raphanistrum,</i> <i>Papave rhoeas, Chenopodiaceae,</i> Fabaceae, <i>Urtica sp., Malus sp.,</i>

			<i>Primula sp, Daucus carota, Sinapis arvensis,</i>	<i>Ranunculus sp, Plantago sp, Thymus vulgaris</i>
M15		<i>Hedysarum coronarium</i>	<i>Erica sp, Sinapis arvensis, Daucus carota, Echium vulgare</i>	<i>Thypha latifolia</i>
M16		<i>Eucalyptus sp.</i>	<i>Asteraceae, Borago officinali, Euphorbe sp, Fagaceae.</i>	Daucus carota, Betulaceae, <i>Cucurbita</i> sp, Iridaceae, Moraceae, <i>Oxalis sp, Papaver rhoeas, Passifloraceae, Plantago sp, Poaceae, Rosaceae, Scrophulariaceae, Solanaceae, non identifies</i>
M17		<i>Eucalyptus sp.</i>	<i>Quercus sp, Fabaceae, Daucus carota, Asteraceae, Boraginaceae, Labiateae.</i>	<i>Ranunculus sp, Malus sp, Scrophulariaceae, Campanulaceae, Convolvolus sp, Erica sp, Non identifié.</i>
M18	<i>Hedysarum coronarium</i>		<i>Echium vulgare, Sinapis arvensis, Senecio sp., Fabaceae, Eucalyptus sp</i>	Rosaceae, <i>Olea europea, non identifié, Plantago sp, Fabaceae, Daucus carota.</i>
M19	<i>Erica sp.</i>	<i>Hedysarum coroniarum,</i>	<i>Malus sp, Eucalyptus sp, Sinapis arvensis</i>	
M20		<i>Myrtus communis, Eucalyptus sp, Daucus carotta.</i>	<i>Scrofularia sp, Rosa sp, Campanula sp, Cupressus sp</i>	<i>Euphorbia sp, Dorycnium sp</i>
M21	<i>Erica sp.</i>		<i>Poaceae, Urtica sp, Olea europea, Sinapis arvensis, Urospermum sp.</i>	

M22		<i>Castanea sp</i> , <i>Urtica sp</i>	<i>Daucus carota</i> , <i>Pimpinela sp</i> , <i>Quercus sp.</i>	<i>Poaceae</i> , <i>Papaver rhoeas</i> , <i>Olea europea</i> , <i>sinapis Arvensis</i> , <i>Plantago sp</i> , <i>Hedysarum coroniarum</i>
M23		<i>Papaver rhoeas</i> , <i>Erica arborea</i>	<i>Olea europea</i> , <i>Echium vulgare</i> , <i>Eucalyptus sp</i>	
M24		<i>Hedysarum coroniarum</i> , <i>Castanea sp.</i>	<i>Convolvulus sp</i> , <i>Rosaceae</i> , <i>Cichorium intibus</i> , <i>Daucus carota</i> , <i>Salix sp.</i>	
M25	<i>Hedysarum coronarium</i>		<i>Sinapis arvensis</i> , non identifié, Fabaceae, Rosaceae, <i>Erica sp.</i>	<i>Echium vulgare</i> , <i>Quercus sp</i> , <i>Tamarix sp</i> , <i>Salix sp.</i>
M26		<i>Eucalyptus sp</i> , Fabaceae	<i>Trifolium sp</i> , <i>Brassica napus</i> , <i>Raphanus raphanistrum</i>	<i>Euphorbia sp.</i>
M27	<i>Echium vulgare</i>		<i>Daucus carota</i> , non identifié, <i>Sinapis arvensis</i> , Poaceae, <i>Urtica sp</i> , Apiaceae, <i>Echinops spinosus</i> . .	
M28		<i>Eucalyptus sp.</i> , <i>Convolvulus sp.</i> , <i>Malva sylvestris</i> .	Apiaceae, <i>Echinops spinosus</i> , <i>Hedysarum coronarium</i> .	Pollen non identifié
M29		Fabaceae	<i>Allium sp.</i> , <i>Oxalis sp.</i> , <i>Convolvulus sp.</i> , <i>Papaver rhoeas</i> , <i>Citrus s.p</i>	<i>Cirsium arvens</i> , Rosaceae
M30	<i>Hedysarum coronarium</i>		Rosaceae, <i>Malus sp.</i> , <i>Eucalyptus</i>	

			<i>sp., Sinapis arvensis, Olea europea, Citrus sp.</i>	
M31		<i>Eucalyptus sp., Poaceae, Malva sylvestris</i>	<i>Vicia sp, Acacia sp,</i>	<i>Adonis sp., Apiaceae</i>
M32		<i>Eucalyptus sp., Poaceae, Cucurbita sp, Ephedraceae</i>	<i>Daucus carotta, Malva sylvestris</i>	
M33		<i>Olea europea, brassica napus ,</i>	<i>Fabaceae, Malus sp, Oxalis sp., Apiaceae.</i>	

❖ **Les miels d'*Eucalyptus sp.* :**

Il est important de souligner qu'en Algérie les miels les plus appréciés sont ceux de L'Eucalyptus, de l'Oranger, du Romarin et de Jujibier (**Louveaux et Abed, 1984**). Selon **Ricciardelli d'Albore (1998)** cité par **Benaziza-Bouchema et Schweitzer (2010)**, les Citrus, l'Eucalyptus et le Trifolium constituent les principales espèces mellifères en Algérie. L'espèce d'*Eucalyptus sp* est une plante mellifère maghrébine, dont le miel d'*Eucalyptus camaldulensis* est le plus important au Maroc et en Afrique du nord du point de vue quantitatif (**Terrab et al., 2002**). Cette essence forestière résiste à la sécheresse, au froid mais non pas aux gelées (**Belaskri, 2006**). Les plantations d'Eucalyptus ont connu une progression rapide durant les 20 dernières années, les plantations sont passées de 4 millions à plus de 16 millions d'hectares recensés sur 73 pays (**Davidson, 1995 cité in Gilles, 2002**).

En Algérie, l'Eucalyptus occupe une superficie de 43235 ha avec une possibilité annuelle récoltable de 144 800 m³/an. Ces reboisements ont été effectués dans le nord du pays et surtout à l'est (Annaba: 16 310 ha, Guelma: 3 940 ha, Skikda: 2 845 ha, Tizi-Ouzou: 6070 ha). Ces résultats sont similaires aux résultats de **Laouar (2006)** obtenu sur des miels provenant de trois Wilayas de l'Est algérien (Tebessa, Souk Ahras et El Taref) et qui a trouvé la dominance de l'Eucalyptus, à son tour **Nair (2014)** a signalé la dominance de cette famille dans cinq échantillons de l'Ouest algérien. Ceci notifie l'importance de cette essence forestière pour la production du miel.

❖ **Miels de l'*Hedysarum coronarium*:**

Les échantillons de M13, M18, M25 et M30 sont dominés par les Fabacées (*Hedysarum coronarium*). Ces résultats confirment la conclusion de (**Crane, 1991**), qui a montré que les Asteraceae et les Fabaceae et les Brassicaceae sont les familles mellifères qui dominent les différents miels du monde. **Louveaux et Abed (1984)** soulignent que l'*Hedysarum coronarium* est dominant dans la partie centrale de l'Algérie, en Tunisie et au Maroc.

C'est le même résultat obtenu par **Zerrouk et al (2014)** et **Haouam (2016)**. Nair en 2014 a signalé la dominance des Fabacées dans deux échantillons de l'Ouest algérien.

❖ **Miels d'*Echium vulgare* :**

L'échantillon M27 est caractérisé par la dominance de l'*Echium vulgare*.

❖ **Les échantillons polyfloraux :**

Les miels polyfloraux sont en nombre appréciable (23/33) et sont constitués à partir de pollens d'origines diverses (plantes spontanées, arbres fruitiers ou autres) sans dominance apparente.

L'échantillon M17 est un échantillon polyfloral caractérisé par la présence de plusieurs familles, ce résultat diffère de celui obtenu par **Boutabia et al (2016)**, qui ont analysé un échantillon de la même région récolté en 2012 caractérisé par la dominance de l'Eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis*) avec 48,5 %.

- **Les pollens d'accompagnement :**

Les pollens d'accompagnement qui représentent un pourcentage entre (16-45%) : cette classe regroupe 29 taxons tels que : *Erica Arborea*, *Papaver rhoeas*, *Echium vulgare*, *Melilotus sp*, *Pimpinella sp*, *Lavatura sp.*, *Eucalyptus sp.*, *Borago officinalis*, *Erica sp.*, *Lavandula stoechas*, *Malus sp.*, *Hedysarum coroniarum*, *Daucus carota*, Asteraceae, *Acacia sp.*

- **Les pollens isolés :**

Les pollens isolés (3%-15%) : Cette classe est représentée par 49 taxons : *Daucus carota*, non identifié, *Fabaceae*, *Sinapis arvensis*, *Olea europea*, *urtica sp*, *Eucalyptus sp.*, *malus sp.*, *Convolcolus sp.*, *Scrofularia sp*, *Sinapis arvensis*, *Thymus sp*, *Echium vulgare*, *Olea europea*, *Hedysarum coroniarum*, *Papaver rhoeas*, Pollen non identifié, *Prunus sp*

- **Les pollens rares**

Les pollens rares dont leurs fréquences est < 3% sont représentés par 52 taxons comme : *Daucus carota*, *Solanaceae*, *Oxalis sp*, Asteraceae, *Centaurea sp*, *Acacia cyanophylla*, *Ranunculus sp*, *Erica sp*, *Malva sylvestris*, *Borago officinalis*, *Eucalyptus sp*, *Trifolium sp*, Liliaceae, *Papaver rhoeas*, poaceae, *Raphanus raphanistrum*, *Daucus carota*, *Sinapis arvensis*, *Cucurbita sp*, *Olea europea*, Campanulaceae, *Convolvolus sp*, *Erica arborea*.

L'*Eucalyptus sp.* est présenté dans les quatre classes (pollen dominant, pollen d'accompagnement, pollens isolés et pollens rares), ce qui signifie l'importance de cette essence forestière dans l'apiculture Algérienne.

1-1-2 Caractéristiques morphologiques et structurales des pollens observés dans nos échantillons :

Les résultats montrent que la majorité des grains de pollen présents dans les miels analysés ont les caractéristiques des grains de pollen des plantes entomophiles (**Valine et Pourtallier, 1962**), (**Sabatini et al., 1986**), plus de 50% de ces grains possèdent des ornementations différentes (verrues, clavules, bacules, échinules). La majorité des grains de pollen ont des triples apertures (triporés, tricolpés ou tricolporés), qui facilitent leur germination s'ils rencontrent le stigmate d'un ovaire (**Heller, 1982**).

On a trouvé les différentes formes (circulaire, longiaxe, bréviaxe, tétrades, triangulaire), mais la forme circulaire est la plus répondu suivie par la forme longiaxe (figure 24), de petite taille surtout qui facilitent leur transport par l'abeille d'une fleur à l'autre (**Andrejew, 1928**).

Les études de **Terrab et ses collaborateurs en 2004**, ont montré que les miels de nectar contiennent des pollens des plantes entomophiles, alors que les miels de miellat proviennent des plantes anémophiles.

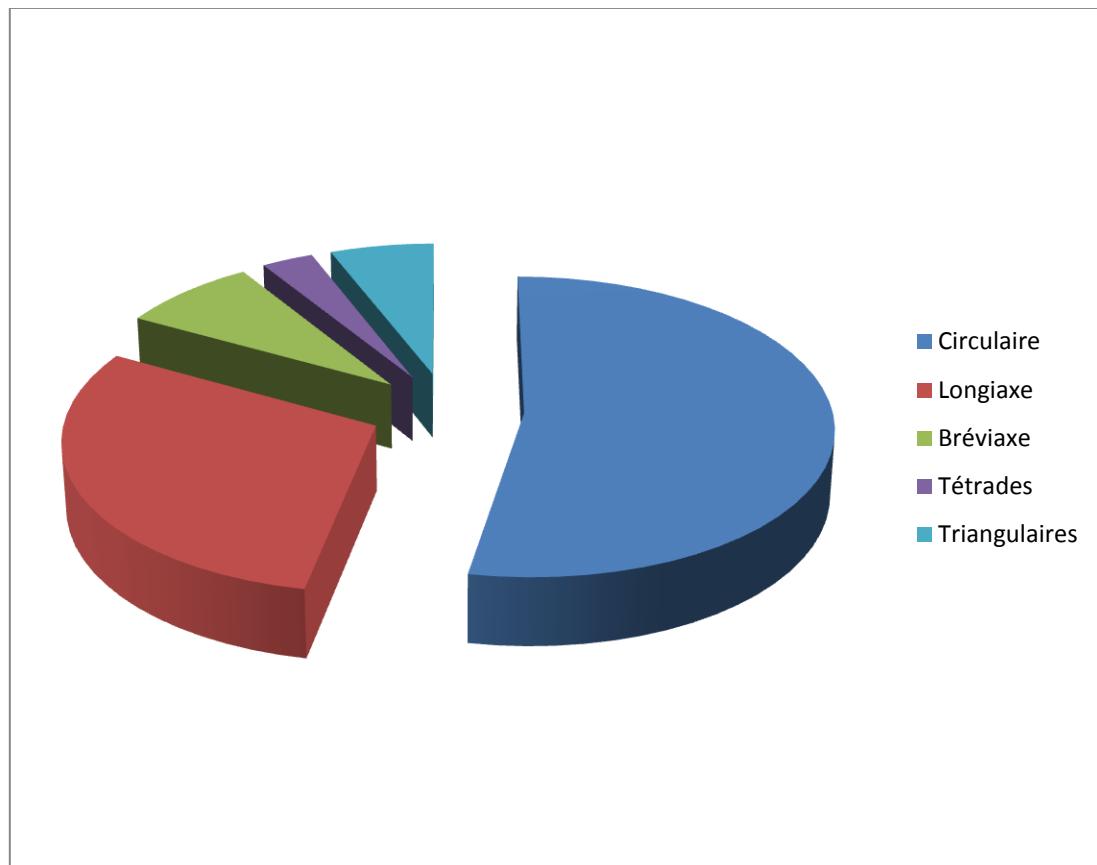


Figure 24: Formes des grains de pollen trouvés

1-1-3 Spectre de fréquence des familles :

Le spectre de fréquence des familles polliniques dans les miels étudiés est donné dans la figure 25 et le tableau 9.

On distingue quatre classes selon la fréquence de chaque taxon :

1-La classe 1 qui présente les familles « très fréquentes » dans 50% et plus des miels, il s'agit de :

- Fabaceae
- Myrtaceae
- Apiaceae
- Brassicaceae

2-La deuxième classe regroupe les familles « fréquentes » est présente dans 20 à 50% des miels tel que :

- Rosaceae
- Boraginaceae
- Asteraceae
- Ericaceae
- Poaceae
- Non identifiés
- Rannunculaceae
- Papaveraceae
- Oleaceae
- Convolvulaceae
- Lamiaceae

3-Les familles « peu fréquentes » sont présentes dans 10-20% des miels sont :

- Fagaceae
- Malvaceae
- Oxalidaceae
- Plantaginaceae
- Scropfulariacea
- Céstaceae
- Cucurbitaceae

4-La classe des familles « rares » est présente avec un taux (< 10%) des échantillons, est représentée par :

- Campanulaceae
- Euphorbiaceae
- Solanaceae
- Primulaceae
- Liliaceae
- Ephedraceae
-

- Iridaceae
- Labiateae
- Moraceae
- Rhamnaceae
- Thyphaceae
- Bétulaceae
- Cupressaceae
- Chenopodiaceae
- Passifloraceae
- Urticaceae

Dans l'ensemble des miels analysés, 38 familles et 60 espèces ont été identifiées (tableau 9) (Annexe II), dont la majorité des formes sont spontanées. La famille des Fabaceae est la plus fréquente avec un pourcentage de 87.87%. Ce résultat concorde avec les résultats obtenus par **Zerrouk et al. (2014)** et **Haouam (2016)**. Nair en 2014 a recensé 30 familles polliniques et 47 types.

Selon les résultats obtenus, nous avons noté la présence de quelques taxons anémophiles ex : Oléaceae, Quercus et Poaceae. Selon **Chefrour (2007)**, la présence de ce genre de pollen dans les miels est justifiée par :

- Une contamination primaire, lors du butinage, par le pollen anémophile circulant dans l'air.
- Les visites répétées des abeilles des plantes anémophiles pendant la période de floraison.
- Une contamination secondaire à l'intérieur de la ruche avant l'operculuation des cellules à miels.
- Une contamination tertiaire au cours des manipulations apicoles et la récolte du miel.

Tableau 9 : Les familles et les taxons mellifères identifiés dans les miels.

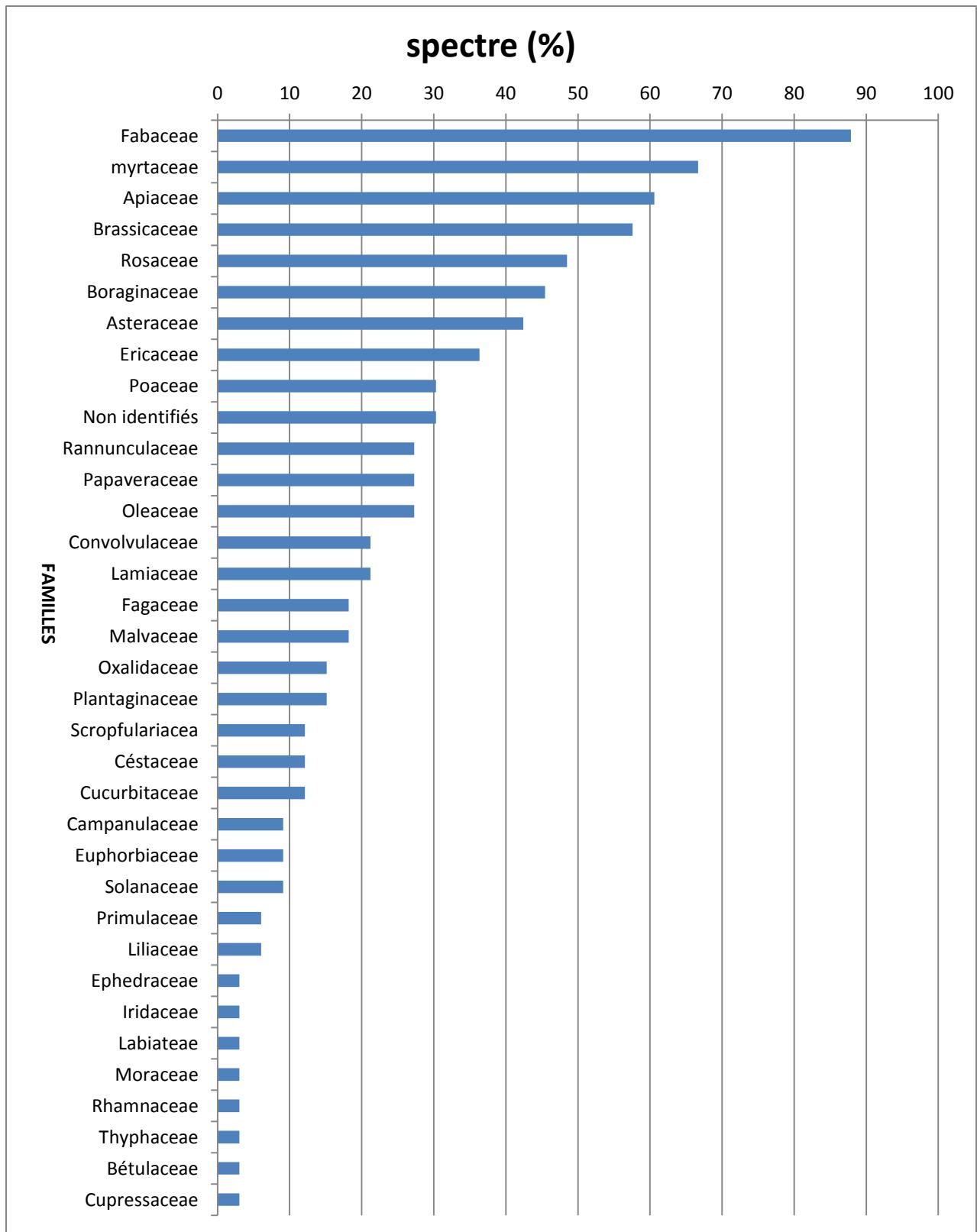
Familles	Nombres de taxons	Taxons polliniques
Apiaceae	2	<i>Daucus carota</i> <i>Pimpinella sp.</i>
Asteracaea	10	<i>Galactites tomentosa</i> <i>Helianthus annuus</i> <i>Artemesia sp.</i> <i>Echinops spinosus</i> <i>Taraxacum sp.</i> <i>Cichorium intibus</i> <i>Centaurea sp.</i> <i>Senecio sp.</i> <i>Cirsium arvens</i> <i>Urospermum sp.</i>
Borraginaceae	2	<i>Echium vulgare</i> <i>Borago officinalis</i>
Brassicaceae	3	<i>Sinapis arvensis</i> <i>Raphanus raphanistrum</i> <i>Brassica napus</i>
Betulaceae	1	<i>Bétula sp.</i>
Cucurbitaceae	1	<i>Cucurbita sp.</i>
Céstaceae	1	<i>Cistus sp.</i>
Chenopodiaceae	1	-
Campanulaceae	1	<i>Campanula sp.</i>
Cupressaceae	1	<i>Cupressus sp.</i>
Convolvulaceae	1	<i>Convolvulus sp.</i>
Ericacaea	3	<i>Erica arborea</i> <i>Erica sp.</i> <i>Arbutus unedo</i>
Euphorbiaceae	1	<i>Euphorbe sp.</i>
Ephedraceae	1	-
Fabaceae	6	<i>Hedysarum coronarium</i> <i>Trifolium sp.</i> <i>Melilotus sp.</i> <i>Acacia cyanophylla</i>

Tableau 9 : suite :

Fabaceae (suite)		<i>Dorycnium sp.,</i> <i>Vicia sp.</i>
Fagaceae	2	<i>Quercus sp.</i> <i>Castanea sp.</i>
Iridaceae	1	-
Lamiaceae	5	<i>Thymus sp.</i> <i>Lavandula stoechas</i> <i>Mentha sp.</i> <i>Thymus vulgaris</i> <i>Rosmarinus officinalis</i>
Labiateae	1	-
Liliaceae	1	-
Malvaceae	2.	<i>Lavatura sp</i> <i>Malva sylvestris</i>
Myrtaceae	2	<i>Eucalyptus sp</i> <i>Myrtus communis</i>
Moraceae	1	-
Oleaceae	1	<i>Olea europeae</i>
Oxalidaceae	1	<i>Oxalis sp.</i>
Poaceae	1	-
Plantaginaceae	1	<i>Plantago sp.</i>
Primulaceae	1	<i>Primula sp.</i>
Passifloraceae	1	-
Rosaceae	3	<i>Prunus sp.</i> <i>Malus sp.</i> <i>Rosa sp.</i>
Renuculaceae	2	<i>Ranunculus sp.</i> <i>Adonis sp.</i>

Tableau 9 : suite

Scrophulariaceae	2	<i>Scrophularia sp.</i> <i>Linaria sp.</i>
Solanaceae	1	-
Salicaceae	1	<i>Salix sp.</i>
Papaveraceae	1	<i>Papaver rhoeas</i>
Rhamnaceae	1	<i>Rhamnus sp.</i>
Thymelaeaceae	1	<i>Thympha sp.</i>
Urticaceae	1	<i>Urtica sp.</i>

**Figure 25 :** Spectre des fréquences des familles polliniques

1-1-4 Origine florale des miels analysés :

Après la classification des échantillons des miels en miels monofloraux et miels polyfloraux, on peut donner une appellation finale pour chaque échantillon étudié (tableau 10)

Tableau 10 : Appellation finale des miels analysés

Echantillon	Origine géographique	Appellation finale
M1	Seraidi	Miel multifloral
M2	Berrahal	Miel d'Eucalyptus
M3	Sidi ammar	Miel multifloral
M4	Ain elberda	Miel multifloral
M5	Hammam bni saleh	Miel multifloral
M6	Ain khiar	Miel multifloral
M7	Asfour	Miel multifloral
M8	Asfour	Miel multifloral
M9	Ain el karma	Miel multifloral
M10	Ben mhidi	Miel multifloral
M11	Boutheldja	Miel d'Eucalyptus
M12	Bougous	Miel d'Eucalyptus
M13	El Tarf	Miel d'Hedysarum
M14	Echatt	Miel multifloral
M15	El Tarf	Miel multifloral
M16	El-Zitouna	Miel multifloral
M17	Ain khiar	Miel multifloral
M18	Jbel ben welben	Miel d'Hedysarum
M19	Skikda	Miel d'Erica
M20	Tabet saleh	Miel multifloral
M21	El hadaik	Miel d'Erica
M22	El kol	Miel multifloral
M23	Azzaba	Miel multifloral
M24	Kheratta	Miel multifloral
M25	Borj mira	Miel d'Hedysarum
M26	Bejaia	Miel multifloral
M27	Tahir	Miel d'Echium
M28	Jijel	Miel multifloral
M29	Heliopolis	Miel multifloral
M30	Heliopolis	Miel d'Hedysarum
M31	Hammam Dbegh	Miel multifloral
M32	Bouhamdane	Miel multifloral
M33	Boumahra Ahmed	Miel multifloral

1-2 Analyse pollinique quantitative :

L'analyse pollinique quantitative a pour but de déterminer la richesse en grain de pollen de chaque échantillon étudié. Les résultats du nombre de grains de pollen pour chaque échantillon de miel et la classification des échantillons de miel sont présentés dans le tableau 11, la figure 26 et la figure 27.

Les résultats montrent une différence de contenus pollinique entre les échantillons de miels analysés. La classification de **Maurizio (1939)** a montré que les échantillons analysés appartiennent à cinq classes.

Les échantillons M3, M4 et M5 sont les plus riches, ils appartiennent à la classe V, cette richesse est expliquée par la diversité du couvert végétal de ces régions en plantes mellifères, par les types de ruches utilisées par les apiculteurs (ruches modernes) et par le mode d'extraction (par pressage).

Chefrour (2007) a étudié deux échantillons de la même région (M3) récolté en 2000, il a trouvé que le premier échantillon appartient à la classe II et le deuxième échantillon appartient à la classe III.

La classe IV est représentée par un seul échantillon (M13), il s'agit d'un miel pressé, d'après **Chefrour (2007)**, la richesse en pollen et le spectre pollinique d'un miel sont liés aussi bien à la colonie d'abeille dans son milieu naturel (type de plante, force de colonie) qu'aux conditions d'exploitation et de récolte de miel par les apiculteurs. Cette richesse est en relation avec le type de végétation (pollinifère ou nectarifère), le choix des cadres, le mode d'extraction et le nombre des individus de la colonie (colonie forte ou faible) (**Boutabia, 2016**).

La classe II est la plus représentée dans notre étude, elle comprend 22 échantillons (M1, M2, M6, M7, M9, M11, M12, M16, M17, M20, M21, M22, M23, M24, M25, M26, M27, M28, M29, M30, M31 et M32)

Le résultat de l'échantillon M24 concorde avec celui obtenu par **Ouchemoukh et ses collaborateurs en 2007**, qui ont analysé un miel récolté en 2002.

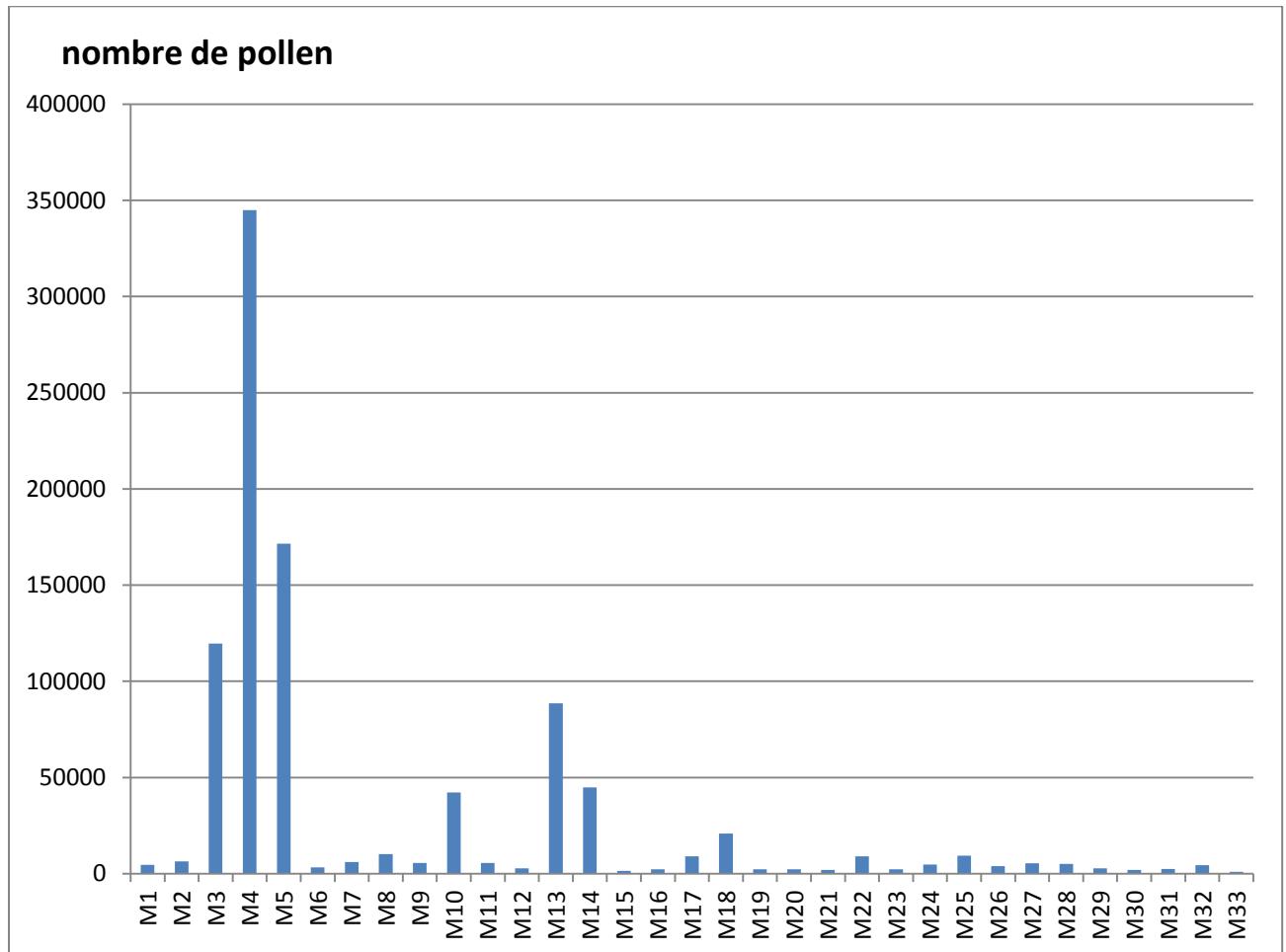
Les échantillons les plus pauvres sont les deux échantillons M15 et M 33.

Tableau 11: Résultats de l'analyse pollinique quantitative et la classification des échantillons des miels

Echantillon	Nombre de grain de pollen dans 1g de mie	Nombre de grain de pollen dans 10g de miel	Classe
M1	4600	46000	Classe II
M2	6400	64000	Classe II
M3	119600	1196000	Classe V
M4	345000	3450000	Classe V
M5	171600	1716000	Classe V
M6	3200	32000	Classe II
M7	6000	60000	Classe II
M8	10200	102000	Classe III
M9	5600	56000	Classe II
M10	42200	422000	Classe III
M11	5600	56000	Classe II
M12	2800	28000	Classe II
M13	88600	886000	Classe IV
M14	44800	448000	Classe III
M15	1400	14000	Classe I
M16	2200	22000	Classe II
M17	9000	90000	Classe II
M18	20800	208000	Classe III
M19	2200	22000	Classe II
M20	2200	22000	Classe II
M21	2000	20000	Classe II
M22	9000	90000	Classe II
M23	2200	22000	Classe II
M24	4800	48000	Classe II
M25	9400	94000	Classe II
M26	4000	40000	Classe II
M27	5400	54000	Classe II

Tableau 11 :(suite)

M28	5000	50000	Classe II
M29	2800	28000	Classe II
M30	2000	20000	Classe II
M31	2400	24000	Classe II
M32	4400	44000	Classe II
M33	1000	10000	Classe I

**Figure 26:** Le contenu pollinique des échantillons étudiés

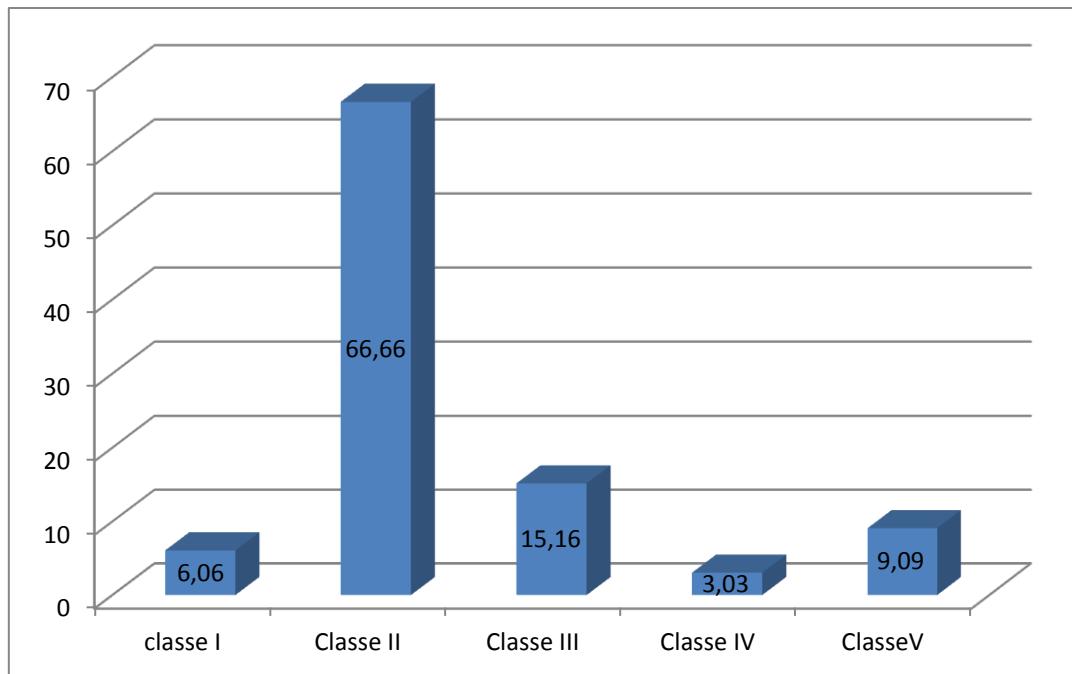


Figure 27: Classification des miels selon leur richesse en pollén

Les miels étudiés sont caractérisés par une richesse moyenne en familles et en taxons végétales. 66,66 % des miels étudiés appartiennent à la classe II.

Ces résultats peuvent être expliqués par le réchauffement de climat dans le littoral et le Nord Est algérien depuis 1983 (Tir, 2009). Les sécheresses sont toujours suivies d'un rendement faible de miel (Phillipe, 1993). La couverture végétale est aussi affectée par les incendies qui diminuent les taxons polliniques (39 660 ha de forêts ont été affectés dans la wilaya de Jijel entre 1975 et 1990, soit environ 2 650 ha par an (Tatar, 1997 cité in Abdelhafid Karim, 2014).

Les chercheurs ont constaté l'existence d'une corrélation entre la taille en grains et la teneur absolue (Bogdanov *et al.*, 2004).

Nos résultats concordent avec les résultats obtenus par Haouam (2016) qui a travaillé sur des miels des régions arides du Nord-Est algérien.

Le travail réalisé par Makhloifi (2011) montre que les miels du Centre algérien sont caractérisés par la dominance de la catégorie moyenne (classe II), l'Ouest présente un pourcentage plus élevé pour la catégorie pauvre, alors que pour l'Est la moitié des miels sont pauvres en pollén.

Nair et ses collaborateurs (2013), ont trouvé 50% des échantillons analysés pauvres en pollén (appartenant à la classe I).

La richesse en contenu pollinique diffère d'un échantillon à l'autre même dans la même région (tableau 12). **Makhloifi (2011)** signale que cette différence est due aux différentes conditions édaphiques et climatiques, aux différentes méthodes d'extraction utilisées par les apiculteurs et à l'intensité de butinage.

Tableau 12 : Pourcentage de richesse de chaque classe de richesse en grains de pollen par Wilaya

Wilaya	Pauvre	Moyen	Riche
Annaba	-	2	2
El Tarf	1	10	2
Skikda	-	6	-
Bejaia	-	3	-
Jijel	-	2	-
Guelma	1	4	-

Les wilayas d'El Tarf, Skikda, Bejaia, Jijel et Guelma montrent la dominance des miels de la classe II. La wilaya d'Annaba présente les miels les plus riches en pollen.

2-Résultats des analyses physicochimiques :

Les résultats des paramètres physicochimiques étudiés sont illustrés dans le tableau 13

Tableau 13: Résultats des analyses physicochimiques

Paramètre	Valeurs moyenne ± Ecart type	Min-Max	Limites standard internationales
Humidité	17.81 ± 2.09	$14,47\% \pm 0.11$ et $24,51\% \pm 00$	< 21%
pH	3.95 ± 0.32	3.15 ± 0.02 et 4.55 ± 0.07	-
Conductivité électrique	0.25 ± 0.007	0.11 ± 0.001 et 0.39 ± 0.03	$\leq 0.8 \text{mS/cm}$
Cendres	0.18 ± 0.03	$0.09\% \pm 0.06$ et $0.53\% \pm 0.01$	< 0,6%
Acidité libre	15.54 ± 5.31	10,16 et 28,03 meq/kg	$\leq 50 \text{meq /100g}$
Acidité lactonique	8.51 ± 4.20	2,38 et 20.45 meq/kg.	$\leq 50 \text{meq /100g}$
Acidité totale	24.06 ± 6.04	17.12 à 34.29 meq/kg	$\leq 50 \text{meq /100g}$
Protéines	0.093 ± 0.04	0.11 ± 0.01 et 2.85 ± 0.04	-
Sucres réducteurs totaux	80.23 ± 2.09	73.7 et 82.33	$\geq 65 \text{ g/100g}$
HMF	7.9 ± 11.31	0,5 et 45.33 mg/kg	40 mg/kg (l'Union Européen) 60 mg/kg (le codex)
Densité	1.39 ± 0.003	1.04 ± 0.001 et 1.49 ± 0.003	-
Poly phénols	$56.91 \pm 16.04 \text{ mg GAE/100g miel.}$	39.78 à 108.69 mg GAE/100g miel.	-

2-1 La teneur en eau :

L'eau est le second composant le plus abondant du miel après les sucres (**Mehryar et al., 2013**). La teneur en eau influe sur la couleur de miel, sa viscosité, sa saveur, sa densité et sur son indice de réfraction, c'est le paramètre physicochimique le plus important pour l'étude de la conservation et la stabilité des nourritures en général (**Cano et al., 2001**). Ce paramètre est lié aux conditions climatiques, la saison de récolte, le degré de maturité (**White, 1978**) et la

teneur en eau de la plante d'origine (**Nanda et al., 2003**). La teneur en eau varie énormément, en fonction de la source florale (**Adenekan, 2010**).

L'humidité va également modifier une série de propriétés du miel. Ainsi, un miel très sec devient très visqueux, filant et difficile à extraire et à filtrer, surtout en-dessous de 16 %. La vitesse de cristallisation d'un tel miel sera également ralentie. De même, mais à l'opposé, un miel trop humide aura aussi une vitesse de cristallisation ralentie. Un miel trop sec (< 16,5 %) perd de ses qualités organoleptiques car, assez pâteux, il va nécessiter de la part du dégustateur un apport en eau sous forme de salive, c'est pourquoi il n'y a pas intérêt à pousser trop loin la déshumidification d'un miel (**Bruneau, 2008**).

La teneur en eau est très importante pour la durée de conservation du miel (**Terrab et al., 2003b**). Une faible teneur en eau constitue une partie importante du système qui protège le miel contre l'attaque des microorganismes (**Tysset et al., 1980**). Cependant, la teneur en humidité dépend de la température et de l'humidité relative dans l'origine géographique du miel (**Crane, 1979 cité in El Sohaimy, 2015**).

La teneur en eau est un excellent critère de qualité qui intervient dans la viscosité, la cristallisation, la saveur et le degré de fermentation du miel (**Ricciardelli- D'Albore, 1994**).

La norme du Codex Alimentarius et de l'Union Européen prescrivent actuellement une teneur en eau maximale de 21%, les miels de bruyère et de trèfle fermentent facilement, ils ont une teneur en eau de 23% (**Codex, 2001**).

L'estimation de la teneur en eau peut se faire par mesure de la densité, mais l'interprétation des résultats est assez difficile (**Gonnet, 1986**).

Ce paramètre est le seul critère de composition qui, dans le cadre de la norme miel, doit être respecté dans le commerce mondial du miel. Le miel ayant une forte teneur en eau est plus susceptible de fermenter, rendant la conservation et le stockage plus difficiles (**De Almeida-Muradian et al., 2013**).

Les résultats obtenus dans notre étude montrent que la teneur en eau des échantillons étudiés varie entre $14,47 \pm 0,11\%$ et $24,51 \pm 0,0\%$ avec une moyenne égale à $17.81 \pm 2.09\%$ (figure 28). En effet, tous les miels analysés sont conformes à la norme proposé par le codex, sauf pour les échantillons M5 et M29 qui ont des teneurs supérieures à 21%, ils sont susceptibles à la fermentation (**Gonnet, 1982**).

Une valeur trop grande d'humidité peut provenir d'une extraction trop précoce, un excès d'eau peut entraîner la fermentation de miel.

Selon la recherche de **White (1975)** cité par **Mehryar et al, (2013)**, les miels contenant moins de 17,1% d'humidité sont classés comme sûrs indépendamment de la teneur en levure.

Makhloifi et ses collaborateurs (2010), ont relevé des teneurs en eau entre 13,9 et 20,2%, **Haouam (2016)** a trouvé des valeurs entre 13,16 à 17,32% dans 30 échantillons de miels des régions arides du Nord Est algérien. **Terrab et ses collaborateurs (2003a)** ont découvert une teneur moyenne 17,25% dans 29 miels Marocains.

Nos échantillons monofloraux présentent une teneur moyenne égale à 17.99 % \pm 1.33 pour les miels d'*Eucalyptus*, 16.91 % \pm 0.71 pour les miels d'*Hedysarum coronarium*, 16.73 % \pm 00 dans les miels d'*Echium vulgare* et 17.63 % \pm 0.24 pour les miels d'*Erica sp.*

Ouchemoukh et ses collaborateurs (2007) enregistrent des valeurs entre 14 et 19 % pour les miels de toutes fleurs de Bejaia. Les travaux de **Benaziza-Bouchema et Schweitzer (2010)** sur les miels de la Mitidja à dominance de *Citrus* révèlent une valeur moyenne de 18,4 %.

Ibrahim Khalil et ses collaborateurs (2012), signalent des teneurs en eau comprises entre 11.59 et 14.13% dans quatre miels Algériens. Alors que **Moniruzzaman et ses collaborateurs (2013)** ont trouvé des teneurs en eau entre 11.59 à 19.06 % dans les miels Malaisiens.

Boussaid et ses collaborateurs (2014) ont signalé que la teneur en eau trouvé dans des échantillons de miel tunisiens varie de 17,27% à 19,80% et ils ont précisé que la teneur en eau la plus élevée est retrouvée dans les miels de menthe et les miels d'orange.

Mbogning et ses collaborateurs (2011), trouvent que les miels de saison sèche possèdent des teneurs en eau plus élevées ($P < 0,05$) que ceux de saison des pluies. Etant donné que la saison sèche offre les meilleures conditions pour l'activité apicole, bon nombre d'apiculteurs procède à la récolte du miel, dans la quasi-totalité de leurs ruches, sans toutefois se rassurer de son stade de maturité.

La faible teneur en humidité protège le miel de l'activité microbiologique et peut ainsi être préservée pour des périodes plus longues (**Buba et al., 2013**).

De Rodriguez et ses collaborateurs (2004) ont conclu que les conditions climatiques n'ont aucune importance pour la teneur en humidité du miel. À savoir, l'un des deux échantillons de miel ayant une teneur en humidité supérieure à 20% provient de la saison sèche. Les auteurs sont d'avis que l'augmentation de la teneur en humidité est plus vraisemblablement associée à une maturité insuffisante du miel plutôt qu'à des conditions climatiques.

La teneur en éthanol peut augmenter pendant la fermentation du miel et ceci est lié à la teneur en humidité (**Huidobro et al., 2001**).

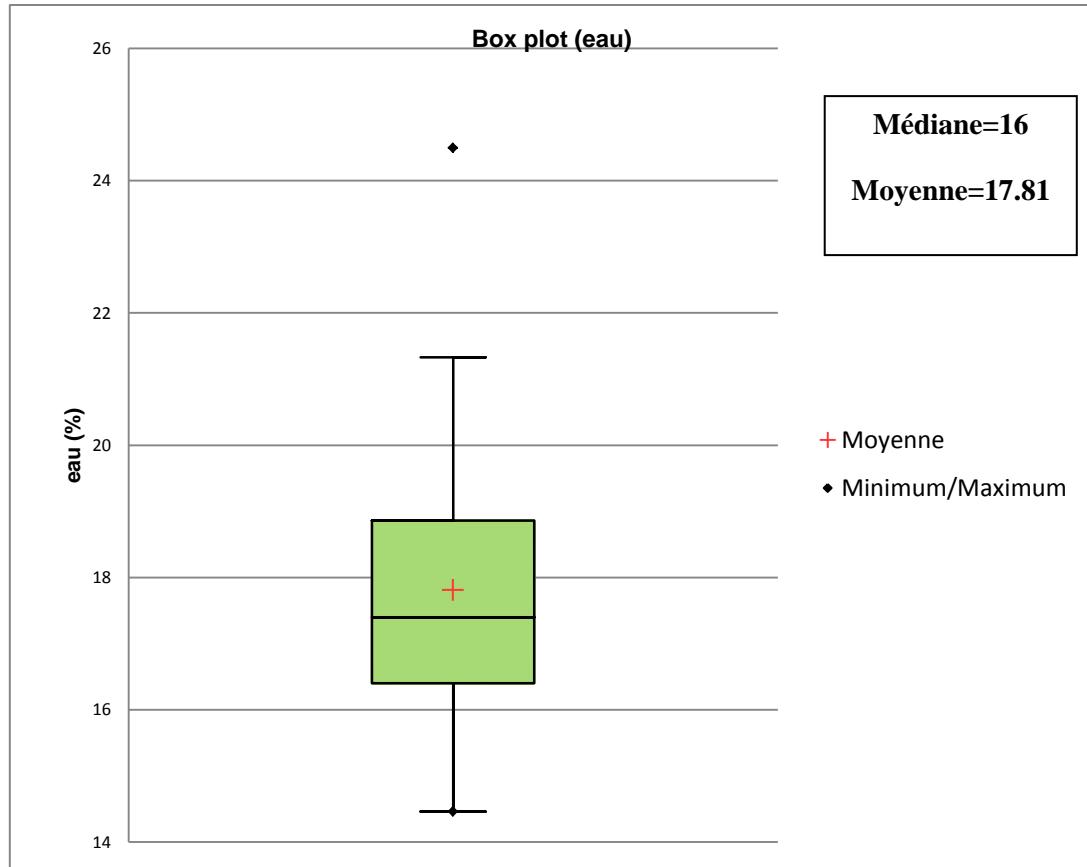


Figure 28 : Teneur en eau des échantillons analysés

2-2 Le pH :

Ibrahim Khalil et ses collaborateurs (2012), indiquent que le miel est naturellement acide indépendamment de son origine géographique, qui peut être due à la présence d'acides organiques qui contribuent à sa saveur et sa stabilité contre la détérioration microbienne.

Les miels de fleurs possèdent le plus souvent des valeurs pH faibles (3.3 à 4.6). Les miels de miellat ont, en raison de leur teneur plus élevée en sels à effet tampon, des valeurs pH en moyenne plus élevées (**Bogdanov, 1995**).

Les miels à pH bas se dégradent plus facilement. Il faudra prendre un soin particulier à leur conservation : température fraîche (**Jean Prost, 1987**).

Selon **Schweitzer (2002)** cité par **Makhloifi (2011)**, le pH et l'acidité libre influencent la stabilité du miel et ses conditions de conservation, notamment sur la vitesse de dégradation des sucres et des enzymes. Le pH a une grande importance pendant l'extraction et le stockage de miel, comme il influe sur la composition et la stabilité du produit (**Terrab et al., 2004**).

Les valeurs de pH dans notre travail se trouvent entre 3,15 et 4,53 avec une valeur moyenne égale à 3.95 ± 0.32 (Figure 29). Les résultats obtenus montrent que tous les miels analysés sont acides et dans la limite standard (3,40-6,10) (**Codex Alimentation, 2001**).

L'acidité du miel est due à un grand nombre d'acides organiques qu'il contient. L'acide principal est l'acide gluconique qui est en équilibre avec ses lactones ou ses esters et les ions inorganiques tels que les phosphates et les chlorures. On trouve aussi les acides formique, tartrique, maléique, citrique, succinique, butyrique, lactique et oxalique (**Mbognning et al., 2011**).

La forte acidité du miel est en corrélation avec la fermentation des sucres présents dans le miel en acide organique, qui est responsable de deux caractéristiques importantes du miel: saveur et stabilité contre la détérioration microbienne (**El Sohaimy et al., 2015**).

L'échantillon M7 est le plus acide avec (3.15), suivi par l'échantillon M8 (3.17), ces deux échantillons sont des miels polyfloraux.

Les miels monofloraux sont moins acides par rapport aux miels polyfloraux, la plus faible acidité a été détectée dans l'échantillon de miel d'*Hydysarum coronarium* M25 (4.53), tandis que les miels d'*Eucalyptus* ont montré des valeurs entre 3.96 et 4.19.

Zerrouk et ses collaborateurs (2011) ont signalé un pH variant entre 3.61 à 4.16 dans les miels de la région de Médéa.

Nos résultats sont semblables à ceux de **Cortopassi-Laurino et Gelli (1991)** sur des miels Brésiliens, avec une moyenne de 3,9. En Argentine, **Conti et ses collaborateurs (2014)** trouvent des valeurs de pH comprises entre 3.87 à 4.46 avec une moyenne de 4.12 pour les miels monofloraux, et des valeurs de pH entre 3.55 à 4.43 avec une moyenne de 3.81 pour les miels multifloraux.

Les pH des miels de fleurs varient entre 3,5 et 4,5 et les miels de miellat ont des valeurs de pH en moyenne plus élevées entre 4,5 et 5,5 (**Gonnet, 1986**). On pourra dire que les miels étudiés sont de type nectar.

2-3 La teneur en cendres :

Les cendres représentent la mesure directe des résidus inorganiques après la carbonisation du miel. La teneur en cendres est un critère de qualité qui dépend de l'origine botanique du miel, de la nature du sol dans lequel la plante nectarifère butinée par les abeilles a été localisée (**Anklam, 1998**). Cette teneur est très variable, celle des miels clairs est plus faible que celle des miels foncés.

Ce paramètre est remplacé par l'étude de la conductivité électrique (**Bogdanov et al., 1999**). C'est un paramètre utilisé pour la détermination de l'origine botanique (florale, mellifère ou mélangée) (**White, 1978**).

La teneur en cendres du miel est généralement faible et dépend de la composition du nectar des plantes prédominantes dans leur formation (**Manzoor et al., 2013**). Les miels de fleurs contiennent une valeur maximale de cendres égale à 0,6% (**Terrab et al., 2004**).

La teneur maximale autorisée par les normes internationales est de 0,6 g / 100g, et pour les miels de châtaigner elle est de 1,20 g / 100g (**Codex, 1998**).

le miel produit à partir de colonies nourries avec du sirop de sucre possède une faible teneur en cendres (**Buba et al., 2013**).

Tous les résultats d'analyse pour les teneurs en cendres étaient dans les limites internationalement acceptable de <0,6% (varient entre 0,02 et 0,53 g/100g avec une moyenne égale à 0.18 ± 0.03 g/100g), ces miels ont donc une origine nectarifère (figure 30).

Les miels multifloraux possèdent des teneurs en cendres comprises entre 0.05-0.5 g/100g, alors que les miels d'*Eucalyptus sp.* présentent des teneurs entre 0.12-0.19, les miels d'*Edysarum coronarium* ont des teneurs variant entre 0.5 à 0.18 et les miels d'*Erica sp.* contiennent 0.05 et 0.17 g/100g de cendres.

Cette variabilité du contenu en cendres s'explique par la source florale du miel (**Vit et al., 1998 ; Gebremariam et Brhane, 2014**).

Nos résultats sont en accord avec l'étude de **Zerrouk et ses collaborateurs (2011)**, qui ont également trouvé des valeurs acceptables de cendres dans des échantillons de miel du Centre Algériens (entre 0,075% et 0,33%) ; **Santos et ses collaborateurs (2014)** en Brésil, ont enregistré des valeurs entre 0.02 et 0.19 %.

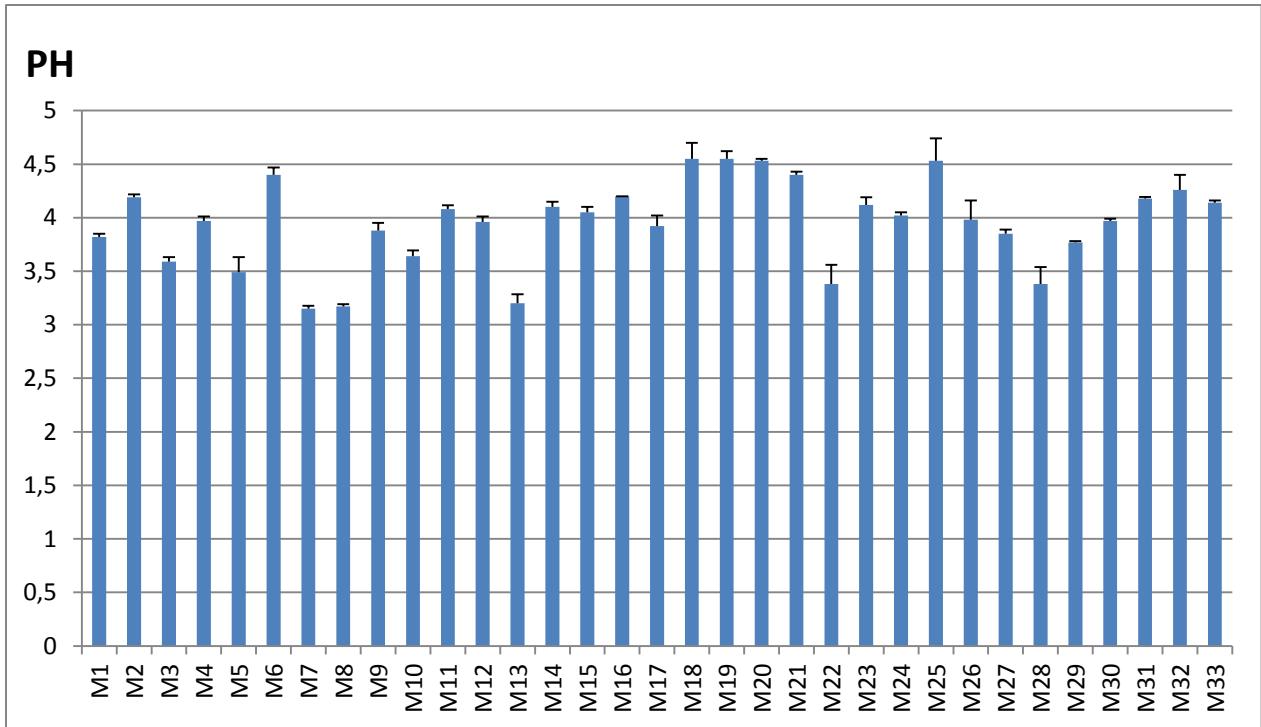


Figure 29 : pH des échantillons de miels étudiés

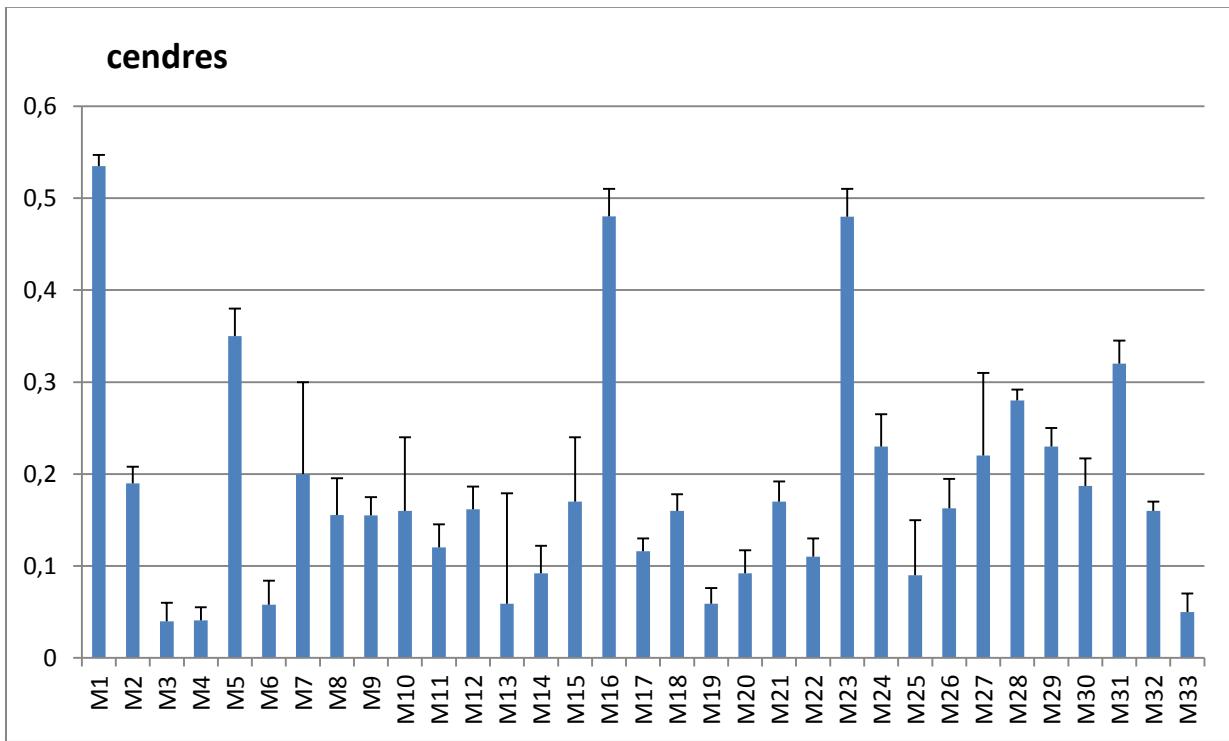


Figure 30 : Teneur en cendres des échantillons de miels étudiés

2-4 La conductivité électrique :

La conductivité électrique (CE) est la mesure de la capacité de miel à transmettre un flux électrique ou conductance. Elle présente un bon critère pour la détermination de l'origine botanique du miel. Cette mesure dépend de la teneur en minéraux et de l'acidité du miel, plus elles sont élevées plus la CE est élevée.

La mesure de la conductivité électrique (EC) a été introduite il ya longtemps. Actuellement, c'est le paramètre de qualité le plus utile pour la classification des miels monofloraux, il peut être déterminé par une instrumentation relativement peu coûteuse. Ce paramètre a été récemment inclus dans les nouvelles normes internationales pour le miel (Codex Alimentarius, 2001, Commission européenne, 2002), remplaçant la détermination de la teneur en cendres (**Bogdanov et al., 2004**).

Il existe un rapport linéaire entre la conductivité électrique et la 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 conductibilité électrique (**Accorti, 1987**). La CE est déterminée dans le contrôle de routine du miel au lieu de la teneur en cendres (**El Sohaimy et al., 2015**).

La conductivité électrique varie selon l'origine botanique (**Terrab et al., 2003b**), la teneur du miel en matières minérales, en acides organiques, en protéines et à quelques sucres complexes (**Terrab et al., 2003a**). Les valeurs de CE changent lorsque la quantité de pollen végétal diminue (**Ibrahim Khalil et al., 2012**).

Par ailleurs, **Bogdanov ses collaborateurs (2004)** signalent que la mesure de la CE, ainsi que la mesure des oligo-éléments Ni, Fe, Mn et Cd, pourraient être utilisés pour la classification et l'isolement de miels monofloraux des miels polyfloraux.

Comme la teneur en minéraux détermine les origines botaniques et la couleur du miel, les mesures individuelles de minéraux peuvent être remplacées par CE. Par exemple, miels plus légères contiennent généralement moins d'éléments que les plus sombres et, par conséquent, la valeur de K est plus faible dans les miels claires que dans les sombres (**Solayman et al., 2016**).

Mbogning et ses collaborateurs en (2011) signalent une influence marquée de la saison sur la conductivité électrique des miels. Elle a été plus forte pour des miels de saison sèche que pour ceux de saison des pluies. Les miels de saison sèche sont plus concentrés en sels minéraux que ceux de saison de pluies. En saison sèche la solution du sol semble être plus concentrée en éléments solubles disponibles à la plante.

Les miels d'origine nectarifères ont des valeurs comprises entre 1×10^{-4} - 5×10^{-4} Siemens/cm, alors que ceux d'origine mellifères ont des valeurs entre 10×10^{-4} - 15×10^{-4} Siemens/cm

(Alphandéry, 1992). La conductivité électrique est considérée comme un des meilleurs paramètres pour différencier entre les miels de différentes origines (Krauze et Zalewski, 1991).

Les résultats obtenus dans notre étude sont compris entre 1×10^{-4} S/Cm et $3,9 \times 10^{-4}$ S/Cm (Figure 31). Ces résultats montrent donc que tous les miels analysés ont une origine nectarifère et ils concordent avec les valeurs obtenus par Ouchemoukh et ses collaborateurs (2007) travaillant sur des miels de la région de Bejaia situé à l'Est algérien.

Zerrouk et ses collaborateurs (2011), signalent des valeurs élevées comprises entre ($2,75 \times 10^{-4}$ - $7,19 \times 10^{-4}$ S / cm).

Yadata (2014) a trouvé que la conductivité du miel plus foncé est légèrement plus grande que le miel clair, ce qui indique que le miel plus foncé a plus de contenu minéral.

Une étude réalisée par Bogdanov et ses collaborateurs (2007) cité par Solayman et ses collaborateurs (2016), ont révélé des corrélations positives significatives entre la CE et la plupart des éléments minéraux (à l'exception de Pb et Cr) sur la base d'un examen de 95 échantillons de miel provenant de Suisse.

conductivité électrique

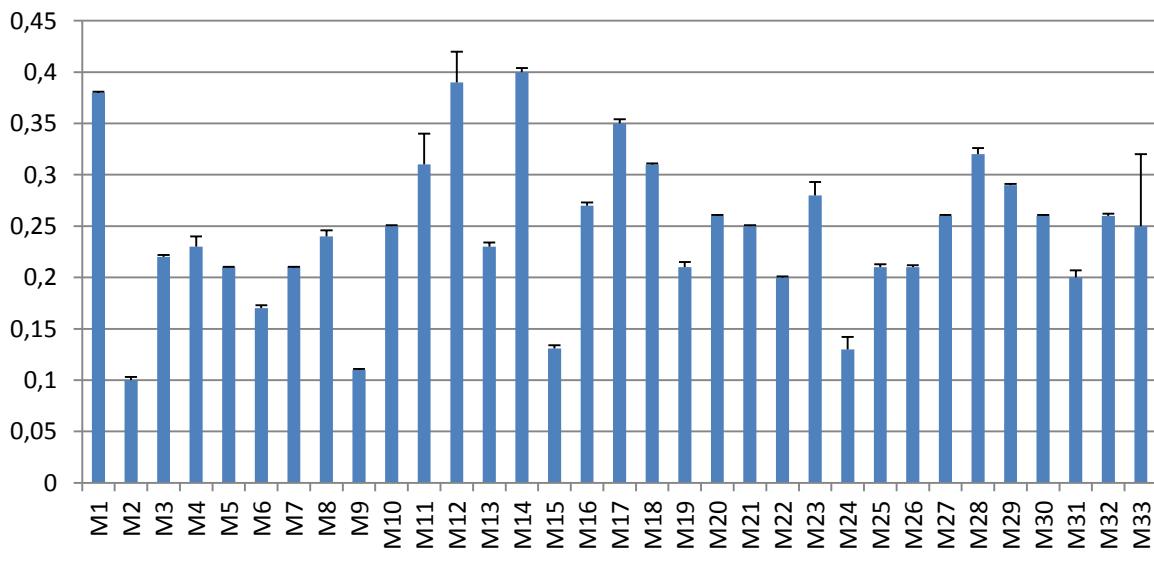


Figure 31: La conductivité électrique des échantillons de miels analysés

2-5 Acidité libre, lactonique et totale :

La teneur en acide du miel est relativement faible, mais c'est un facteur important pour son goût (**Mehryar et al, 2013**).

La fermentation du miel provoque une augmentation de son acidité, c'est pourquoi une valeur maximale est très utile, bien qu'il existe une fluctuation naturelle considérable (**Kohlich et al., 1985 cité in Amri, 2006**).

Le miel est un tampon qui signifie que son pH ne change pas par l'ajout de petites quantités d'acides et de bases. La capacité tampon est due au contenu de phosphates, de carbonates et d'autres sels minéraux (**Gebremariam et Brhane, 2014**).

L'acidité naturelle des miels peut augmenter quand ils vieillissent, lorsqu'ils sont extraits de peignes avec la propolis, et surtout quand il se détériore en raison de la fermentation. En outre, le miel adulé avec le sirop de sucre a une acidité très faible (moins de 1) tandis que celui adulé avec le sucre inversé a une acidité nettement plus élevée (**Yadata, 2014**).

L'acidité des miels est essentiellement due à l'acide gluconique (**Vaillani et Mary, 1988**), résultant de la conversion de l'alcool issu de la fermentation de miel. Cet acide est présent dans tous les miels. C'est une enzyme de l'abeille, la gluco-oxydase qui est à l'origine de celui-ci (**Russo, 1997**).

Le miel contient un certain nombre d'acides différents, dont environ 18 acides aminés, de nombreux acides organiques différents, ainsi que des acides aliphatiques et aromatiques. Les acides aromatiques contribuent grandement à la saveur du miel (**Yadata, 2014**).

Dans les miels *d'Apis mellifera*, **Stinson et ses collaborateurs (1960)** cité in **Cortopassi-Laurin et Gelli (1991)**, ont ainsi identifié entre autres acides organiques, les acides gluconique, butyrique, acétique, formique, malique, citrique, etc.

La composition des acides organiques dans le miel n'a pas encore été suffisamment étudiée; cependant, certaines preuves (**Rogulja et al., 2009 cité in Prica, 2014**) suggèrent que les acacia, les châtaigniers et les prairies sont caractérisés par des teneurs en acides organiques particulièrement faibles, tandis que les miels plus foncés semblent généralement plus riches en acidité.

L'acidité libre donne des informations sur l'origine des miels et en influençant sa stabilité (**Pataca et al., 2007**).

Les valeurs obtenus de l'acidité libre dans notre étude sont situées entre 10,16 et 28,03 meq/kg (Figure 32), c'est-à-dire que tous les miels analysés sont dans la norme requise du

codex Alimentarius (1998), qui est 50 meq /kg de miel, indiquant une absence de fermentation indésirable dans nos échantillons.

Nos résultats concordent avec d'autres travaux réalisés sur des miels Algériens, **Makhloifi (2010)** a trouvé des valeurs variant entre 3 et 22,50 meq /Kg, **Zerrouk et ses collaborateurs (2011)** signalent des valeurs entre 17.97– 49.1 meq/kg.

Prica et ses collaborateurs (2014) ont signalé des valeurs moyennes plus élevées de l'acidité dans des échantillons de miel multiflore. **Gebremariam et Brhane (2014)** ont trouvé une valeur moyenne de l'acidité égale à $12,66 \pm 10,61$ meq / kg de miel.

Mehryar et ses collaborateurs (2013), ont remarqué une relation linéaire droite entre l'acidité libre et la teneur en cendres. La relation linéaire peut être due à la présence de certains ions inorganiques comme le phosphate, le sulfate et le chlorure dans les cendres, ce qui peut contribuer à une augmentation de l'acidité libre.

L'acidité lactonique est considérée comme acidité de réserve lorsque le miel devient alcalin (**Gonnet, 1982**). Les valeurs obtenues dans notre étude de l'acidité lactonique sont comprises entre 2,38 et 20.45 meq/kg. L'acidité totale est la somme de l'acidité libre et lactonique, elle varie selon la saison de récolte (**Derodriguez et al., 2004**).

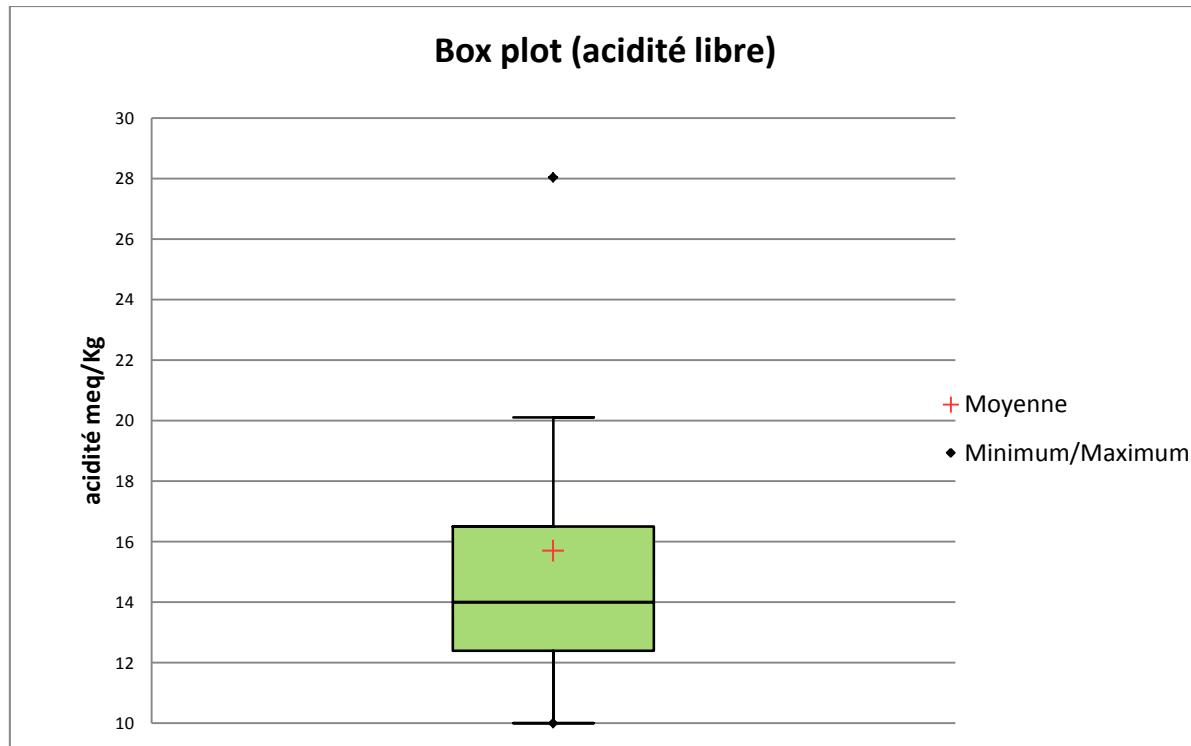


Figure 32: L'acidité libre des échantillons de miels analysés

L'acidité totale est un critère de qualité, nos résultats montrent des valeurs comprises entre 17.12 à 34.29, ces résultats indiquent que tous les miels analysés sont conformes à la norme requise par le codex.

Pour les deux échantillons d'*Erica sp.* M19 et M21, nous avons trouvé des valeurs dans la norme internationale, par contre **Garcia et ses collaborateurs (2001)** ont trouvé des valeurs qui dépassent les limites autorisés par l'Union Européen.

2-6 Teneur en protéines :

Selon **Anklam (1998)**, les protéines du miel pourraient provenir du nectar végétal, de l'abeille ou du pollen. Ils jouent un rôle important dans la formation du miel. Ainsi, leur réduction ou absence dans des miels frelatés, surchauffés ou stockés en excès sert d'indicateur de fraîcheur. Le miel contient moins 5mg/g de protéines, le pollen est la source principale de protéine de miel (**Baume et al., 2004**).

Il est montré que la richesse en protéines essentiellement les peptones, des albumines, des globulines et des nucleo-protéines, proviennent de la plante et/ou de l'abeille et qui diffère selon l'origine botanique des miels (**Jonathan et al., 1978 cité in Amri, 2006**).

Selon **Bogdanov (1981)** cité par **Chefrour (2007)**, les miels de fleurs contiennent des quantités très faibles en protéines qui ne dépassent pas 0,3%, alors que les miels de miellat peuvent contenir jusqu'à 1% de protéines.

La quantification des protéines de chaque variété de miel a été réalisée à partir d'une courbe de référence présentée dans l'annexe III (a). Les résultats obtenus varient entre 0,11 et 2,85 mg/g. Cette variation peut être attribuée au type de flore et de l'alimentation des abeilles (**El Sohaimy et al., 2015**).

L'échantillon M2 (Berrahal) est le plus riche en protéines, avec un taux de 2,85%, c'est un échantillon qui provient d'*Eucalyptus*, moyennement riche en pollen. L'échantillon M31 (Hammam Dbegh) est un miel polyfloral, il est le plus pauvre en protéines avec une teneur égale à 0,11% (figure 33).

L'échantillon M12 (Bougous) contient 1,51% de protéines, alors que **Amri en 2006** a trouvé une teneur de 0,26% dans un échantillon de la même région récolté en 2004, mais les deux valeurs sont dans la norme (moins 5mg/g).

Pour l'échantillon M11 de Boutheldja, nous avons trouvé 0,31% de protéines alors que **Amri (2006)** a trouvé 0,21% dans un échantillon récolté en 2004.

La variabilité de la teneur en protéines des différents types de miel peut faire référence à l'origine du miel et au type de pollens.

Une petite partie de protéines est constituée d'enzymes, notamment d'invertase, de diastase, d'amylase, de glucose oxydase, de catalase, d'a-glucosidase et de b-glucosidase, il n'y a aucune réglementation ou législation imposant des limites pour les protéines dans le miel, mais il est nécessaire pour l'étiquetage de ce produit (**De Almeida, 2013**). De faibles niveaux de protéines indiquent que le miel est authentique (**Mehryar et al., 2013**).

Nos résultats sont faibles par rapport aux résultats obtenus par **Ouchemoukh et ses collaborateurs en (2007)** qui ont trouvé des valeurs comprises entre 3,7 et 9,4 mg/g dans les miels de Bejaia.

Nos résultats concordent avec les résultats obtenus par **Amri (2006)** qui a trouvé des résultats situées entre 0,076 et 0,266 %. Alors que, la teneur en protéines de la plupart des miels tunisiens étaient entre 0,13 et 0,16 g / 100 g de miel (**Boussaid et al., 2014**).

Les valeurs obtenues dans cette étude sont semblables à celles rapportées par (**Buba et al., 2013**), pour six différentes types de miel monofloral de la région de Nigeria, qui variaient entre 0,46 et 1,04 g / 100 g.

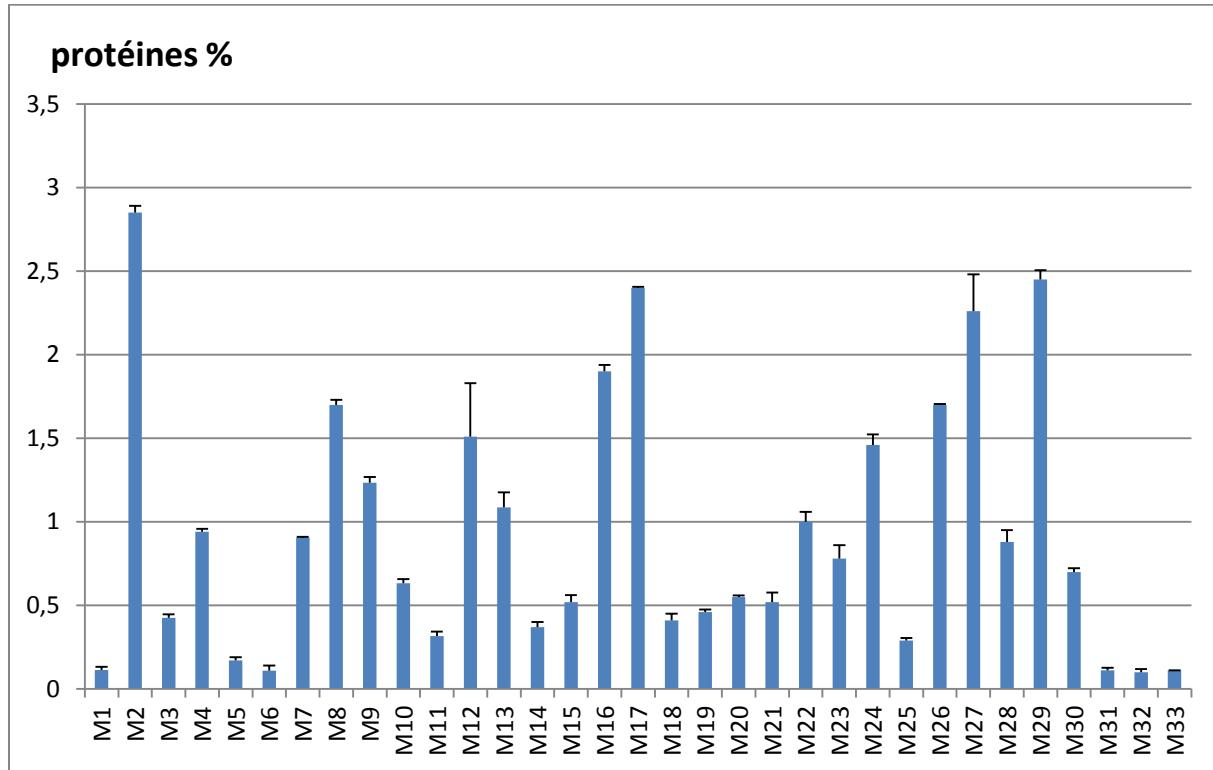


Figure 33: La teneur en protéines des échantillons de miels analysés

2-7 Teneur en sucres réducteurs totaux :

La détermination des sucres dans le miel est également un critère de qualité qui est influencé par le stockage du miel et le chauffage, il représente un indicateur de la fraîcheur du miel et la surchauffe (**Gebremariam et Brhane, 2014**).

Les sucres des miels sont responsables de sa viscosité, de son hygroscopicité et de sa cristallisation. La répartition entre les différents sucres va donner de précieux renseignements qui permettront de prévoir la vitesse de cristallisation et la stabilité de la structure d'un miel (**Pourtallier et al., 1970**). Elle donnera également des informations sur l'origine du miel.

Selon **Gonnet (1982)**, les sucres représentent la plus grande partie de la matière sèche du miel (95 à 99%). Les sucres de miel sont facilement digestibles comme ceux de nombreux fruits (**El Sohaimy et al., 2015**). **Bogdanov et ces collaborateurs (2004)** ont trouvé plus de 22 sucres dans le miel; Cependant, le fructose et le glucose sont la principale teneur en sucre. Les sucres primaires existants dans le miel sont le fructose et le glucose, et dans le miel de nectar la teneur en fructose doit être supérieure à celle du glucose.

Ces sucres sont composés principalement de fructose, de glucose et de saccharose. Les autres hydrates de carbone dans le miel constituent environ 12% en masse (**De almeida, 2013**). Ils comprennent les disaccharides, tels que le maltose, l'isomaltose, les trisaccharides et les tétrasaccharides (**Anklam, 1998**).

Seuls les miels très riches en fructose (acacia, châtaignier, miellat...) peuvent rester liquides longtemps (**Bogdanov, 1988**). Les miels de fleurs contiennent une quantité faible de monosaccharides par rapport aux miels de nectar.

Louveaux (1968) cité par Daukani et al. (2014) précise que la composition en sucres permet dans certains cas d'identifier l'origine botanique de quelques miels monofloraux et la proportion des différents sucres présents dans un miel est très aléatoire. Elle dépend, en effet, directement du type de fleurs butinées par les abeilles.

Les résultats de notre étude varient entre 75,46 et 83,63%. Ces résultats confirment que les sucres sont les constituants majoritaires du miel.

Le miel M23 a montré la teneur en sucres la plus élevée suivie par l'échantillon M9, tandis que la valeur la plus basse de la teneur en sucres a été enregistrée dans le miel M24.

Les résultats obtenus montrent une corrélation entre les sucres et la teneur en eau, les échantillons les plus riches en eau contiennent une faible quantité de sucres et vice-versa (**Popek, 2002**).

La teneur élevée en sucres des échantillons de miel étudiés, pourrait être attribuée à sa forte acidité et à sa faible teneur en humidité, ce qui inhibe la formation d'Hydroxy Methyl

Furfural (HMF) à partir de sucres, en particulier de glucose et de fructose (**El Sohaimy et al., 2015**).

2-8 Teneur en Hydroxy Méthyl Furfural (HMF) :

Selon **Schweitzer (2001) cité par Mazrou (2008)**, L'HMF est l'abréviation usuelle du 5-HydroxyMéthyl-2-Furfural. Sous cette dénomination se cache un aldéhyde aromatique isolé pour la première fois en 1832, que l'on synthétise à partir du fructose obtenu à partir de produits agricoles. La formation d'HMF provient d'une dégradation lente du fructose lequel, en milieu acide, se décompose et perd trois molécules d'eau.

Ce processus est également accéléré par le chauffage. L'acidité et la teneur en eau élevées favorisent cette transformation, mais l'excès de chaleur et un entreposage prolongé sont des facteurs encore plus importants dans ce processus (**Mazrou, 2008**).

La présence d'HMF dans les miels est donc un révélateur de dégradation plus ou moins avancé de produit (**Gonnet, 1982**).

L'HMF est un indicateur de la fraîcheur et le sur chauffage du miel, Selon **White (1992, 1994) cité in Karabournioti et Zervalaki (2001)**, le taux d'HMF est un critère de qualité de plusieurs variétés d'aliments (**Nozal et al., 2001**) comme le miel, qui peut fournir toutes les informations nécessaires concernant l'exposition à la chaleur de n'importe quel miel. Il y a des différences entre les miels floraux et les miellats, entre les miels d'origine botanique diverses, en fonction aussi des variations importantes du pH et de l'acidité.

Le miel fraîchement récolté ne contient pratiquement pas d'HMF. Par contre, dans le cas d'un stockage trop chaud, cette valeur augmente (**Bogdanov, 1995 ; Mendes et al., 1988**).

La quantité d'HMF tolérée dans un miel doit toujours être faible, inférieure à 10 mg /kg de miels, bien que la loi tolère jusqu'au 40 ppm pour l'union européen et 60 ppm pour le codex alimentarius (**Bogdanov et al., 1999**).

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

Le vieillissement à des conséquences sur l'arôme, le goût, la couleur devient de plus en plus foncée, des modifications chimiques interviennent. La plus connue est l'apparition d'HMF (**Kubis ,1998**).

Dans le cas d'un stockage normal, les valeurs d'HMF enregistrent annuellement une augmentation d'environ 5 à 10 mg/ kg comparativement au cas du stockage au chaud et lors de la fonte à des températures plus élevées (50 à 70°C), la teneur en HMF augmente plus

rapidement (**Han et al., 1985 cité in Amri, 2006**). Dans les pays chauds, la teneur en HMF augmente rapidement avec la durée de stockage.

L'indice du HMF n'augmente pratiquement pas la première année, mais s'accroît fortement aux cours des deux années suivantes (**Philippe, 1999 cité in Mazrou, 2008**).

Les résultats des miels étudiés sont compris entre 0,5 et 45.33 mg/kg et une moyenne égale à 11.31 ± 7.9 mg/kg (figure 34), d'après ces résultats, on peut dire que tous nos miels sont conformes à la norme requise par le codex à l'exception des deux échantillons M31 et M32. Ces résultats peuvent être expliqués par le mode d'extraction traditionnel par la chaleur et aussi par la température élevée dans ces deux régions de Guelma.

Les résultats obtenus sont faibles par rapport aux résultats obtenus par **Haouam (2016)**.

Les travaux de **Bouzebda (2001)** et **Laouar (2006)**, ont montré que le sucre commercial a une grande valeur d'HMF due à sa conservation dans des boîtes de plastiques.

Nos résultats sont faibles par rapport aux travaux réalisés par **Terrab et al., (2002)** sur des miels Marocains ; **Downey et al., (2005)** sur des miels d'Irland et **Mendes et al., (1998)** sur des miels Portugaises.

La teneur en HMF n'est pas une propriété intrinsèque, de miel donc on ne peut pas l'utiliser pour la détermination de l'origine botanique. Par contre, l'HMF est une excellente méthode pour apprécier la qualité. Sa teneur est donc un très bon indice de dégradation (**Schweitzer et al., 2004**).

L'utilisation d'HMF comme un seul paramètre pour déterminer la sévérité du traitement thermique est insuffisant, car d'autres facteurs peuvent influencer sur le taux d'HMF, tel que le profil des sucres, la présence des acides organiques, le pH, la teneur en eau, l'activité de l'eau et la source florale. Par conséquent, l'HMF ne donne qu'une indication de surchauffe ou de mauvaise condition d'entreposage (**Barra et al., 2010 cité par Haouam, 2016**).

Selon **Gonnet (1963)**, les modifications qui conduisent au brunissement de la plupart des substances organiques sont dues en grande partie à l'ensemble de réactions de formation de l'HMF. Il a signalé dans ces travaux qu'un chauffage modéré (aux environs de 3°C) mais prolongé pendant plusieurs mois, de même qu'un stockage à la température ordinaire pendant plusieurs années, peuvent amener la formation d'HMF dans le miel en quantité appréciable.

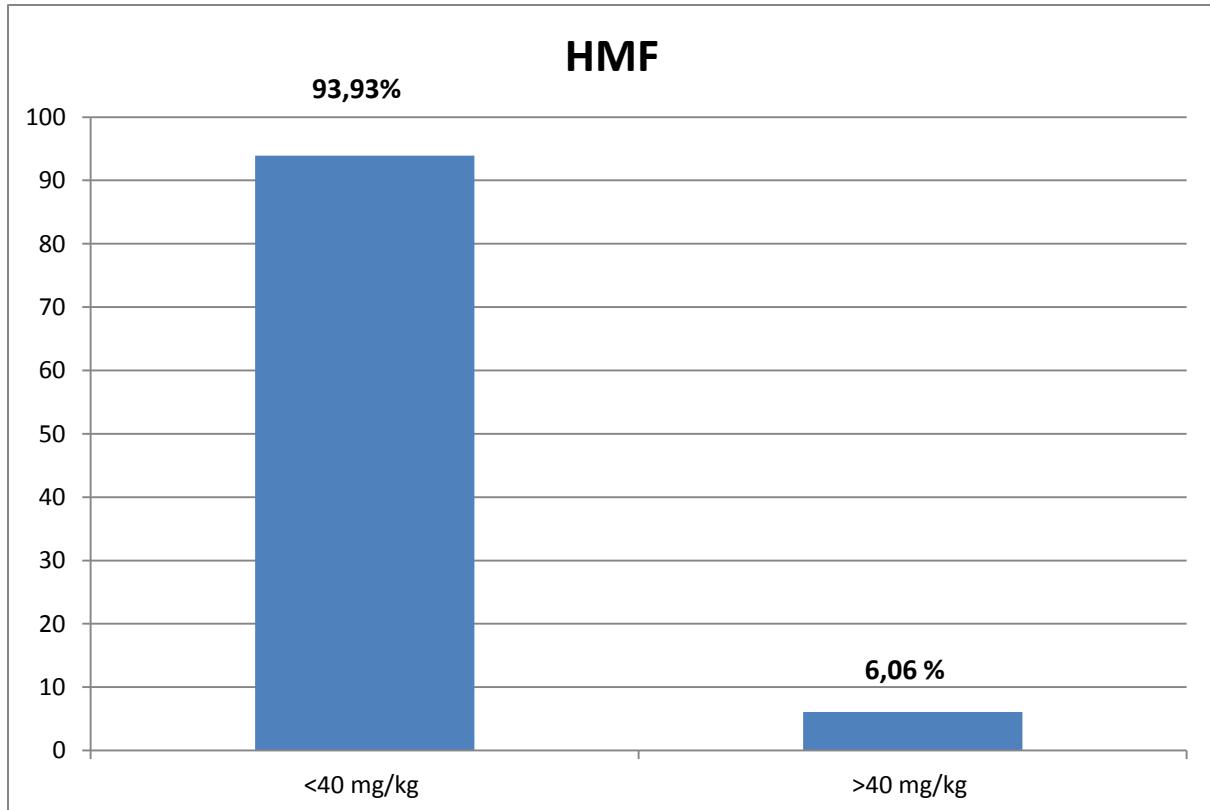


Figure 34 : Répartition de l’HMF dans les miels analysés.

2-9 La densité :

La densité du miel appelée aussi le poids spécifique est un facteur important (**Manzoor et al., 2013**). Selon **Louveaux (1985)** cité par **Amirat (2014)**, les variations de la densité des miels proviennent surtout des variations de la teneur en eau. Plus le miel est riche en eau et moins il est dense.

Selon **Jean Prost (1987)**, la densité de miel à 20°C est comprise entre 1.39 et 1.44, il ajoute qu’un miel récolté trop tôt ou extrait dans un endroit humide contient trop d’eau.

Une étude réalisée par **El-Bialee et Sorour (2011)**, a montré que la densité diminue avec la concentration croissante d’amidon ajouté au miel, la même tendance a été observée pour le miel falsifié par l’addition de glucose et d’eau distillée. Les valeurs de densité augmentent avec l’augmentation de la concentration de mélasse ajoutée au miel.

Les valeurs obtenues dans notre étude sont comprises entre 1,04 et 1,55 (Figure 35).

L’échantillon M27 montre la grande densité, alors que l’échantillon M9 présente la densité la plus faible.

Ouchemoukh et ses collaborateurs en 2007, ont trouvé des valeurs de densité comprises entre 1,4009 et 1,4505.

Une étude réalisée sur des miels de Kashmir a montré que la densité des miels de l'*Apis mellifera* est de 1,060, alors que les miels de l'*Apis cerana* ont une densité égale à 1,056 (**Manzoor et al., 2013**).

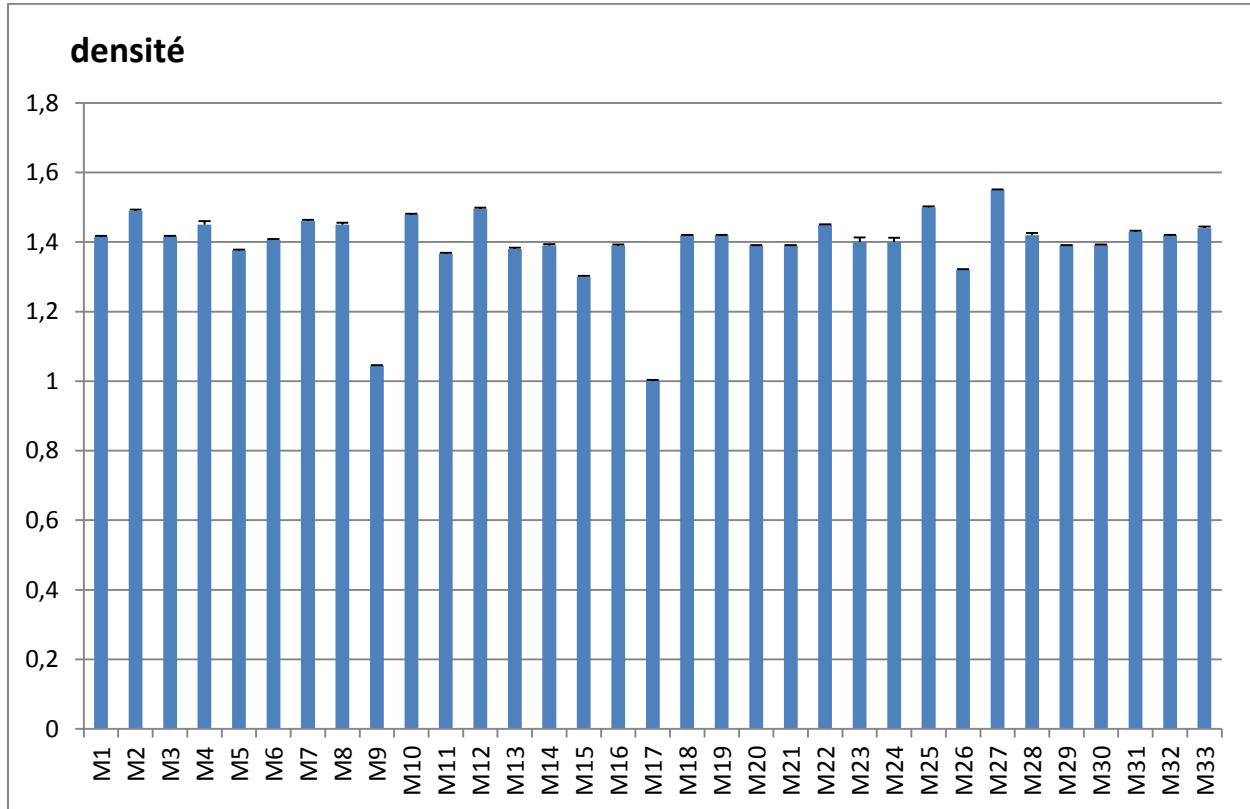


Figure 35: La densité des échantillons de miels analysés

4-2-10 Les polyphénols :

Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires dont les principales sources sont les sécrétions végétales. Parmi les structures identifiées dans le miel: les acides phénoliques (acides benzoïques et cinnamiques), les flavonoïdes, (flavones et les flavanones) en proportion variable (**Al Mamary et al., 2002 cité in Yahia Mahammed et Yahaia Mahammed, 2015**).

Les polyphénols possèdent une grande variété de structures allant de composés contenant un simple noyau phénolique (acide phénoliques) à des composés polymériques complexes comme les tanins (polymères de catéchine et épi catéchine présentant plusieurs dizaines d'unités). Les polyphénols constituent les principes actifs de nombreuses plantes médicinales,

ils ont la capacité de moduler l'activité d'un grand nombre d'enzymes et de certains récepteurs cellulaires (**Chouia, 2014**).

Les niveaux élevés de flavonoïdes, d'acides phénoliques, d'acide ascorbique, de catalase, de peroxydase et de caroténoïdes, assurent un niveau élevé d'antioxydants dans le miel qui est la caractéristique de son effet en tant que produit médical naturel (**Madhavi et Kailash , 2014**). D'après **Anklam (1998)**, la variation de la teneur en polyphénols pourrait être due à l'origine géographique et climatique spécifique du miel et les conditions des sources végétales de la région.

Certains phénols participent à l'arôme au même titre que les substances terpéniques caractéristiques de quelques sources végétales (Lavande, Sapin), d'autre part certains composés phénoliques sont impliqués dans les qualités organoleptiques des produits et enfin les substances phénoliques interviennent, plus ou moins directement, sur la couleur par l'intermédiaire des flavonoïdes susceptible de contribuer à la coloration jaune (**Amiot et al., 1989**).

Beretta et ses collaborateurs (2005) ont constaté que les miels de couleur foncée ont une teneur élevée en composés phénoliques totaux et par conséquent une capacité antioxydante élevé.

La détermination de la teneur en composés phénoliques totaux est également considérée comme une méthode prometteuse permettant d'étudier les origines florales du miel. Il est recueilli à partir de l'origine botanique et géographique qui affecte la concentration en composés phénoliques, la distribution de pollen et l'activité antioxydante du miel (**Doukani et al., 2014**).

Les valeurs obtenues dans notre travail varient de 39.78 mg GAE/100g miel (échantillon M9) à 108,69 mg GAE/100g miel (échantillon M4) et une moyenne égale à 56.91 ± 16.04 mg GAE/100g miel (figure 36), la courbe d'étalonnage utilisé dans notre travail est présentée dans l'annexe III (b).

L'échantillon M4 est un échantillon polyfloral, l'échantillon d'Eucalyptus (M11) contient aussi une quantité importante en composés phénoliques (82.60).

Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par **Ibrahim khalil et ses collaborateurs (2012)**, qui ont signalé des valeurs entre 411 ± 1.55 mg GAE/kg miel pour des échantillons algérien.

Douka et ses collaborateurs (2014), déterminent des valeurs supérieures comprises entre 166.11 à 427 mg GAE/100g miel dans quelques miels de l'Ouest algérien. Ils ont signalé que l'échantillon le plus riche en phénol est un miel monofloral, issu à partir de lavande, ce qui

suggère qu'il a un meilleur potentiel oxydant. La lavande est reconnue par sa composition en Flavonoïdes, coumarines et tanin (**Blazecovic et al., 2010 cité par Douka, 2014**).

Chouia (2014), a trouvé une valeur moyenne 17.9 ± 2.37 mg GAE/100g miel pour des miels de la région de Ain Zâaout.

L'analyse fine des extraits phénoliques des huit miels par CCM et CLHP/UV (détecteur à barrettede diodes), montre une répartition des composés phénoliques en trois familles : acides benzoïques,acides cinnamiques et flavonoïdes, dont la composition varie avec l'origine florale (**Amiot et al., 1989**).

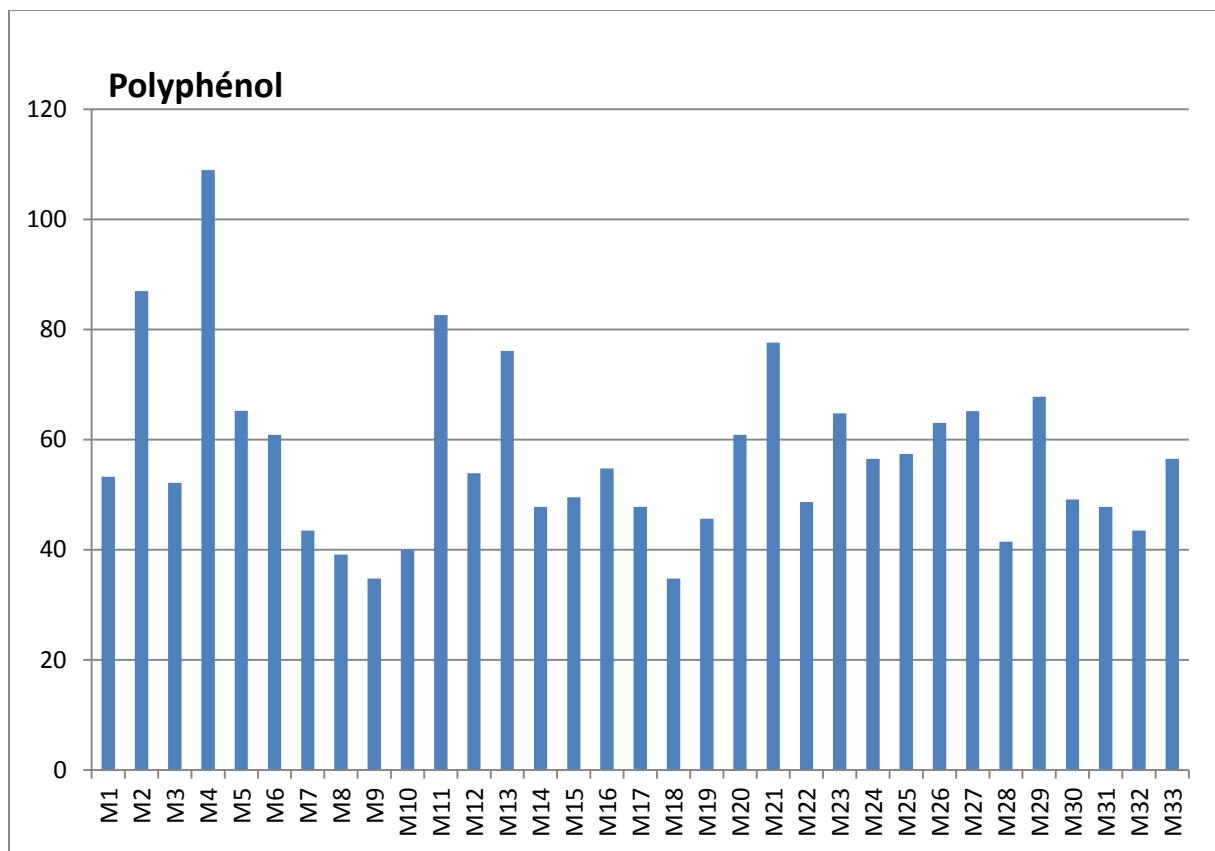


Figure 36 : Teneur en polyphénols

3- Résultats des analyses statistiques :

3-1 Résultats des analyses statistiques des paramètres physico-chimiques :

3-1-1 Matrice de corrélation des paramètres physico-chimiques:

L'analyse statistique bivariée des paramètres physico-chimiques étudiés, a montré (le tableau 14) une corrélation positive entre l'acidité totale et l'acidité libre ($r=0,73$). Une corrélation positive moyenne est observée entre l'acidité lactonique et la teneur en eau ($r=0,53$), entre l'acidité lactonique et l'HMF ($r=0,5$) et entre la conductivité électrique et la teneur en cendres ($0,42$).

Les corrélations négatives sont remarquées entre les sucres et la teneur en eau ($r=-0,84$) et une corrélation négative moyenne entre les sucres et l'acidité lactonique ($r=-0,48$).

Corrélation entre sucres et teneur en eau : **Conti (2000)** a signalé une corrélation entre les sucres et la teneur en eau. Les échantillons de miels ayant une teneur faible en eau avaient une teneur élevée en sucres totaux, nos résultats concordent avec ceux de **Zerrouk et ses collaborateurs (2011)** dans une étude réalisée sur des miels du Centre Algérien.

,
Tableau 14: Matrice de corrélation entre les différentes variables (paramètres physico- chimiques étudiées).

Variables	eau	PH	cendres	cond	densité	protéines	acid libre	acid lac	acid tot	HMF	Sucres T	Polyphénol
Eau	1											
PH	-0,140	1										
cendres	-0,029	-0,086	1									
Cond	-0,008	0,069	0,423	1								
Densité	0,009	-0,009	0,047	0,031	1							
protéines	0,266	-0,227	0,083	0,098	-0,159	1						
acid libre	-0,144	0,094	-0,231	-0,184	0,225	-0,205	1					
acid lac	0,535	0,034	-0,101	0,049	-0,040	0,092	-0,209	1				
acid tot	0,246	0,106	-0,273	-0,128	0,170	-0,116	0,734	0,511	1			
HMF	0,023	0,181	0,088	0,055	-0,048	-0,151	-0,242	0,500	0,135	1		
Sucres T	-0,845	0,069	0,135	0,152	-0,077	-0,135	0,090	-0,481	-0,255	0,044	1	
Polyphénol	0,064	0,116	-0,096	-0,091	0,203	0,190	-0,027	0,041	0,004	-0,154	-0,117	1

3-1-2 Analyse en Composantes Principales (ACP)

Selon le graphique (Figure 37), on remarque que seule les cinq premières composantes sont supérieures à 1. D'après le tableau 15, on remarque que les cinq premières composantes expliquent 73,27 % de la variabilité relative aux miels.

Tableau 15 : Valeurs propres des cinq premières composantes

	F1	F2	F3	F4	F5
Valeur propre	2,616	2,132	1,631	1,265	1,149
Variabilité (%)	21,800	17,763	13,595	10,538	9,574
% cumulé	21,800	39,564	53,159	63,697	73,271

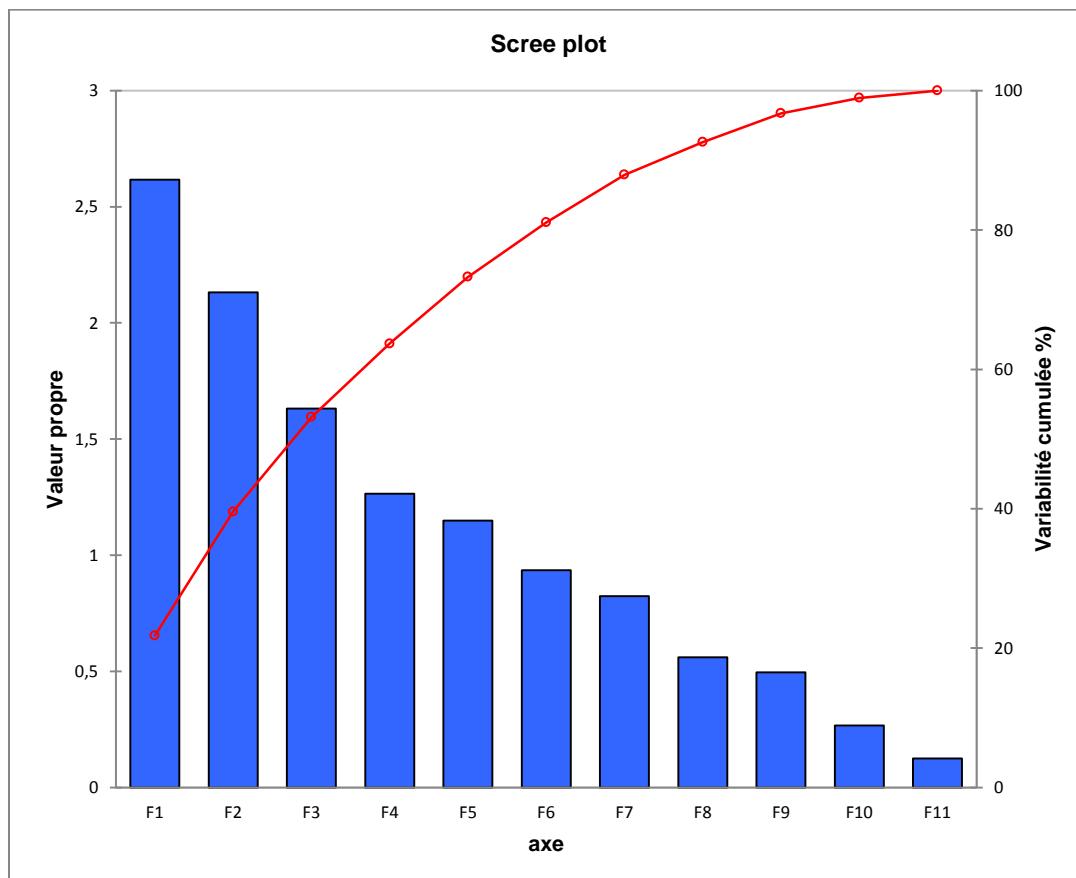


Figure 37: Analyse en composantes principales

Les deux premiers axes expliquent 39.56 % de l'information, le premier axe explique à lui seul une variabilité de 21 ,80 %, cet axe est fortement positivement corrélé à la teneur en eau et l'acidité lactonique (acid lac) et fortement négativement corrélé à la teneur en sucres réducteurs totaux, ce qui fait que les miels contenant une forte teneur en eau sont pauvres en sucres.

Le deuxième axe explique aussi une part importante de variabilité de l'ordre de (17.76%), cet axe est positivement corrélé à l'acidité libre (aidc lib) et l'acidité totale (acid tot) et négativement corrélé à la teneur en protéines.

L'axe numéro 3 présente 13.59 % de l'information, il est positivement corrélé avec l'HMF.

Le quatrième axe explique 10.53 % de l'information, il est positivement corrélé avec la teneur en cendres, la conductivité électrique et la densité.

Enfin le pH et les polyphénols sont expliqués par le cinquième axe (9.57 %).

Le tableau 16 montre la corrélation entre les variables et les facteurs, le tableau 17 présente le cosinus carré des variables.

Tableau 16 : Corrélation des variables pour les cinq composantes principales

	F1	F2	F3	F4	F5
eau	0,831	-0,322	-0,191	0,081	-0,107
PH	-0,027	0,258	0,438	0,029	0,579
cendres	-0,279	-0,491	0,195	0,542	-0,202
cond	-0,178	-0,406	0,309	0,590	-0,124
densité	0,083	0,305	-0,085	0,671	0,169
protéines	0,166	-0,471	-0,447	0,045	-0,015
acid libre	0,070	0,866	-0,095	0,226	-0,290
acid lac	0,799	-0,191	0,409	-0,030	0,045
acid tot	0,616	0,629	0,201	0,178	-0,224
HMF	0,221	-0,166	0,799	-0,137	0,123
Sucres	-0,829	0,177	0,245	-0,024	0,001

Polyphénol	0,147	0,038	-0,383	0,246	0,753
-------------------	-------	-------	--------	-------	-------

Tableau 17 : Cosinus carrés des variables

	F1	F2	F3	F4	F5
eau	0,690	0,103	0,036	0,007	0,011
PH	0,001	0,067	0,192	0,001	0,335
cendres	0,078	0,241	0,038	0,294	0,041
cond	0,032	0,165	0,096	0,348	0,015
densité	0,007	0,093	0,007	0,450	0,029
protéines	0,028	0,222	0,200	0,002	0,000
acid libre	0,005	0,750	0,009	0,051	0,084
acid lac	0,638	0,036	0,168	0,001	0,002
acid tot	0,380	0,395	0,040	0,032	0,050
HMF	0,049	0,027	0,639	0,019	0,015
Sucres	0,688	0,031	0,060	0,001	0,000
Polyphénol	0,022	0,001	0,147	0,060	0,566

La figure (38a) présente la distribution des échantillons sur l'axe 1-2, cette figure ainsi que le tableau 18 montrent que l'axe 1 est représenté par les échantillons M1, M14, M18, M23, M24, M26, M29 et M33. Alors que l'axe 2 est représenté par les échantillons M5, M6, M12, M16, M19, M20, M21, M22 et M25.

La figure 38b montre la répartition des paramètres physico-chimique sur le plan factoriel 1-2. Les cercles de corrélations sont des graphiques visant à représenter géométriquement les variables initiales dans le nouveau système de coordonnées.

Le graphique permet de constater que les variables : conductivité électrique, les cendres, les protéines, l'HMF, les polyphénols, le pH et la densité sont proches de l'origine (ont des vecteurs de faible longueurs indiquant donc de faibles corrélations et par conséquent une

mauvaise prise en compte de ces variables par l'ensemble des deux axes.). Les autres paramètres sont proches au cercle de corrélation et sont par conséquent mieux représentées.

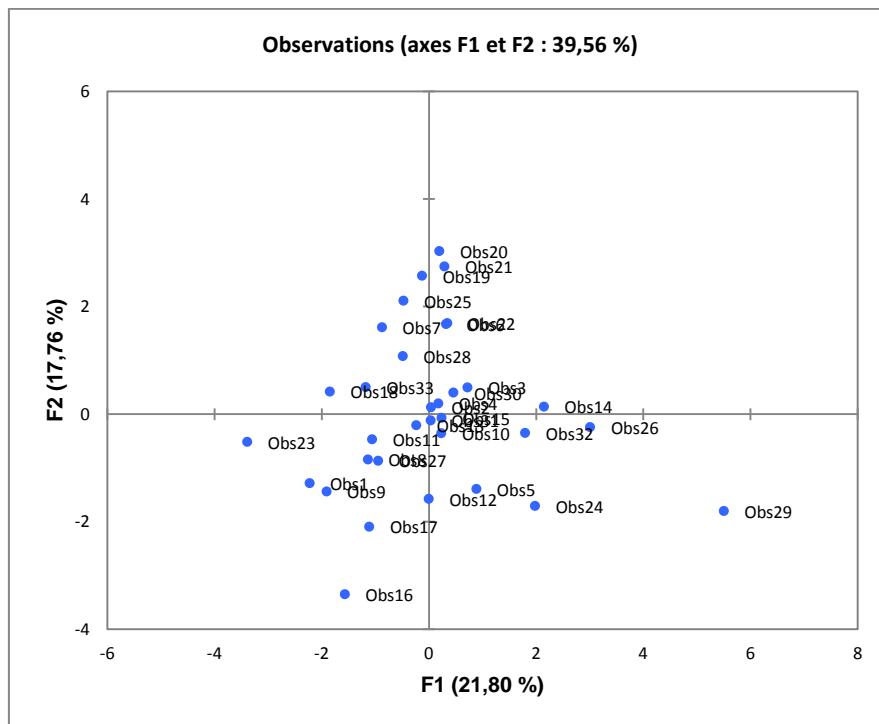


Figure 38a : Analyse en Composantes Principales (ACP) : Distribution des échantillons sur le plan factoriel 1-2.

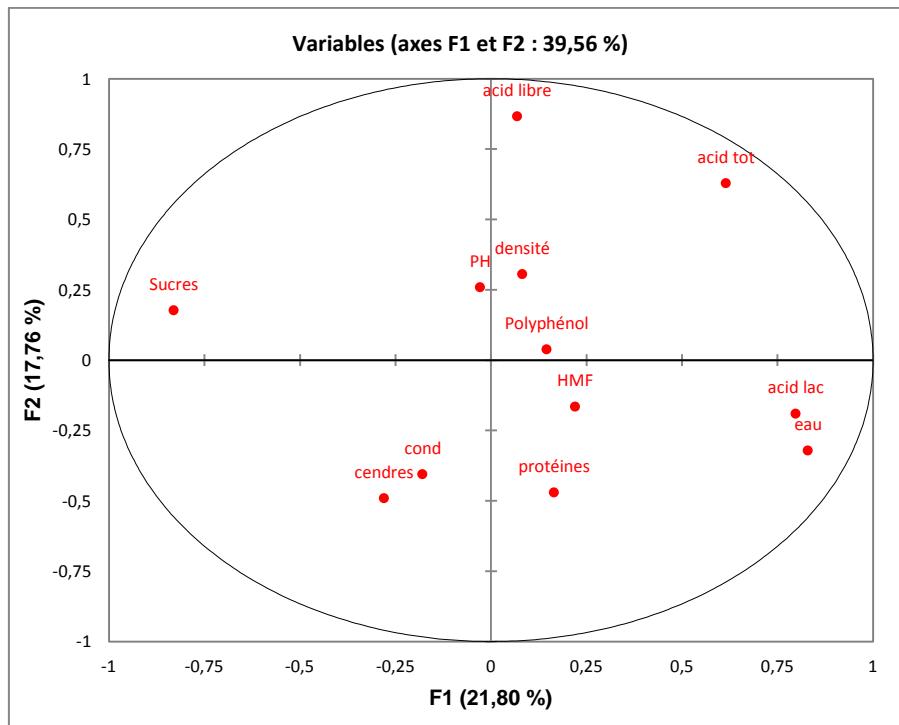


Figure 38b : Analyse en Composantes Principales (ACP) : Répartition des paramètres physico-chimique sur le plan factoriel 1-2.

Tableau 18: Cosinus carrés des observations (échantillons)

	F1	F2	F3	F4	F5
Obs1	0,358	0,120	0,036	0,213	0,027
Obs2	0,000	0,001	0,273	0,008	0,260
Obs3	0,117	0,053	0,217	0,071	0,080
Obs4	0,002	0,003	0,046	0,000	0,644
Obs5	0,069	0,166	0,124	0,009	0,013
Obs6	0,011	0,278	0,020	0,041	0,089
Obs7	0,068	0,235	0,057	0,015	0,432
Obs8	0,145	0,081	0,064	0,025	0,201
Obs9	0,168	0,097	0,002	0,610	0,023
Obs10	0,014	0,032	0,069	0,000	0,212
Obs11	0,161	0,032	0,029	0,004	0,458
Obs12	0,000	0,350	0,105	0,109	0,009
Obs13	0,008	0,006	0,421	0,045	0,003
Obs14	0,398	0,002	0,255	0,009	0,014
Obs15	0,011	0,001	0,325	0,500	0,006
Obs16	0,086	0,397	0,103	0,279	0,000
Obs17	0,058	0,209	0,008	0,262	0,024
Obs18	0,423	0,022	0,110	0,004	0,001
Obs19	0,002	0,739	0,005	0,004	0,001
Obs20	0,003	0,747	0,005	0,019	0,000
Obs21	0,007	0,605	0,010	0,079	0,019
Obs22	0,016	0,369	0,185	0,004	0,354
Obs23	0,732	0,017	0,000	0,080	0,013
Obs24	0,246	0,182	0,188	0,013	0,005
Obs25	0,034	0,678	0,004	0,011	0,100
Obs26	0,668	0,005	0,080	0,017	0,000
Obs27	0,111	0,095	0,218	0,114	0,063
Obs28	0,027	0,132	0,002	0,136	0,631
Obs29	0,824	0,088	0,023	0,026	0,005
Obs30	0,086	0,063	0,624	0,005	0,057
Obs31	0,000	0,001	0,659	0,003	0,007
Obs32	0,197	0,008	0,685	0,021	0,008
Obs33	0,221	0,039	0,149	0,090	0,159

3-1-3 Classification ascendante hiérarchique (CAH)

L'utilisation des méthodes de classification numérique, en complément à l'analyse de la variance, est peu courante (**Dagnelie, 2006**). La classification ascendante hiérarchique (CAH) est une méthode de construction d'une hiérarchie, nous avons réalisé cette classification entre les échantillons de miels et entre les variables.

La figure 39 présente le dendrogramme de Ward et la distance du coefficient de corrélation entre les variables.

Au niveau 1, le dendrogramme montre quatre groupes distincts de variables selon leur degré de corrélation : (cendre-conductivité), (acid libre-acid tot), (eau-acid lac) et (densité-polyphénol).

Au niveau 5 (Similarité 0.11), on distingue quatre groupes, qui sont :

- Le premier groupe comporte les variables : (teneur en eau, acidité lactonique), l'HMF les protéines.
- Le deuxième groupe regroupe les variables : (acidité libre, acidité totale) et pH.
- Le troisième groupe comprend les variables : (conductivité électrique, teneur en cendres) et sucres totaux.
- Le quatrième groupe regroupe la densité et les polyphénols.

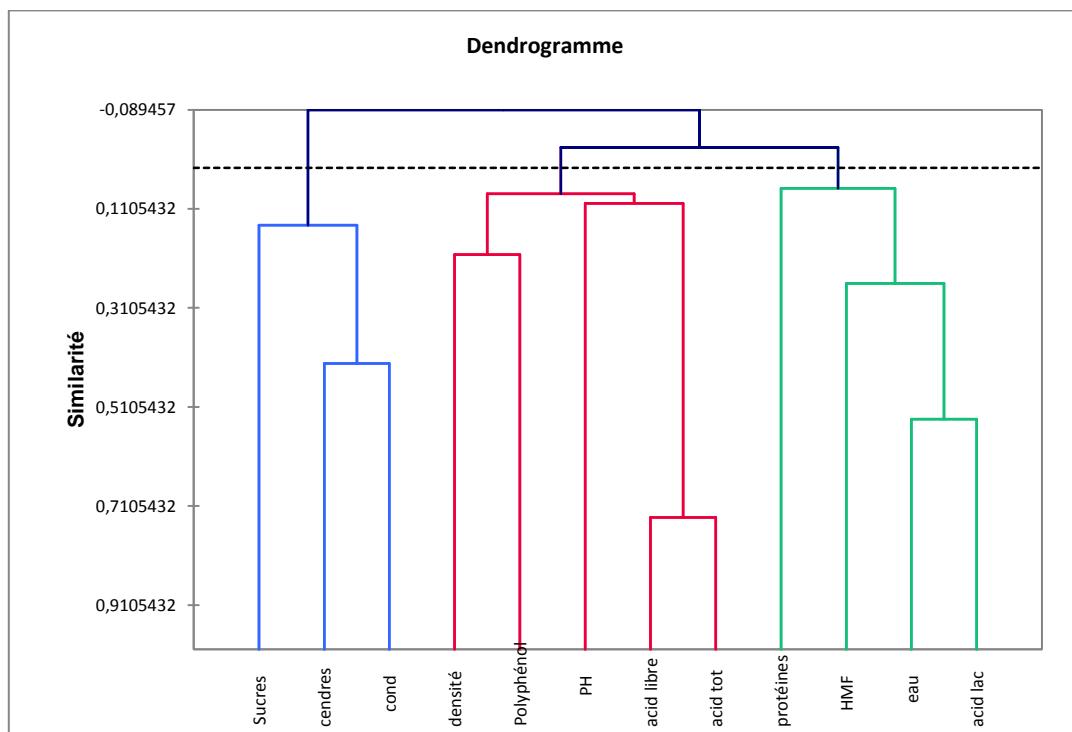


Figure 39 : Dendrogramme de Ward pour l'ensemble des paramètres

Au dernier niveau de similarité (-0,08), deux groupes sont formés : (sucre- cendre-conductivité) avec les autres paramètres étudiés. La figure 40 représente les liens entre les échantillons de miels étudiés.

Les groupes du niveau de similarité (0,95) sont au nombre de cinq, qui sont présentés dans le tableau 19.

Tableau 19 : Groupes formés par l'analyse hiérarchique

Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	Groupe 4	Groupe 5
M1	M2	M7	M14	M31
M3	M4	M8	M15	M32
M5	M11	M9	M16	
M6	M13	M10	M26	
M12		M17	M30	
M20		M18	M33	
M21		M19		
M23		M22		
M24		M28		
M25				
M27				
M29				

Au niveau de similarité (0.87), la relation est très faible entre les échantillons, le groupe est formé par (M31-M32) et l'ensemble des échantillons. Les résultats indiquent que les échantillons M31 et M32 sont caractérisés par les sucres, les cendres et la conductivité. Alors que les autres échantillons sont caractérisés par les autres paramètres étudiés.

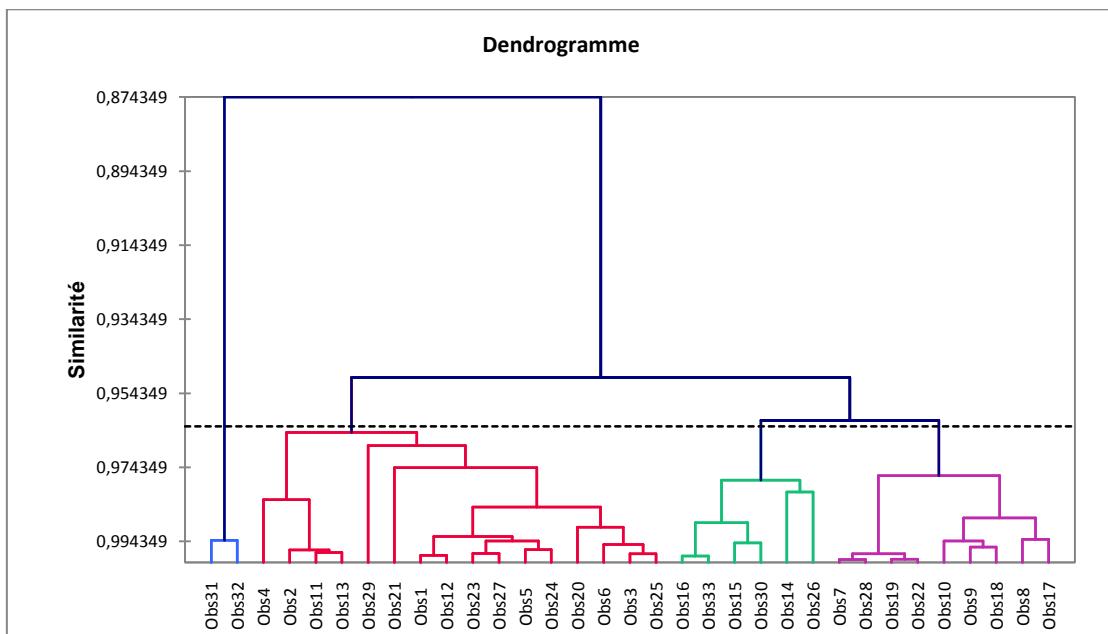


Figure 40 : Dendrogramme de Ward pour l'ensemble des échantillons

3-2 Résultats d'analyses statistiques des paramètres étudiés (polliniques et physico-chimiques) :

4-3-2-1 Matrice de corrélation :

Après l'ajout de nombre de grains de pollen aux études, nous avons remarqué une relation très faible entre les paramètres physico-chimiques étudiés et le nombre de grains de pollen, sauf une corrélation moyennement positive avec les polyphénols (0.534) (tableau 20).

4-3-2-2 Analyse en composante principale (ACP) :

Les cinq premiers axes présentent 71.30 % de l'information (figure 41a).

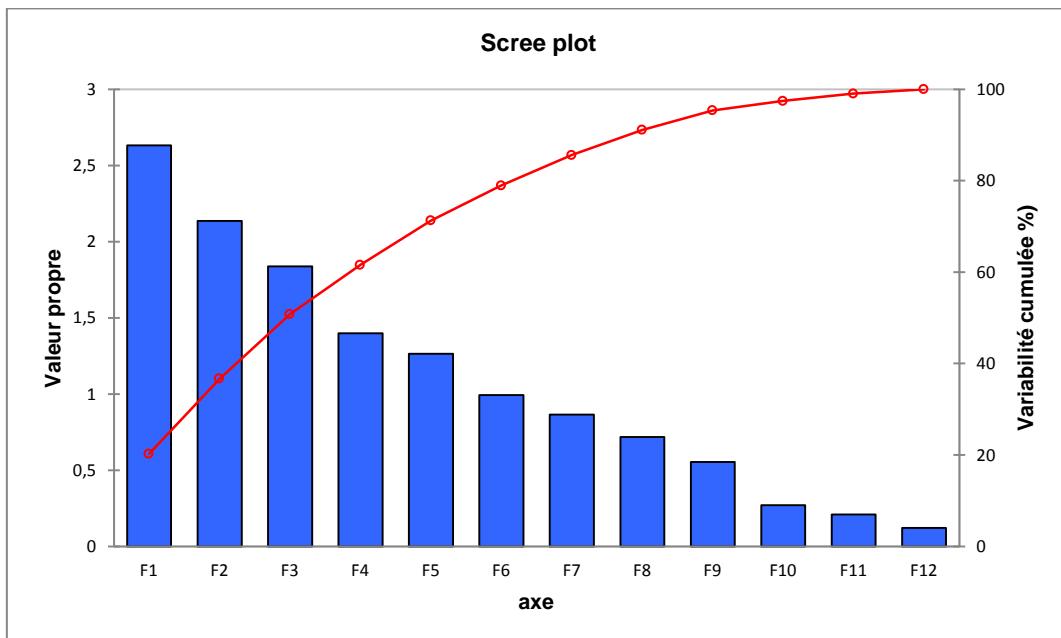


Figure 41a: Analyse en composantes principales

Le cercle de corrélation de tous les paramètres étudiés a montré une relation entre le nombre de grain de pollen, la teneur en eau, l'acidité lactonique et les protéines (figure 41b).

3-2-3 Classification ascendante hiérarchique (CAH) :

L'ajout de nombre de grain de pollen n'a pas changé la disposition des paramètres physico-chimiques, sauf pour les polyphénols qui ont perdu leur disposition avec la densité et forment un nouveau groupe avec les grains de pollen (figure 42).

Tableau 20 : Matrice de corrélation entre les différents paramètres étudiés

Variables	eau	PH	cendres	cond	densité	protéines	Aci libre	acid lac	acid tot	HMF	Sucres	Polyphénol	pollen
eau	1												
PH	-0,140	1											
cendres	-0,029	-0,086	1										
cond	-0,008	0,069	0,423	1									
densité	0,009	-0,009	0,047	0,031	1								
protéines	0,266	-0,227	0,083	0,098	-0,159	1							
acid libre	-0,144	0,094	-0,231	-0,184	0,225	-0,205	1						
acid lac	0,535	0,034	-0,101	0,049	-0,040	0,092	-0,209	1					
acid tot	0,246	0,106	-0,273	-0,128	0,170	-0,116	0,734	0,511	1				
HMF	0,023	0,181	0,088	0,055	-0,048	-0,151	-0,242	0,500	0,135	1			
Sucres	-0,845	0,069	0,135	0,152	-0,077	-0,135	0,090	-0,481	-0,255	0,044	1		
Polyphénol	0,064	0,116	-0,096	-0,091	0,203	0,190	-0,027	0,041	0,004	-0,154	-0,117	1	
pollen	0,078	-0,211	-0,200	-0,083	0,081	-0,118	-0,183	0,073	-0,111	-0,100	-0,093	0,534	1

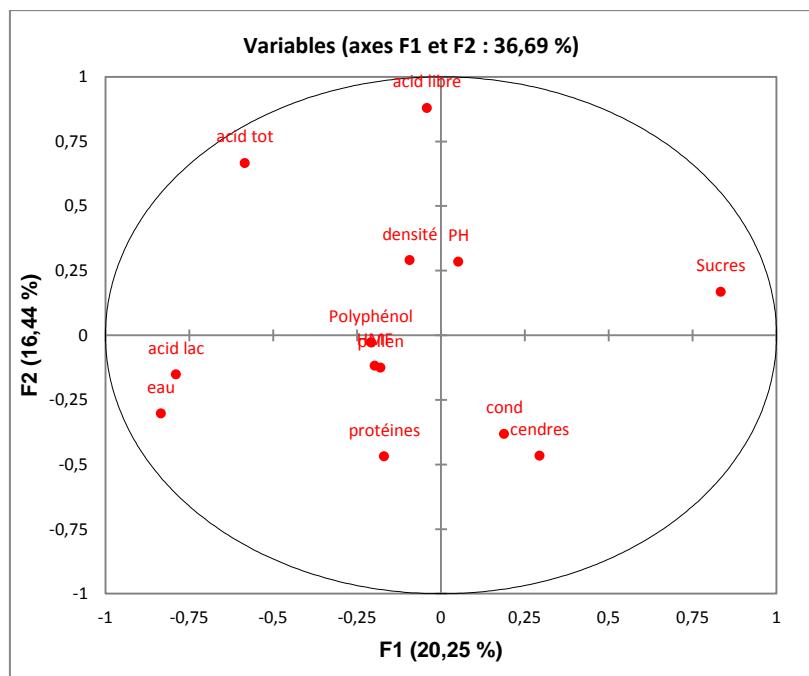


Figure 41b: Analyse en composantes principales (cercle de corrélation)

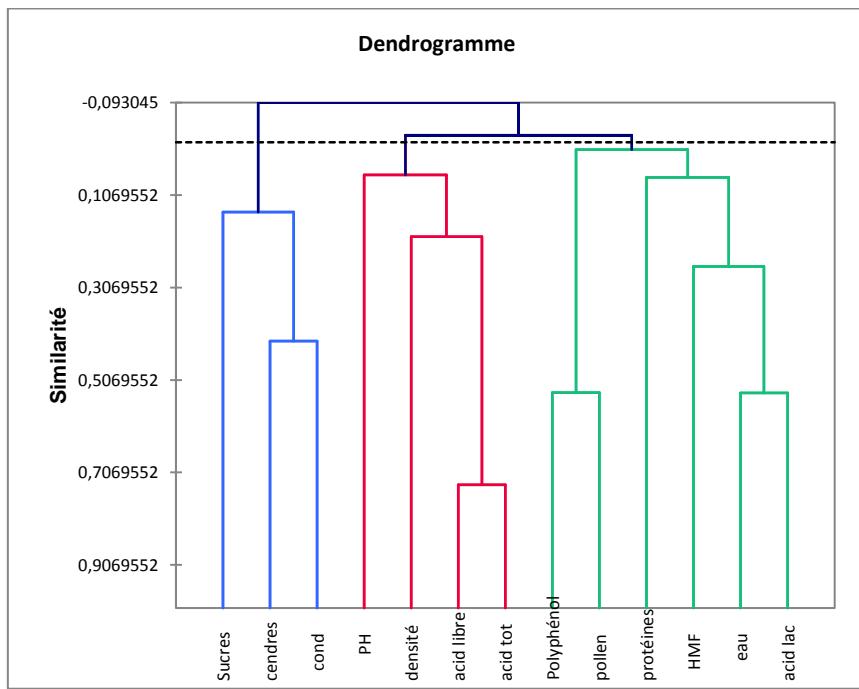


Figure 42 : Classification ascendante hiérarchique (CAH) pour l'ensemble des paramètres étudiés

Conclusion

Dans ce travail nous avons étudié l'analyse pollinique (qualitative et quantitative) et quelques paramètres physicochimiques (teneur en eau, pH, conductivité électrique, teneur en cendres, acidité libre, acidité lactonique, acidité totale, protéines, sucres réducteurs totaux, HMF, densité et polyphénols) de trente trois échantillons de miel venant des régions humides du Nord Est algérien (Annaba, El Tarf, Skikda, Jijel, Bejaia et Guelma).

Les résultats obtenus nous ont permis d'identifier la variété des miels étudiés, de déterminer leurs origines, leurs qualités et leur donner une appellation finale.

a)-D'après l'analyse pollinique qualitative nous constatons :

- La présence de 38 familles polliniques et 60 espèces dans les échantillons étudié, avec la dominance de quatre familles les Ericaceae, les Myrtaceae, les Fabaceae et les Boraginaceae.
- La séparation des miels étudiés en miels monofloraux et miels polyfloraux, 23/33 échantillon de miels sont polyfloraux.
- La présence de quatre types de miels monofloraux : miel d'*Eucalyptus sp.*, miel d'*Erica sp.*, miels d'*Echium vulgare* et miels d'*Hedysarum coronarium*.
- Les pollens des plantes visitées par les abeilles sont des pollens des plantes entomophiles où la forme circulaire est la plus fréquente avec 53%.
- La majorité des grains de pollen trouvés dans les miels étudiés possèdent différentes ornementsations.
- Le spectre pollinique des familles a montré que la classe très fréquente (présentées dans 50% des échantillons de miels) regroupe quatre familles, à savoir, les Fabaceae, les Myrtaceae , les Apiaceae et les Brassicaceae.

b)-D'après l'analyse pollinique quantitative, nous constatons que :

- Le contenu pollinique change d'un échantillon à l'autre.
- Les miels sont classés en cinq groupes selon la classification de Maurizio et la majorité des miels étudiés sont caractérisé par une richesse moyenne en familles et en taxons végétales soit 66,66 % des miels étudiés appartiennent à la classe II.

c)- Les paramètres physico-chimiques étudiés ont montré :

- Tous les miels analysés ont une origine nectarifère.
- Les résultats de la teneur en eau montrent que tous les miels analysés sont conformes à la norme proposée par le codex, sauf pour les échantillons M5 et M29 qui ont des teneurs supérieures à 21% et sont susceptibles à la fermentation.
- Les résultats du pH et de l'acidité montrent que tous les miels analysés sont acides et dans la limite standard.
- Une variabilité du contenu en cendres mais reste toujours dans la limite internationale.
- une variabilité de la teneur en protéines des différents types de miel.
- Des teneurs en sucres réducteurs totaux varient entre 75,46 et 83,63%.
- Les résultats de l'HMF ont indiqué que tous les miels examinés sont conformes à la norme requise par le codex à l'exception des deux échantillons M31 et M32.
- L'échantillon M4 (polyfloral) et l'échantillon d'Eucalyptus (M11) contient une quantité importante en composés phénoliques, donc ils ont un important potentiel oxydant.

d)- L'analyse statistique bivariée des paramètres physico-chimiques étudiés a montré une corrélation positive entre l'acidité totale et l'acidité libre, entre l'acidité lactonique et la teneur en eau, entre l'acidité lactonique et l'HMF et entre la conductivité électrique et la teneur en cendres. Les corrélations négatives sont remarquées entre les sucres et la teneur en eau et entre les sucres réducteurs totaux et l'acidité lactonique ($r=-0,48$).

Les résultats de la classification ascendante hiérarchique (CAH) indiquent que les échantillons M31 et M32 sont caractérisés par les sucres, les cendres et la conductivité, alors que les autres échantillons sont caractérisés par les autres paramètres étudiés.

Les résultats de ce travail permettent d'ouvrir la voie vers d'autres recherches et les perspectives d'étude et d'investigation de l'effet antibactérien des miels.

Perspective

Vue la superficie et la richesse de la biodiversité de notre pays, la production des miels de qualité est possible. Pour cet objectif et aussi pour diminuer l'importation des miels, les recommandations suivantes sont proposées:

- Généraliser les techniques modernes d'exploitation des ruches
- Le choix des endroits conformes à l'apiculture
- La plantation et la diversification des plantes mellifères dans les projets de reboisement
- L'utilisation de transhumance
- Eviter l'échauffement lors de l'extraction des miels

Références bibliographiques :

- Abdelhafid Karim F.** (2014). Changement climatique ou variabilité climatique dans l'Est algérien, Mémoire de Magister, Universite Constantine 1, 109 pages.
- Accorti M., Piazza M.G. & Persano-Oddo L.** (1987). La conductivité électrique et le contenu en cendres du miel. *Apiacta*, 22, 19-20.
- Adenekan M. O. Amusa N. A., Lawal A. O. and Okpeze V. E.** (2010): Physico-chemical and microbiological properties of honey samples obtained from Ibadan, *Journal of Microbiology and Antimicrobials*, 2(8), pp. 100-104.
- AFNOR.** (1990) : Normes françaises. Miels spécifications. 6p.
- Alphandéry R.** (1992). La route du miel (le grand livre des abeilles et de l'apiculture), Ed Nathan, Paris France, 254p.
- Allout, I.,** (2013) : Etude de la biodiversité floristique de la zone humide de Boukhmira Sidi Salem-El bouni-Annaba, mémoire de Magistere, Université Badji Mokhtar, Annaba, 224p.
- Amiot M. J., Aubert S., Gonnet M. et Tacchini M.** (1989). Les composés phénoliques des miels : étude préliminaire sur l'identification et la classification par familles, *Apidologie*, 20 (2), 115-125.
- Amirat A.,** (2014). Contribution à l'analyse physicochimique et pollinique du miel de *Thymus algeriensis* de la région de Tlemcen, mémoire de master, Université Abou-Bekr Belkaid , Tlemcen, 60 p.
- Amri A., (2006)** : Evaluation physico-chimique et determination de l'origine botanique de quelques variétés de miel produites à l'Est. Mémoire de Magistere. Université Badji Mokhtar, Annaba, Algérie. 108 p.
- Amri A. and Ladjama A.,** (2013). Physicochemical characterization of some multifloral honeys from honey bees *Apis mellifera* collected in the Algerian northeast, *Afr. J. Food Sci.* 7, 168-173.
- Andrejew A.** (1928). Die pollen der PFLANZ, Welche die Bienen sammeln. ARCH.F.BK.D. 9(8). 77p.
- Anklam E, A.** (1998). Review of the analytical methods to determine the geographical and botanical origin of honey, *Food chemistry*, 63, 549-562.
- AOAC,** (1990): Acidity of Honey, *Official Methods of Analysis*, 19, 962- 1033.
- AOAC.** (1995): *Official Méthods of Analysis* 16th.Washington, DC, USA, Association of official analytical chemists Va: AOAC. Dection, 980-1023.

- Bagnols, F., Guaussen, H.** (1953). Saison sèche et indice xérothermique. Doc. Carte production vég. Univ. Toulouse. Vol.1.p 47.
- Barthelemy G. et Pourtallier J.** (1984) : La technologie de l'analyse du miel. Revue Français d'apiculture (428): 137 – 139.
- Baum K. A, Rubink W.L, Coulson R. N, Vaughn M and Bryant J. R.** (2004). Pollen Selection by Feral Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) Colonies in a Coastal Prairie Landscape, Environ Entomology. 33(3), 727-739.
- Belaskri A.** (2006). Incidence de la maladie de Crown gall de l'Eucalyptus dans les pipinières forestières de l'Ouest algérien. Mémoire de Magister. Université de Telemcen Algérie.
- Belouahem-Abed D.** (2012). Etude écologique des peuplements forestiers des zones humides dans les régions de SKIKDA, ANNABA et EL TARF (Nord-Est algérien), Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhtar Annaba, 320 pages.
- Benallaoua A.** (2008): Bien être des menages et profils de pauveté en Algérie: Application de l'approche utilitariste au cas de la Wilaya de Bejaia, Revue des sciences Economiques et des Gestion, 8, 69-91.
- Ben Rabah S (2006)** : Etat actuel des ressources en eau dans la Wilaya de Skikda (essai de synthese) Bilan – Gestion – Perspective, Mémoire De Magister, Université Badji Mokhtar Annaba, 150p.
- Bergner K.G. und Hahn H.J.** (1972) : Zum Vorkommen und Zur Herkunft der freien Aminosäuren in honig. Apidologie 3: 5-34.
- Benaziza-Bouchema. D et Schweitzer. P** (2010) : Caractérisation des principaux miels des régions du Nord de l'Algérie. Cah Agric, vol. 19 • N° 6, 432-438.
- Biri M.** (1999) : Le grand livre des abeilles, l'apiculture moderne. Ed. De Vecchi, Paris. 206 p.
- Bogdanov S. Rieder K. and Rüegg M.** (1987): Neue qualitätskriterien bei honiguntersuchungen. Apidologie.18 : 267-278.
- Bogdanov, S.** (1988). Bienenvolk und Schadstoffbelastung. Schweiz. Bienenztg.111: 571-575
- Bogdanov S., Ruoff K. and Persano Oddo L.**, (2004). Physico-chemical methods for the characterization of unifloral honeys: a review, Apidologie 35, S4–S17.
- Bogdanov S, Bieri k, Figar M, Figueiredo V, Iff D, Käenzig A, Stöckli H and Zurcher K,** (1995). Miel: définition et directives pour l'analyse et l'appréciation. In livre Suisse des denrées alimentaires, 1-26.

- Bogdanov S, Lüllmann C, Martin P, Von Der Ohe W, Russmann H, Vorwohl G, Persano-Oddo L, Sabatini AG, Marcazzan GL, Piro R, Flamini C, Morlot M, Lheretier J, Borneck R, Marioleas P, Tsigouri A, Kerkvliet J, Ortiz A, Ivanov T, D'Arcy B, Mossel B and Vit P,** (1999). Honey Quality and International Regulatory Standards: Review of the International Honey Commission, Bee World, 80(2), 61–69.
- Bosi G. And Battaglini M.** (1978). Gas chromatographic analysis of free and protein amino acids in some unifloral honeys. J. Apicultural. Res. 17 : 152-166.
- Bossard R. et Cuisance R. (1981). Botanique et techniques horticoles (Collection d'enseignement horticole). Ed. J.-B. Baillière. Paris. 306 p.
- Boudjedjou L** (2010). Etude de la flore adventice des cultures de la région de Jijel, Mémoire de Magister, Université Ferhat Abbas Setif, 100 p.
- Boughediri L.** (1985) .Contribution à la connaissance du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.). Etude du pollen. Thèse grade de Magister en Sciences Biologiques. Spécialité. Biologie Végétale. USTHB, Alger. 130 p.
- Boughediri L.** (1994) :Le pollen de palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.). Approche multidisciplinaires et modélisation des différents paramètres en vue de créer une banque de pollen. Thèse de Doctorat. Université Paris 6. Spécialité botanique tropicale.158 p.
- Boussaid A., Chouaibi M., Rezig L., Hellal R., Donsi F., Ferrari G and Hamdi S.** (2014): Physicochemical and bioactive properties of six honey samples from various floral origins from Tunisia. Arabian Journal of Chemistry. 10p.
- Bousseta A., Collins S. and Dufour J.P.** (1992): Characteristic aroma profiles of uniflor honeys obtained with dynamic headspace GC-Mssystem. J. Apic. Res 31: 96-109.
- Boutabia L., Telailia S. And Chefrour A. (2016). Spectre pollinique de miels d'abeille (*Apis mellifera* L) de la region d'El Tarf (Nord- Est algérien)? Livestock Research for Rural Development , 28 (8).
- Bouzebda A** (2001) : Analyse pollinique et physico-chimique de quelques miels des Wilayas de Annaba- El-Tarf et Guelma. Thèse de magister. Option Palynologie. Université d'Annaba. 171p.
- Bradford MM**, (1976,).A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities on protein utilizing the principle of protein-dye binding, Anal.Biochem. 72, 248-254.

- Beretta J., Giangiacomo G., Ferrero M., Orioli M. and Maffei Facino R.** (2005). Standardization of antioxidant properties of honey by a combination of spectrophotometric/fluorimetric assays and chemometrics. *An. Chimica Acta* ; 533 :185-191.
- Bruneau E.** (2008) : Humidité du miel, attention, abeilles & Cie, 122 (1)28-29
- Buba, F., Gidado, A., Shugaba, A.,** (2013). Analysis of biochemical composition of honey samples from North-East Nigeria. *Biochem. Anal. Biochem.* 2 (3), 139.
- Cano CB, Felsner M.R, Matos JR, Bruns R.E, Whatanabe H.M and Almeida-Muradian L.B.,** (2001). Comparison of Methods for Determining Moisrture Content of Citrus and Eucalyptus Brazilian Honeys by Refractometry, *Journal of Food and Analysis*, 14, 101-109.
- Caillas A.** (1969) : Le rucher de rapport et les produits de la ruche.(6^{ème} édition), Etablissement d'apiculture Trubert. 502p.
- Cerceau-Larrival M.-Th., Carbonnier M.-C., Verhille A.M., Peltre G. et Senechal H.** (1993). Le pollen et l'allergie. Rapport de projet de recherche entre le laboratoire de palynologie. M.N.H.N. Paris et l'unité d'immuno-allergie de l'institut de Pasteur. Paris. 35p.
- Chataway h. D., (1935):** Honey tables showing the relationship between various hydrometerscales and refractive index to moisture content and weight per gallon of honey. *Can. Bee J* : 43-215.
- Chauvin R.** (1968). Produits de la ruche. *Traité de biologie de l'abeille*. Ed. Masson Paris. 400p.
- Chefrour A.** (2007). Miels Algériens : Caractérisation physico-chimique et mellissopalynologiques (cas de miels de l'Est de l'Algérie). Thèse de Doctorat d'état, Université Badji Mokhtar Annaba, Algérie. 194p
- Chefrour A, Draiaia R, Tahar A, Ait KY, Bennadja S and Battesti MJ,** (2009). Physicochemical characteristics and pollen spectrum of some north-eastern Algerian honeys, *Afr. J. Food Agric. Nutr. Dev*, 9, 1276-1293.
- Chouia A.** (2014). Analyses polliniques et caractérisations des composés phénoliques du miel naturel de la région d'Ain zaâtout, Mémoire de Magister en Biologie, Université Mouhamed Kheider Biskra. 62pages.
- Clement H.** (2006). *Le Traité Rustica de l'Apiculture*. Editions Rustica/FLER, Paris, 528 p.
- Codex Standard for Honey.** (1981). European Regional Standard, 12.
- Codex Aimentarius,** (1998): Codex Alimentarius Standard for honey Ref.CL 1998/12-287 S. FAO and WHO. Rome.

- Codex Alimentations.** (2001). Draft revised standard for standard for honey (at step 10 of the Codex procedure). Alinorm 01 (25), 19–26.
- Conti ME., Grazia Finoia M., Fontana L., Mele1 G., Botrè F. and Iavicoli I.** (2014) : Characterization of Argentine honeys on the basis of their mineral content and some typical quality parameters, Chemistry Central Journal, 8-44.
- Cortopassi-Laurino M et Gelli D.S** (1991). Analyse pollinique, propriétés physico-chimiques et action antibactérienne des miels d'abeilles africanisées *Apis mellifera* et de Méliponinés du Brésil, Apidologie, 22, 61-73.
- Crane E.** (1991). The plant resources of honeybee. Apiacta, 26, 57-64.
- Dagnelie P.** (1986). Analyse statistique à plusieurs variables. Vol 2 Les presses agronomiques de Gembloux. 451 p.
- Dagnelie P.** (2006). Statistique théorique et appliquée. Tome 2. Référence statistique à une et à deux dimensions. Bruxelles. Université De Boeck et Larcier. 259p.
- De Almeida-Muradian L. B., Klaus M. Stramm M. S., Horita A., Barth O. M., Da Silva de Freitas A and Estevinho L. M.,** (2013). Comparative study of the physicochemical and palynological characteristics of honey from *Melipona subnitida* and *Apis mellifera*, International Journal of Food Science and Technology, 48, 1698–1706.
- De-Beaulieu J.L., Pons A. et Reille M.** (1978) : Recherches pollen analytiques sur l'histoire de la végétation de la Bordure Nord du Massif du CANTAL (Massif central France), Pollen et spores. Vol 36 (2) : 320.
- Deschamps V. C.** (1998), Production et commercialisation du miel, Thèse de doctorat vétérinaire, Université Paul Sabatier, Toulouse, 118 P.
- De Rodriguez GO., Sulbaran de Ferrer B., Ferrer A. and Rodriguez B.** (2004) Characterisation of honey produced in Venezuela, Food Chemistry, 84, 499-502.
- Doukani K., Tabak S., Derrich A. et Hacini Z.** (2014). Etude physicochimique et phytochimique de quelques types de miels Algériens, Revue Ecologie-Environnement, 10, 37-49.
- Downy G., Hussey K., Kelly D. J., Walshe T. F and Martin P. G,** (2005). Preliminary contribution to the characterisation of artisanal honey produced on the island of Irland by palynological and physic-chemical data, Food chemistry, 91, 347-354.

- Draiaiaa R., Chefrou A., Dainese N., Borin A., Manzinello C., GALLINA A. and Franco Mutinelli F.,** (2015). Physicochemical parameters and antibiotics residuals in Algerian honey. African Journal Of Biotechnologie, 14(14), 1242-1251.
- Echigo T.E. and Takenaka T.** (1974). Production of organic acids in honey by honeybees.J.of the Agr. Chem. Socof Japan (Japanisch) 48: 225-230.
- El-Bialee N.M. and Sorour M. A.** (2011). **Effect of adulteration on honey properties.** International Journal of Applied Science and Technology. 1(6), 122-133.
- S.A. El Sohaimy S. A., S.H.D. Masry S. H. D. and M.G. Shehata M. G.** (2015). Physicochemical characteristics of honey from different origins. Annals of Agricultural Science, 60(2), 279-287.
- Erdtman G.**(1947). Suggestions for the classification of fossil and recent pollen grains and spores. Svenska Bot. Tidskar. 41:104-114.
- Erdtman G.** (1952). Did dicotyledonous plant rxirt in early juressic times. Geo, foren.Stocholm. 539p.
- Ferreira I.C.F.R., Aires E., Barreira J.C.M., Estevinho L.M.** (2009). Antioxidant activity of Portuguese honey samples: Different contributions of the entire honey and phenolic extract. Food Chemistry, 114, 1438-1443.
- Garcia M. Perez-Arquillue, Juan T. Juan M. I and Herrera A.** (2001). Note. Pollen analysis and antibacterial activity of Spanish honey, Food Sci Tech Int, 7(2), 155-158.
- Gebremariam T., Brhane G.,** (2014). Determination Of Quality And Adulteration Effects Of Honey From Adigrat And Its Surrounding Areas, International Journal Of Technology Enhancements And Emerging Engineering Research, 2(10),
- Gheldorf N., Wang H. et Engeseth N.** (2002). Identification et quantification de composés antioxydants de miels provenant de diverses sources florales. Journal de la chimie agricole et alimentaire ; 50 : 5870-5877.
- Gilles C.,** (2002). Etude de flux de gènes dans un verger à graines d'Eucalyptus grandis à Madagscar. Thèse de doctorat en Biologie. Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier. France, 128pages.
- Gonnet M.** (1963). L'hydroxy Methylfurfura(1) Dans Les Miels. Mise au point d'une méthode De Dosage. Les Annales de l'Abeille, INRA Editions, 6 (1), 53-67.<hal-00890172>
- Gonnet M,** (1982). Le Miel, Composition, Propriétés et Conservation. 2ème Ed., OPIDA, France, 31 pages.

- Gonnet M.** (1986). L'analyse des miels : Description de quelques méthodes de contrôles de la qualité. Bulletin Techniques Apicole, 13 (1), 17-36.
- Gorenflo R.** (1997) : Biologie végétale, plantes supérieures, appareil reproducteur. Ed. Masson. 278 p.
- Haouam L.** (2016) : Etude physico-chimique et mellisopalyologique de quelques échantillons de miel (Nord- Est algérien), thèse de Doctorat en Biologie, Université Badji mokhtar Annaba, 102p
- Haouam L, Tahar A, Dailly H,Lahrichi A, Chaqroune A and Abdennour C.** (2016). Physicochemical properties and major elements contents of Algerian honeys from semi-arid regions. Emirates Journal of Food and Agriculture. 28(2), 107-115.
- Heller R.** (1982). Abrégé de physiologie végétale. Tome II. Croissance et développement. Ed. Masson. 982, 215p.
- Huidorbo J. F, Estrella Rea M., Mato I., Muniategui S., Fernandez-Muino M. A. and Teresa Sancho M.** (2001). Variation of apparent ethanol content of unspoiled northwestern Spanish honeys during storage, Food chemistry, 73, 417-420.
- Hyde H. and Williams W.** (1944): Studies in atmospheric pollen daily consus of pollen at Cardiff. New phytologist. 43: 49-51.
- Ibrahim Khalil Md. , Moniruzzaman M., Boukraâ L., Benhanifia M., Asiful Islam Nazmul Islam Md., Siti Amrah S and Siew Hua Gan.** (2012). Physicochemical and Antioxidant Properties of Algerian Honey, *Molecules*, 17, 11199-11215
- Jean-Prost P,** (1987). Apiculture. Ed. Tec. Et Doc, 6ème édition, 310-346.
- Karabournioti S. et Zervalaki P.** (2001). Les effets du chauffage Sur Le HMF et l'invertase des miels, Apiacta, 36 (4), 178 – 181.
- Kaur Bath P, and Singh N.** (1999). A comparison between Helianthus annuus and Eucalyptus lanceolatus honey. Food Chemistry 67, 389-397.
- Khenfer A. et Fettal M.** (1997) : Le miel. Ed. Ministère de l'Agriculture et de la Pêche. 22 p.
- Krause A. And Zalewski RI** (1991).Classification of honey by principal component analysis on the basis of chemical and physical parameters, Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und Forschung A, 192, 1991, 19-23.
- Kubis,I., Ingr,I .**(1998) .Effects inducing changes in hydroxymethylfurfural content in honey . Czech-Journal-of-Animal-Science. 43 (8): 379-383.

- Laaidi K., Laaidi M. et Besancenot J.P.** (1997) : Pollen. Pollinoses et Météologie. Rev. La météorologie. 8^{ème} Série (20) : 41-66.
- Laouar H.** (2006). Analyses polliniques et physico-chimique de quelques miels de trois Wilayas de l'Est Algérien (Tébessa, Souk -Ahras et El -Tarf), Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar Annaba, 115p.
- Layka S.** (1989): Les méthodes de la palynologie appliquées à l'étude des Papaverale. Thèse de Doctorat. Université de Montpellier. France: 18 – 25.
- Lequet L.** (2010): Du nectar a un miel de qualité: contrôles analytiques du miel et conseils pratiques a l'intention de l'apiculteur amateur. Thèse de Doctorat. Universite Claude-Bernard - Lyon 1. 194p.
- Leuschner R.M.** (1993). Pollen. Human Biometeorology. Part II. Multi-Author Reviews: 931-942.
- Louadi K., Terzo M., Benachour K., Berchi S., Aguib S., Maghni N et Benarfa N.** (2008) : Les Hyménoptères Apoidea de l'Algérie orientale avec une liste d'espèces et comparaison avec les faunes ouest-paléarctiques. Bulletin de la Société entomologique de France, **113** (4), 459-472.
- Louveaux J., Maurizio A. et Vonvohl G.** (1970) : Commission Internationale de Botanique apicole de l'U.I.S.B. Les méthodes de la Melisso – Palynologie. Apidologie. 1 (2) : 215 - 227.
- Louveaux J., Abed L.** (1984) Les miels d'Afrique dunord et leur spectre pollinique, Apidologie 15, 145–170.
- Louveau J.** (1985) : Les abeilles et leurs élevages. Ed. Opida. 262p.
- Luff Schoorl And Bertrand** (1977). , Rapporté dans le journal officiel français, 2250-2251
- Madhavi D. R., Kailash D.** (2014). Physicochemical Properties, Antioxidant Features of Honey Samples from Ecological Niches of Western Maharashtra, International Journal of Science and Research (IJSR), 3(8), 1723-1727.
- Makhloifi C, Kerkvliet JD, D'Albore GR, Choukri A and Samar R,** (2010). Characterization of Algerian honeys by palynological and physic-chemical methods, Apidologie, 41, 509-521.
- Makhloifi C.** (2011). Mélissopalynologie et etude des elements bioactifs des miels Algériens. Thèse de Doctorat en sciences agronomiques. Ecole National Supérieure Agronomique El Harrach, 135p.

- Manzoor M., Mathivanan V., Nabi Shah Gh., Mir G. M. And Selvisabhanayakam,** (2013). Physico-Chemical Analysis Of Honey Of *Apis Cerana Indica* And *Apis Mellifera* From Different Regions Of Anantnag District, Jammu & Kashmir. International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences. 5(3). 635-638.
- Marchenay., P. (1988).** Miels, Miellats, Miellées, « Bulletin d'Agriculture traditionnelle et de botanique appliquée » Vol. 37 : 121 – 146.
- MarchenayP. et Berard L.** (2007).L'homme, l'abeille et le miel.Editions De Borée, Romagnant, 224 p.
- Marouf A.** (2000). Dictionnaire de botanique (les phanérogames). Ed. Dunod Paris. 256p.
- Maurizio A.** (1939). Untersuitativen pollen analyse des Honigs. Mtt. Geb. Lebensmitte lunterschungen Zur Quant.Hyg. 30 (1/2): 27-69.
- Maurizio A. et Louveaux J.** (1970) : Méthodes d'analyse pollinique des miels. Ed. Union des groupements apicoles Français. Paris. 325 – 330.
- Mazrou k.** (2008). L'effet de la température sur l'évolution de l'HMF dans les miels algériens, Diplome d'Etude Supérieur, Université ibn khaldoun à Tiaret. Disponible sur : http://www.memoireonline.com/07/08/1309/m_effet-temperature-evolution-HMF-miels-algeriens_4.html
- Mbogning, E., Tchoumboue1, J., Damesse F., Sanou Sobze, M. et Canini A.** (2011). Caractéristiques physico-chimiques des miels de la zone Soudano-guinéenne de l'Ouest et de l'Adamaoua Cameroun, Tropicultura, 29, 3, 168-175.
- Medori.P. et Marc. E.C.** (1982) : Les abeilles comment les choisir et les protéger de leur ennemis. Ed. J. B. Baillière. Paris. 131p.
- Mehryar M., Esmaiili M. and Hassanzadeh A.** (2013). Evaluation of Some Physicochemical and Rheological Properties of Iranian Honeys and the Effect of Temperature on its Viscosity. American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., 13 (6): 807-819
- Mendes E., BrojoProença E., Ferreira IMPLVO and Ferreira MA.** (1998). Quality evaluation of Portuguese honey, Carbohydrate Polymers, 37, 219-223.
- Mercuri L., De Dominicis V., Cresti M., Sarfatti G. and Ciampolini F.** (1982). Airborn concentrations in the atmosphere of Siena and correlation with meteorological data. Pollen et spores. 25 (2): 315-319.

- Moniruzzaman M., Amrah Sulaiman S., Ibrahim Khalil Md. and Siew Hua Gan** (2013). Evaluation of physicochemical and antioxidant properties of sourwood and other Malaysian honeys: a comparison with manuka honey, Chemistry Central Journal, 7,138.
- Morse R. and Lisk D.J.** (1980): Elemental analysis of honeys from several nations. Ann. Bee J. 7: 522-523.
- Nair S., Meddah B. and Aoues A.** (2013). Pollen spectrum of honey produced in Algeria, African Journal of Agricultural Research, 8(21), 2540-2544.
- Nair S.** (2014). Identification des plantes mellifères et analyses physicochimiques des miels Algériens, Thèse de Doctorat, Université d'Oran, 202p.
- 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.
- Nozal M. J., Bernal J. L., Toribio L., Jiménez J. J. and Martin M. T.** (2001). High-performance liquid chromatographic determination of methyl anthranilate, hydroxy methyl furfural and related compounds in honey, Journal of Chromatography A, 917, 95-103.
- Ouchemoukh S, Louaileche H and Schweitzer P,** (2007). Physicochemical Characteristics and Pollen Spectrum of Some Algerian Honeys, Food Control, 18, 52-58.
- Ozcan M., Arslan D. and Ali Ceylan D.** (2006). Effect of inverted saccharose on some properties of honey, Food Chemistry, 99,24–29.
- Palm R.** (1998). L'analyse de la variance multivariée et l'analyse canonoque discriminante: principes et applications. Note stat. Inform. (Gembloix), 40 p.
- Pataca Luiz C.M., Neto W.B., Marcucci M.C and Poppi Ronei J.R.** (2007). Determination of apparent reducing sugars, moisture and acidity in honey by attenuated total reflectance-Fourier transform infrared spectrometry. Talanta. 71 (5):1926-1931.
- Philippe J.M.** (1988) : Le guide de l'apiculture. Ed. Edisud : 222p.
- Philippe J. M.** (1993). Le guide de l'apiculteur. Ed. Edisud. 329p.
- Pourtallier ,J., Taliercio , Y.** (1970) . Les caractéristiques physicochimiques des miels en fonction de leur origine florale. 1. Application à un project pour les grandes variétés de miels. Bull. Aic. Doc. Sci. Techn. Inf. 13: 58-68.
- Pons A.** (1970). Le pollen : collection « que sais-je ». Ed-Press Universitaire de France : 126p.
- Popek S.** (2002). A procedure to identify a honey type, Food chemistry, 79, 401-406.

- Prica N., Živkov-Baloš M., Jakšić S., Mihaljev Z., Kartalović B., Babić J. and Savić S.** (2014). Moisture and acidity as indicators of the quality of honey originating from Vojvodina region, Arhiv veterinarske medicine, 7(2), 99-109.
- Radovic B. S., Careri M., Mangia A., Musci M., Gerboles M. and Anklam E.** (2001). Contribution of dynamic headspace GC-MS analysis of aroma compounds to authenticity testing of honey. Food Chemistry, 72, 511-520.
- Raynal-Roques A.** (1994) .La botanique redécouverte. Ed. Belin. INRA. Paris. 511p.
- Reille M.** (1990). Leçon de Palynologie et d'Analyse Pollinique. Ed. CNRS, Paris. 1990, 199 pages.
- Reille M.** (1992). Pollen et spores et d'Europe et d'Afrique du Nord. Ed du laboratoire de Botanique Historique et de Palynologie. Marseille, 543P.
- Renault-Myskovsky J. et Petzold M.** (1992) . Spores et pollen. Ed. La Duralie. Paris. 248p.
- Ricciardelli D'Albore G.,** (1994). Characterization of some honeys from the vaneto region (Italy) by quality and geographical origin. Annali-Della Facolta Di Agraria, 48, 457-492.
- Russo-Almeida,P. A.**(1997). Some chemical parameters of honey from transmontane Terra Quente .Apicultor. 5(16): 29-35.
- Sabatini A.G., Giordani G. et Bottazi F.** (1986). Flora Pollinifera. Ed Api. risultani di unrindagine. L'Ape. NostraAmica, 1986, 6 (4) : 4-12.
- Santos F.K.G, Dantas Filho A.N., Leite R.H.L., Aroucha E.M.M., Santos A.G. and Oliveira T.A.** (2014). Rheological and some physicochemical characteristics of selected floral honeys from plants of caatinga, Anais da Academia Brasileira de Ciências 86(2), 981-994.
- Saxena M.R.** (1993) : Palynology. A treatise. Oxford and IBH Publishing CO. PVT.LTD. 109p.
- Schley P. und Schultz B.** (1987). Die Kristallisation des Bienenhonigs. Die Biene Nr 1: 5-10.
- Schweitzer P.,** (2004). Mauvaise herbe et apiculture, Laboratoire d'analyse et d'éologie apicole, Rev. L'abeille de France. pp : 9 -11.
- Solayman Md., Asiful Islam Md., Paul S., Ali Y., Md., Khalil I., Alam N., and Hua Gan S,** (2016). Physicochemical Properties, Minerals, Trace Elements, and Heavy Metals in Honey of Different Origins, ComprehensiveReviewsinFoodScienceandFoodSafety Vol.15, 219-233.

- Spichiger R-E., Savolainen V-V., Figeat M. et Jeanmonod D-B.** (2002). Botanique systématique des plantes à fleurs. Ed. Presses polytechniques et universitaires Romandes. 413 p.
- Stephen W,** (1946). The relationship of moisture content and yeast count in honey fermentation. *Scientific agriculture*, 26, 258-246.
- Terrab A, Diez MJ and Heredia FJ.** (2002). Characterisation of Moroccan unifloral honeys by their physicochemical characteristics. *Food Chemistry*, 79, 373–379.
- Terrab A, Diez MJ and Heredia FJ,** (2003a). Palynological, Physicochemical and ColourCharacterisation of Moroccan Honeys. I. River and Gum (*Eucalyptus camaldulensis*Dehnl.) Honey, *International J. of Food Sci. and Tech.* 38, , 379-386.
- Terrab A, Diez MJ and Heredia FJ.** (2003b,). Palynological, Physicochemical and ColourCharacterisation of Moroccan Honeys. II. Other unifloral honey type, *International J. of Food Sci. and Tech*, 38, 395-402.
- Terrab A, Recamales-Angeles F, Hernanz D and Heredia FJ,** (2004). Characterisation of Spanish thyme honey by their physicochemical characteristics and mineral contents, *Food chemistry*, 88, 537-542.
- Tir. K.** (2009). Climagramme d'EMBERGER analyse et correction dans quelques stations météorologiques de l'Est Algérien, Mémoire de Magistere, Université de Constantine, 99p.
- Tysset C, Rousseau M and Duran C** (1980). Microbism and wholesomeness of commercial honey. *Apiacta*, 15: 51–60.
- Vaillant J. et Mary A.** (1988). Le miel, Ed 1988, France, pp: 22-49.
- Valine J. et Pourtallier J.** (1962) : Etude complémentaire sur la composition de pollen utilisés par les abeilles (*Apis mellifera*). *Bull. Apicol.* 5 (2): 127-137.
- Vit P.O, Persano M.M and Salas E.** (1998). Venezuelan stingless bee honey characterized by multivariate analysis of physicochemical properties. *Aipdologie*, 29: 377–389.
- White JW.** (1978). Honey, *Advances in Food Res*, 24, 287–374.
- Wodehouse R. P.** (1935) : Pollen grains. McGraw hill and CO.New york. 514p.
- Yadata D.** (2014). **Detection of the electrical conductivity and acidity of honey from different areas of Tepi.** *Food Science and Technology* 2(5): 59-63.
- Yahia Mahammed S. et Yahaia Mahammed W.** (2015): Analyses Physico-Chimique du Miel De Quelqu eMiel De La Wilaya : Ain Defla, Djendel, Bathia, Bourached Et Miliana.

Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master, Université Djilali Bounaama, Khmis Meliana, 49p.

Zerrouk S., Fallico B.G.,Arena E.N., Gabriele F. Ballistreri G.F. and Larbi A. Bougħediri L.A. (2011). Quality evaluation of some honey from the central region of Algeria, Jordan Journal of Biological Sciences, 4(4), 243 – 248.

Zerrouk S., Seijo.M. C., Bougħediri L., Escuredo O. and Rodriguez-Flores M. S. (2014). Palynological characterization of Algérian honeys according to their geographical and botanical origin. Grana, 53(2), 147-158.

Sites internet :

[1]-www.dcwguelma.gov.dz: consulté le 11/11/2016

Résumé

Cette étude porte sur l'analyse pollinique et physicochimique (teneur en eau, pH, conductivité électrique, teneur en cendres, acidité libre, acidité lactonique, acidité totale, protéines, sucres réducteurs totaux, HMF, densité et polyphénols) de trente trois échantillons de miels de quelques régions humide du Nord Est algérien. L'objectif principal est la détermination de leur qualité et leur origine botanique. Les études polliniques ont montré que la classe II est la plus représentée dans notre étude et que l'*Eucalyptus sp.*, *d'Hedysarum coronarium*, l'*Echium vulgare* et l'*Erica sp.* sont les types polliniques dominants. La comparaison des résultats obtenus aux normes internationales a montré que 29 miels analysés possèdent une bonne qualité (teneur faible en HMF, acidité inférieur à la norme, faible teneur en eau et faible quantité de protéines). Tous les miels analysés ont une origine nectarifère ceci est confirmé par la teneur en cendre, le pH et la conductivité électrique. Les études statistiques ont montrés que les cinq premières composantes expliquent 73.27% de la variabilité relative aux miels, que les échantillons de miels analysés reparties en quatre groupes au niveau de similarité 0.11 et des corrélations positives entre quelques paramètres physico-chimiques étudiés.

Mots clés : Miel, analyses physico chimique, régions humides, analyse multivariée, humidité

Abstract:

This study is a pollinic and physicochemical analysis (moisture, pH, electrical conductivity, ash, free acidity, lactonic acidity, total acidity, protein, total sugars, HMF, density and polyphenols) of thirty three honeys samples from humid regions of North Eastern Algeria. The main objective is to determine their quality and botanical origin. Pollinique analysis showed that *Eucalyptus sp*, *Hedysarum coronarium*, *Echium vulgare* and *Erica arborea* are the dominant pollen. The comparison of obtained results with international standards showed that twenty nine analyzed honeys have good quality (low HMF content, lower acidity than the standard, low water content and low quantity of proteins). All analyzed honeys have a nectar source this is confirmed by ash content, pH and electrical conductivity. Statistical studies have shown that the first five components explain 73.27% of the variability on the honey and the honey samples analyzed divided into six groups at similarity 0.11 and positive correlation between some physic-chemical parameters.

Keywords: Honey, Physicochemical analysis, Humid regions, Multivariate statistical, Moisture

الملخص

في هذا البحث قمنا بالتحليل الفيزيوكيميائي (المحتوى المائي , الناقلة الكهربائية , كمية الأملاح , الحموضة الحرّة ' اللاكتونية الكلية, محتوى البروتين, السكريات, الكثافة و محتوى الفينولات) و دراسة المحتوى الطليعي ل 33 عينة من العسل من المناطق الرطبة للشمال الشرقي الجزائري و الهدف الأساسي هو تحديد نوعية العينات المدروسة. نتائج المحتوى الطليعي بينت أن أغلبية العينات المدروسة تتنمي إلى القسم الثاني و سيادة 4 انواع نباتية [l'Eucalyptus sp, d'Hedysarum coronarium, l'Echium vulgare et l'Erica sp]. بمقارنة النتائج المتحصل عليها مع المعايير الدولية وجدنا أن 29 عينة ذات نوعية جيدة (محتواها المائي لم يتعدى المعايير المطلوبة و كمية HMF لم تكن عالية). كل العينات المدروسة أصلها نباتات رحيبة. في ما يخص الدراسات الإحصائية فقد بينت أن الخمس مركبات الأولى تمثل 27,27% من تغيرات العسل و بمقارنة التشابه بنسبة 0.11% تحصلنا على اربع مجموعات متشابهة و ارتباط موجب بين بعض المعايير الفيزيوكيميائية.

الكلمات المفتاحية □ العسل, التحليل الفيزيوكيميائي, المناطق الرطبة, الإحصاء المتعدد, الرطوبة.

Annexe 1 : Tableau (Chataway, 1935)

Indice de réfraction (20°C)	Teneur en eau %	Indice de réfraction (20°C)	Teneur en eau %
1,5041	13,0	1,4910	18,2
1,5035	13,2	1,4905	18,4
1,5030	13,4	1,4900	18,6
1,5025	13,6	1,4895	18,8
1,5020	13,8	1,4890	19,0
1,5015	14,0	1,4885	19,2
1,5010	14,2	1,4880	19,4
1,5005	14,4	1,4876	19,6
1,5000	14,6	1,4871	19,8
1,4995	14,8	1,4866	20,0
1,4990	15,0	1,4862	20,2
1,4985	15,2	1,4858	20,4
1,4980	15,4	1,4853	20,6
1,4975	15,6	1,4849	20,8
1,4970	15,8	1,4844	21,0
1,4965	16,0	1,4828	21,5
1,4960	16,2	1,4815	22,0
1,4955	16,4	1,4802	22,5
1,4950	16,6	1,4789	23,0
1,4945	16,8	1,4777	23,5
1,4940	17,0	1,4764	24,0
1,4935	17,2	1,4752	24,5
1,4930	17,4	1,4739	25,0
1,4925	17,6	1,4726	25,5
1,4920	17,8	1,4714	26,0
1,4915	18,0	1,4702	26,5

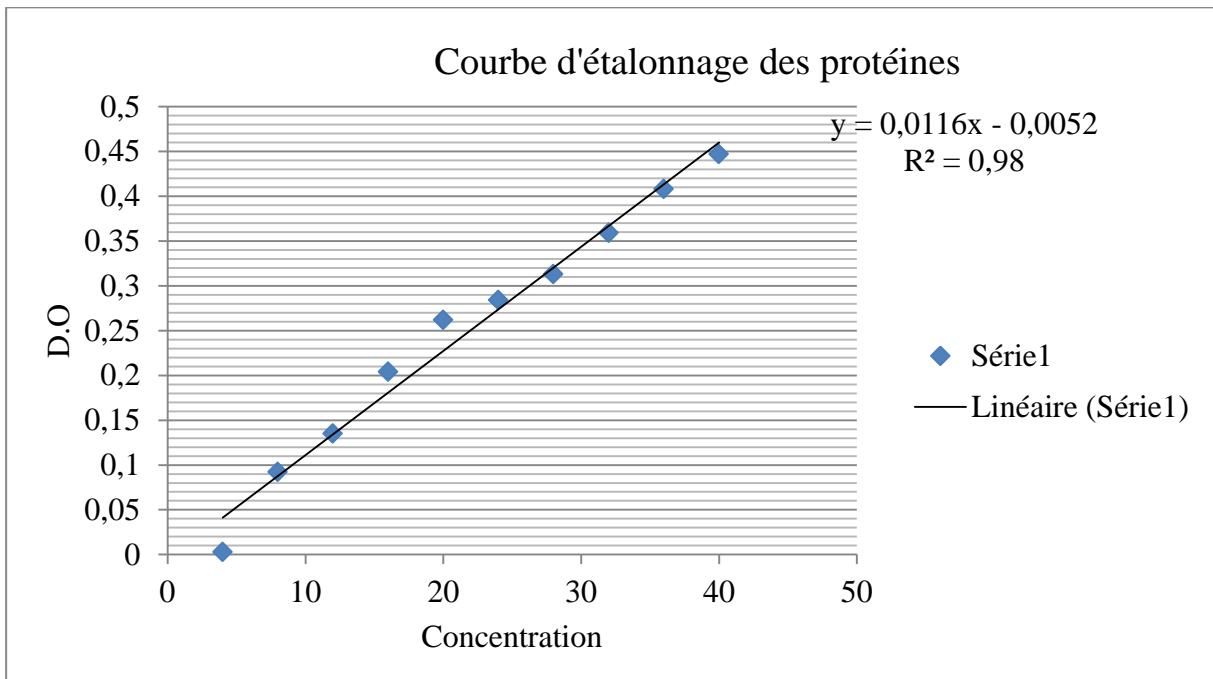
Annexe III :**a) – courbes d'étalonnage des protéines**

Figure: courbe de référence exprimant l'absorbance en fonction de la quantité de protéine standard (B.S.A)

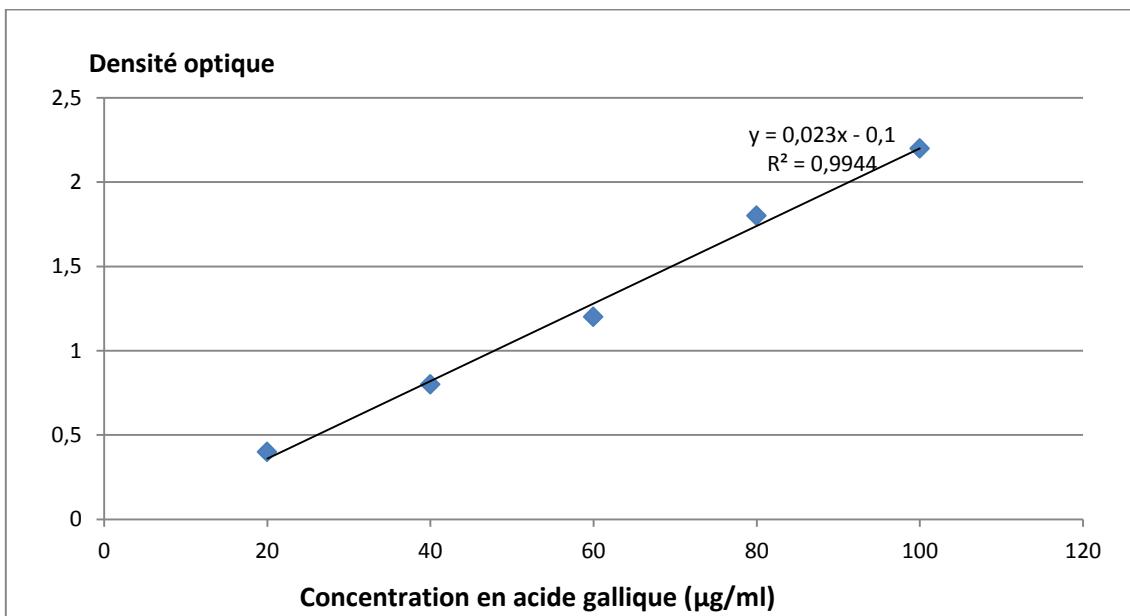
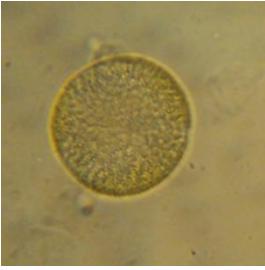
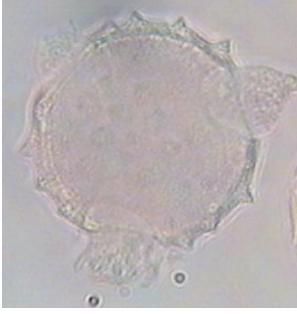
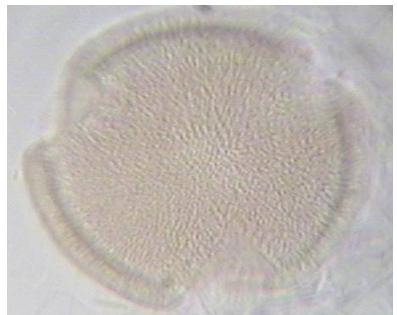
b- courbe d'étalonnage des polyphénols

Figure: courbe de référence exprimant l'absorbance en fonction de la concentration en acide gallique

Annexe II : Quelques grains de pollen (Gr x40)

		
<i>Sinapis arvensis</i> Brassicaceae	Asteraceae	Asteraceae
		
<i>Linaria sp.</i> Scrophulariaceae	<i>Acacia sp.</i> Fabaceae	<i>Daucus carota</i> Apiaceae
		
<i>Adonis sp.</i>	Rosaceae	<i>Artemisia sp.</i> Asteraceae
		
<i>Thypha sp.</i> Typhaceae	Brassicaceae	<i>Brassica napus</i> Brassicaceae

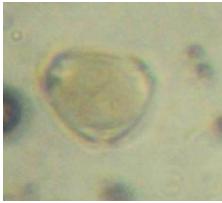
Annexe II : suite

		
Asteraceae	<i>Lavandula stoechas</i> Lamiaceae	
		
<i>Borago officinalis</i> Boraginaceae		<i>Brassica napus</i> Brassicaceae
		
<i>Centaurea sp.</i> Asteraceae	<i>Cistus sp.</i> Cistaceae	

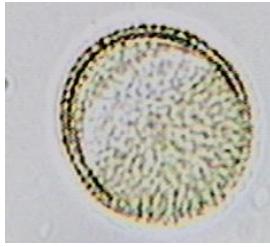
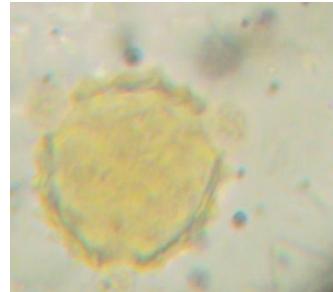
Annexe II : suite

		
<i>Olea europaea</i> Oleaceae	Papaver rhoas Papaveraceae	<i>Trifolium</i> sp. Fabaceae
		
Lamiaceae	Asteraceae	Ranunculaceae
		
Fabaceae	Chenopodiaceae	<i>Malus</i> sp Rosaceae

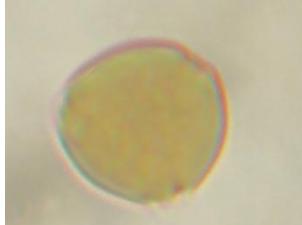
Annexe II : suite

		
<i>Erica arborea</i> Ericaceae	<i>Echium vulgare</i> Boraginaceae	<i>Echinops SP</i> Asteraceae
		
Ericaceae	<i>Erica sp</i> Ericaceae	Fabaceae
		
<i>Eucalyptus sp</i> Myrtaceae		<i>Ephedra sp</i> Ephedraceae

Annexe II : suite

		
Brassicaceae	<i>Cirsium arvensis</i> Asteraceae	<i>Centaurea sp</i> Asteraceae
		
<i>Euphorbia sp</i> Euphorbiaceae	<i>Plantago sp.</i> Plantaginaceae	<i>Arbutus sp</i> Ericaceae
		
Fabaceae	<i>Hedysarum sp</i> Fabaceae	Rhamnaceae

Annexe II : suite

		
Rhamnus sp Rhamnaceae	Rosaceae	Quercus sp Fagaceae
		
Urtica sp Urticaceae	Pimpinella sp. Apiaceae	Galactites tomentosa Asteraceae
		
Urospermum sp Asteraceae	Senecio sp. Asteraceae	Vicia sp. .Fabaceae

Annexe II : suite



Lavatura sp
Malvaceae

Publication

Physicochemical analysis of some honeys from humid regions in North East Algeria

Hadia Laouar^{1, 2*}, Ali Tahar²

¹Department of Ecology and Environmental Engineering, Faculty of SNL-SEU, University of 8th May 1945 - Guelma Algeria

²Laboratory of Plant Biology and Environment, Department of Biology, Faculty of Sciences, University Badji Mokhtar-Annaba, Annaba 23000, Algeria

***Corresponding author: E-Mail: nadia_laouar@yahoo.fr, Tel: 00213 7 79 90 21 99**

ABSTRACT

This study is a physicochemical analysis (moisture, pH, electrical conductivity, ash, free acidity, lactonic acidity, total acidity, protein, sugars, HMF and density) of twenty one honey samples from humid regions of North Eastern Algeria. The main objective is to determine their quality. The comparison of obtained results with international standards showed that nineteen analyzed honeys have good quality (low HMF content, lower acidity than the standard, low water content and low quantity of proteins). All analyzed honeys have a nectar source this is confirmed by ash content, pH and electrical conductivity. Statistical studies have shown that the first five components explain 81.05% of the variability on the honey and the honey samples analyzed divided into six groups at similarity 48.

KEY WORDS: Honey, Physicochemical analysis, humid regions, Multivariate statistical, Moisture.

1. INTRODUCTION

Honey is the natural sweet substance produced by honeybees from the nectar of flowers or secretions of living parts of plants. Bees collect nectar with specific substances and store it in honeycombs (Codex Alimentaire, 1981). The chemical composition of honey varies from one sample to another, depending on the plants visited by bees (Bertoncelj, 2007). The physico-chemical composition of honey determines its quality and its botanical origin. Honey has a relatively high density which ranges from 1.40 to 1.45 g/cm³ (Bogdanov, 1995). It is related to the water content that ranges between 15 and 20g/100g of honey. On the other hand, there is a link between the water content and the yeast content (Stephen, 1946). Honey electrical conductivity is related to the mineral content (Jean Prost, 1987). Honey acidity is due to the presence of acids in honey and most of them are added by the bees (Echigo, 1974). Flowers honeys have mostly low pH values (3.3 to 4.6). Honeydew honeys have higher pH values in average; this is due to their higher content of buffering salts (Bogdanov, 1995). Approximately, 85-99% of the honey dry matter consists of sugars (Gonnet, 1982). The fresh honey contains no or only trace of HMF (usually below than 3 mg / kg). During storage, the HMF is formed more or less rapidly from sugar (especially fructose) by the effect of acids and depending on the pH value and temperature of the honey (Afnor, 1990).

In the North-East of Algeria, honey production knows a significant growth thanks to the richness in honey species and the support of the agriculture ministry. Several studies have been done to evaluate the quality of honey (Ouchemoukh, 2007; Cheffrour, 2009; Makhloifi, 2010; Amri and Ladjama, 2013; Haouam, 2016).

The aim of this work is to evaluate the physicochemical characteristics (moisture, pH, electrical conductivity, ash, free acidity, lactonic acidity, total acidity, protein content, sugars, HMF and density) of twenty one honeys samples from different humid regions in the North-East of Algeria.

2. MATERIALS AND METHODS

Honey samples: Twenty one natural honey samples from some humid regions of Northeastern Algeria were collected. All the samples were stored at -18 ° C in plastic jars for further analysis. Regions of study are shown in Table.1.

Physicochemical parameters: Moisture was determined by refractometry reading at 20°C (AOAC, 1995). The refractive index (RI) is measured than the corresponding moisture percentage is obtained from the Chatway Table. Ash, electrical conductivity, free, lactonic and total acidity and pH were determined according to AOAC methods (1990). Total sugars were determined using a special refractometer (Carl-Zeiss Jena refractometer) reading at 20°C.

Protein content was determined by the method of Bradford (1976). A volume of 0.1ml of protein extract was added to 5ml of Coomassie Brilliant Blue. After 2 min of incubation, the quantity of protein was estimated at 595nm in relation to Bovine Serum Albumine standard cuve.

HMF was measured by spectrophotometric method (AOAC, 1990), using Jenway 6305 spectrophotometer. Density was determined according to Bgdanov (1995), by dividing the weight bottle (10ml) filled with honey by the weight of the same bottle, filled with distilled water.

Statistical analysis: The statistical analysis was conducted by Minitab 16 and XL stat studying the multivariate analysis data type Principal Components (ACP), with a correlation circle and Ward dendrogram to determine the parameters that are closer to each other.

Table.1. Geographical origins of honeys samples from Algerian humid regions

Samples	State	Geographic origin	Samples	State	Geographic origin
H1	Annaba	Seraidi	H12	Skikda	Jbel ben welben
H2	Annaba	Asfour	H13	Skikda	Skikda
H3	Annaba	berrahal	H14	Skikda	Tabet saleh
H4	Annaba	Sidi ammar	H15	Skikda	El hadaik
H5	Annaba	Ben mhidi	H16	Skikda	Azzaba
H6	El-Taref	Jbel bni saleh	H17	Skikda	El kol
H7	El-Taref	Ain khiar	H18	Bejaia	Kheratta
H8	El-Taref	Ain el karma	H19	Bejaia	Borj mira
H9	El-Taref	Boutheldja	H20	Jijel	Tahir
H10	El-Taref	Bougous	H21	Jijel	Jijel
H11	El-Taref	Laysoum			

3. RESULTS AND DISCUSSION

Physicochemical parameters: The results of physicochemical analyses of honey are summarized in Table.2.

Table.2. Results of some physicochemical parameters (mean±SD)

Physicochemical parameter	Units	Minimum	Maximum
Moisture	g/100g	14,47±0,11	23±0,5
pH	pH units	3,15±0,02	4,50±0,15
Electrical conductivity	S/Cm	1x10 ⁻⁴ ±0,0	3,9x10 ⁻⁴ ±0,03
Ash	g/100g	0,02±0,03	0,53±0,12
Free acidity	meq/Kg	10,16±0,28	28,03±0,35
Lactonic acidity	meq/Kg	2,38±0,09	8,55±0,09
Total acidity	meq/Kg	15,46±0,15	34,27±0,35
Proteins	mg/g	0,11±0,02	2,85±0,04
Total sugars	%	75,46±0,28	83,63±0,05
HMF	mg/Kg	0,5±0,04	4,75±0,55
Density	-	1,32±0,01	1,55±0,06

Moisture is a parameter related to weather conditions, to the harvest season and to the maturity (Nanda, 2003). This is the most important physicochemical parameter for the study of conservation and stability of foods in general (Cano, 2001). The obtained results show that the moisture of the studied samples varied between 14.47 and 23.05g / 100g. These results show that all analyzed honeys comply with the standards proposed by the codex, except for samples H18 and H6 which have moisture levels higher than 21%. These honeys are susceptible to fermentation (Gonnet, 1982).

The pH values range from 3.15 to 4.5. The pH is very important during the extraction and storage of honey, because it influences the composition and the stability of the product (Terrab, 2004). The results show that all analyzed honeys are from a nectar source, the pH of the flower honeys vary between 3.5 and 4.5 while honeydew honeys have higher pH values ranging from 4.5 to 5.5 (Gonnet, 1986).

The ash content is a parameter used to determine the botanical origin (floral, honey or mixed) (Terrab, 2004). The maximum ash content in flower honeys is equal to 0.6% (Terrab, 2004). The ash content in the analyzed honey samples varies between 0.02 and 0.53 g / 100g, therefore these honeys have a nectariferous origin.

Honey electrical conductivity is a parameter related to minerals content, organic acids and proteins. It varies according to the botanical origin (Terrab, 2003), the electrical conductivity values of the nectar honeys range from 1×10^{-4} to 5×10^{-4} Siemens / cm, while those of melliferous origin have values between 10×10^{-4} - 15×10^{-4} Siemens / cm (Alphandery, 1992). The electrical conductivity is considered as one of the best parameters to differentiate between honeys from different origins (Krause, 1991). The analyzed samples showed electrical conductivity values-ranging from 1×10^{-4} to 3×10^{-4} Siemens/cm. According to these results, it can be concluded that all analyzed honeys have a nectar source. These results are in accordance with those obtained by Ouchemoukh, (2007) working on honey from the Bejaia region that is located in eastern Algeria.

The free acidity values of the analyzed samples are between 10.16 and 28.03 meq/kg, so, we can say that all analyzed honeys comply with the required standards (50 meq / 100g honey) of the Codex Alimentarius (1998). The lactonic acidity is considered as a secondary acidity when the honey becomes alkaline (Gonnet, 1982). The values obtained in our study are comprised between 2.38 and 8.55 meq / kg. The total acidity is the sum of free and lactonic acidity, it varies according to the harvest season (De Rodriguez, 2004).

Proteins: honey contains less than 5mg / g protein (Anklam, 1998) and the pollen is the main source of honey protein (Baume, 2004). The obtained results vary between 0.11 and 2.85 mg / g, these values are low than those obtained by Ouchemoukh, (2007) who found values ranging from 3.7 to 9.4 mg / g in Bejaia honeys.

Sugars: according to Gonnet (1982), sugars represent the greater part of the honey dry matter (95 to 99%). Flowers honeys contain a small amount of monosaccharides compared to nectar honeys. The results of our study vary between 75.46 and 83.63%.

HMF: The freshly harvested honey contains almost no HMF. However, during storage at high temperature, this value increases (Bogdanov, 1995; Mendes, 1988). The amount of HMF tolerated in a honey should be always less than 10 mg / kg of honey. Although, the law tolerates up to 40ppm and 60ppm according to the European Union and the Codex Alimentarius respectively (Bogdanov, 1999).

The results of the studied honeys are between 0.5 and 4.75 mg / kg so; we can say that all the studied honeys are conform to the standard required by the codex. The obtained values are low than those found in other studies carried on Moroccans honeys (Terrab, 2002); on Irland honey (Downey, 2005) and on Portuguese honey (Mendes, 1998)

Density: the obtained values are comprised between 1.32 and 1.55. Chefrour (2009), found that the density values of some Algerian honeys range from 1.37 to 1.5

Statistical analyses: Correlation Matrix: Table.3 shows that there is a positive correlation between total acidity and free acidity ($r = 0.98$). An average positive correlation is observed between the lactone acidity and water content ($r = 0.49$) and between protein and ash content ($r = 0.4$). Sugar content is negatively correlated with water content ($r = -0.76$) and the lactone acidity ($r = -0.45$)

Table.3. Matrix correlations between different variables of honey samples

Variables	Moisture	pH	Electrical conductivity	Ash	Free acidity	Lactonic acidity	Total acidity	Proteins	Total sugars	HMF	Density
Moisture	1										
pH	-0.20	1									
Electrical conductivity	-0.12	0.01	1								
Ash	-0.29	-0.11	0.26	1							
Free acidity	-0.18	0.14	0.01	-0.19	1						
Lactonic acidity	0.49	-0.29	-0.18	-0.36	-0.30	1					
Total acidity	-0.09	0.09	-0.02	-0.27	0.98	-0.12	1				
Proteins	0.10	-0.13	-0.26	0.17	-0.21	0.10	-0.20	1			
Total sugars	-0.7	0.04	0.26	0.40	0.14	-0.45	0.06	0.07	1		
HMF	0.18	0.09	-0.17	-0.19	0.14	0.06	0.16	0.33	-0.02	1	
Density	0.19	-0.01	0.36	0.07	0.30	-0.10	0.29	0.02	-0.19	0.11	1

Principal Component Analysis (PCA) : According to the graph (Fig.1a), we note that only the first five components are greater than 1. From Table.4, we see that the first five components explain 81.05% of the variability on honey.

Table.4. Eigen values of the first five components

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Eigen values	2.71	2.32	1.48	1.36	1.02
Variance%	24.70	21.12	13.46	12.40	9.36
Cumulative%	24.70	45.82	59.29	71.69	81.05

The first two axes explain 45.83% of the information, the first axis alone explains variability of 24.71%, this axis is strongly positively correlated with the water content and acidity lactone and strongly negatively correlated to the sugar content; the second axis also explains a significant proportion of variability in the range of (21.12%), this axis is correlated to the free acidity and total acidity and HMF, which that honey containing a high acidity are rich in HMF (Fig.1b).

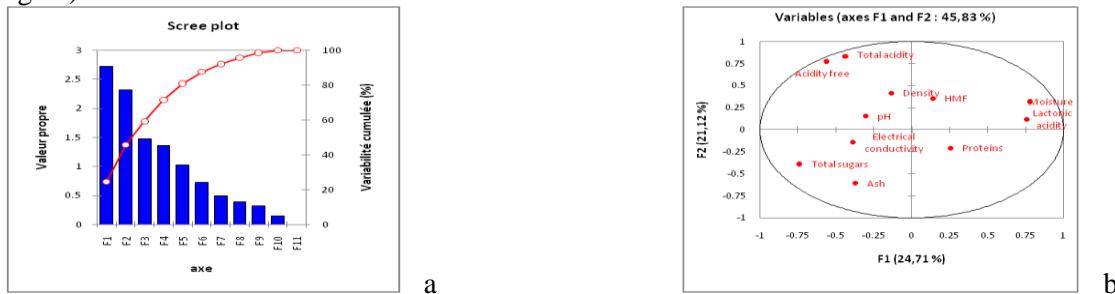


Figure.1. Principal Component Analysis (PCA)

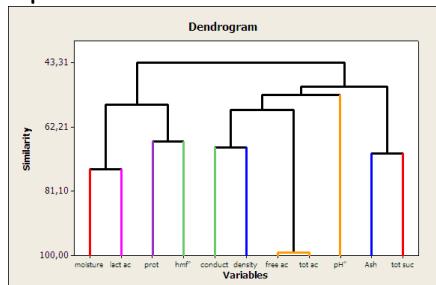


Figure 2. Dendrogram of Ward of physicochemical parameters

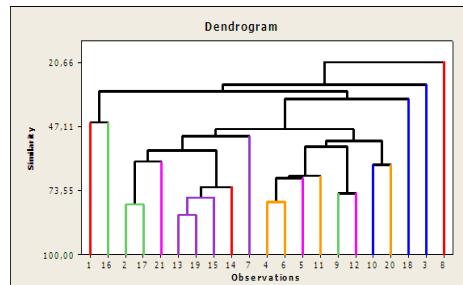


Figure 3. Dendrogram of Ward between the samples

Hierarchical Clustering (HC): The hierarchical clustering (HC) is a method of hierarchy construction; we realized this classification between honeys samples and between variables.

Fig.2, shows Ward dendrogram and the distance of the correlation coefficient between the variables. It shows two distinct groups of variables according to their degree of correlation, the first group includes variables moisture, lactonic acidity, proteins and HMF and the second group comprises electrical conductivity, density, free acidity, total acidity, pH, ash content and total sugars.

Fig.3, shows the relationship between the samples of the studied honeys. At the similarity level 48, the dendrogram shows six groups: group 1: code 8 (H8), group 2: code 3 (H3), group 3: code 18 (H18), group 4: codes 20, 10, 9, 11, 5, 6, 4 (H20, H10, H9, H11, H5, H6, H4), group 5: codes 7, 14, 15, 19, 13, 21, 17, 2 (H7, H14, H15, H19, H13, H21, H17, H2) and the sixth group of H1 and H16 (code 1 and 16).

4. CONCLUSION

In this work we have studied some physicochemical parameters of twenty one honey samples from humid regions in North Eastern Algeria. The obtained results allowed us to better know our honeys and determine their quality. The studied parameters show that the majority analyzed honeys have a nectar source. The levels of HMF and total acidity showed that all the studied samples are consistent with the food codex standard. The pH and water content show that all analyzed samples can be stored for a long period. Statistical analysis showed a positive correlation between total acidity and free acidity. This study is to be continued by other researches to study the botanical origin of these honeys and their antibacterial effect.

REFERENCES

- Alphandery R, La route du miel (le grand livre des abeilles et de l'apiculture), Ed Nathan, Paris France, 1992, 254.
- Amri A and Ladjama A, Physicochemical characterization of some multiflora honeys from honeybees *Apis mellifera* collected in the Algerian northeast, Afr J Food Sci, 7, 2013, 168-173.
- Anklam E, A review of the analytical methods to determine the geographical and botanical origin of honey, Food chemistry, 63, 1998, 549-562.
- AOAC, Acidity of Honey, Official Methods of Analysis, 19, 1990, 962- 1033.
- Baum KA, Rubink WL, Coulson RN, Vaughn M and Bryant JR, Pollen Selection by Feral Honey Bee (Hymenoptera, Apidae) Colonies in a Coastal Prairie Landscape, Environ Entomology, 33 (3), 2004, 727-739.
- Bertoncelj J, Dobersek U, Jamnik M, Golob T, Evaluation of the phenolic content, antioxidant activity and colour of Slovenian honey, Food chem, 105, 2007, 822-828.
- Bogdanov S, Bieri K, Figar M, Figueiredo V, Iff D, Känzig A, Stöckli H and Zurcher K, Miel, definition et directives pour l'analyse et l'appréciation, In livre Suisse des denrées alimentaires, 1995, 1-26.
- Bogdanov S, Lüllmann C, Martin P, Von Der Ohe W, Russmann H, Vorwohl G, Persano-Oddo L, Sabatini AG, Marcazzan GL, Piro R, Flaminii C, Morlot M, Lheretier J, Borneck R, Marieles P, Tsigouri A, Kerkvliet J, Ortiz A, Ivanov T, D'Arcy B, Mossel B and Vit P, Honey Quality and International Regulatory Standards, Review of the International Honey Commission, Bee World, 80 (2), 1999, 61–69.
- Bradford MM, A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding, Anal. Biochem, 72, 1976, 248-254.
- Cano CB, Felsner MR, Matos JR, Bruns RE, Whatanabe HM and Almeida-Muradian LB, Comparison of Methods for Determining Moisture Content of Citrus and Eucalyptus Brazilian Honeys by Refractometry, Journal of Food and Analysis, 14, 2001, 101-109.

Cheffrour A, Draiaia R, Tahar A, Ait KY, Bennadja S and Battesti MJ, Physicochemical characteristics and pollen spectrum of some north-eastern Algerian honeys, Afr J Food Agric Nutr Dev, 9, 2009, 1276-1293.

Codex Aimentarius, Codex Alimentarius Standard for honey Ref.CL 1998/12-287 S, FAO and WHO, Rome, 1998.

Codex Standard for Honey, European Regional Standard, 12, 1981.

De Rodriguez GO, Sulbaran de Ferrer B, Ferrer A and Rodriguez B, Characterisation of honey produced in Venezuela, Food Chemistry, 84, 2004, 499-502.

Downe GK.H, Kelly D, Walshe TF and Martin PG, Preliminary contribution to the characterisation of artisanal honey produced on the island of Irland by palynological and physic-chemical data, Food chemistry, 91, and 2005, 347-354.

Gonnet M, analyse des miels L, Description de quelques méthodes de contrôles de la qualité, Bulletin Techniques Apicole, 13 (1), 1986, 17-36.

Gonnet M, Le Miel, Composition, Proprietes et Conservation. 2eme Ed, OPIDA, France, 1982, 31.

Haouam L, Tahar A, Dailly H, Lahrichi A, Chaqroune A and Abdennour C, Physicochemical properties and major elements contents of Algerian honeys from semi-arid regions, Emirates Journal of Food and Agriculture, 28 (2), 2016, 107-115.

Jean-Prost P, Apiculture, Ed. Tec. Et Doc, 6eme Edition, 1987, 310-346.

Krause A And Zalewski RI, Classification of honey by principal component analysis on the basis of chemical and physical parameters, Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und Forschung A, 192, 1991, 19-23.

Makhlofi C, Kerkvliet JD, Albore GR, Choukri A and Samar R, Characterization of Algerian honeys by palynological and physic-chemical methods, Apidologie, 41, 2010, 509-521.

Mendes E, Brojo Proença E, Ferreira IMPLVO and Ferreira MA, Quality evaluation of Portuguese honey, Carbohydrate Polymers, 37, 1998, 219-223.

Nanda V, Sarkar B.C, Sharma H.K and Bawa A.S, Physicochemical properties and estimation of mineral content in honey produced from different plants in Northern India, Journal of Food Composition and Analysis, 16, 2003, 613–619.

Ouchemoukh S, Louaileche H and Schweitzer P, Physicochemical Characteristics and Pollen Spectrum of Some Algerian Honeys, Food Control, 18, 2007, 52-58.

Stephen W, The relationship of moisture content and yeast count in honey fermentation, scientific agriculture, 26, 1946, 258-246.

Terrab A, Diez MJ and Heredia FJ, Palynological, Physicochemical and Colour Characterisation of Moroccan Honeys, I. River and Gum (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnl.) Honey, International J of Food Sci and Tech, 38, 2003, 379-386.

Terrab A, Diez MJ and Heredia FJ, Palynological, Physicochemical and Colour Characterisation of Moroccan Honeys, II. Other unifloral honey type, International J of Food Sci and Tech, 38, 2003, 395-402.

Terrab A, Recamales-Angeles F, Hernanz D and Heredia FJ, Characterisation of Spanish thyme honey by their physicochemical characteristics and mineral contents, Food chemistry, 88, 2004, 537-542.