

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie



UNIVERSITE
Abdelhamid Ibn Badis
MOSTAGANEM

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master en sciences agronomiques

Spécialité : Production Animale

**Etude des caractéristiques polliniques
Physicochimiques et antibactériennes de quelques miels**

Présentée par

BELARBI Fatiha

Devant le jury composé de

| | | |
|----------------|------------|------------------|
| KADDAM Ramdanc | MAA | Univ. Mostaganem |
| SOLTANI Fatiha | MCA | Univ. Mostaganem |
| HOMRANI Mounia | MCB | Univ. Mostaganem |
| HACENE Fatima | Doctorante | Univ. Mostaganem |

Président

Examinatrice

Promotrice

Co-promotrice

Année universitaire :2023-2024



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie



UNIVERSITE
Abdelhamid Ibn Badis
MOSTAGANEM

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master en sciences agronomiques

Spécialité : Production Animale

**Etude des caractéristiques polliniques
Physicochimiques et antibactériennes de quelques miels**

Présentée par

BELARBI Fatiha

Devant le jury composé de

| | | | |
|----------------|------------|------------------|---------------|
| KADDAM Ramdane | MAA | Univ. Mostaganem | Président |
| SOLTANI Fatiha | MCA | Univ. Mostaganem | Examinatrice |
| HOMRANI Mounia | MCB | Univ. Mostaganem | Promotrice |
| HACENE Fatima | Doctorante | Univ. Mostaganem | Co-promotrice |

Année universitaire :2023-2024

Remerciements

Je remercie **ALLAH**, le Tout-Puissant, qui m'a donné la santé, le courage et les moyens pour atteindre ce stade et réussir dans mes études.

Je tiens à exprimer toute ma gratitude et mes remerciements à mon encadrante, Dr. HOMRANI Mounia, pour son aide, sa disponibilité et ses précieux conseils, qui m'ont permis de surmonter toutes les difficultés que j'ai rencontrées.

Nous souhaitons également adresser nos sincères remerciements à :

- , Monsieur KEDDAM Ramdan qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence du jury.
- , Madame SOLTANI Fatiha qui a bien voulu faire partie du jury et évaluer ce travail.
- Mme Hacene Iman Fatima , qui a grandement contribué à la coopérative.
- À tous mes enseignants du Département des Sciences Agronomiques, et particulièrement aux enseignants de la Production Animale, je vous adresse mes plus sincères remerciements.

Dédicaces

*En reconnaissance de la beauté de la vie, je remercie Dieu Tout-Puissant de
m'avoir aidée à achever ce travail.*

Les fruits de nos efforts se récoltent après une longue attente.

*À mon cher père, **Belarbi Ahmad**, et à mon ange, **Mahaddi Fatima**, dont l'amour
et le soutien sont des sources inestimables de force.*

*À mes frères, **Habib et Abdalhak**, ainsi qu'à mes sœurs, je dédie cette recherche
en témoignage de ma gratitude. Leur présence m'a toujours encouragée et
soutenue.*

*Je remercie également ma famille généreuse et tous ceux qui ont partagé des
moments précieux avec moi. Que Dieu les protège et leur accorde le succès.*

*Enfin, je n'oublie pas mes professeurs de l'Université des Sciences Naturelles,
Dr Homrani Mounia, Pr Bouzouina Mohamed, et Mme Hacene Imen, ainsi que
tous ceux qui ont eu un impact sur ma vie.*

FATIHA (KENZA)

Résumés

Résumé

La présente étude évalue les caractéristiques méliissopalynologiques (qualitatives et quantitatives), physicochimiques (conductivité, pH, humidité, hydroxyméthyl-5-furfural) ainsi que l'activité antibactérienne de 24 échantillons de miels locaux et un miel importé. L'analyse pollinique a révélé la présence de 8 échantillons multifloral et cinq miels monofloraux provenant de trois origines botaniques (*Citrus*, *Ziziphus lotus*, *Leptospermum scoparium*), ou 66 taxons appartenant à 31 familles botaniques ont été inventoriés. Deux miels ont été identifiés comme miellat. La densité moyenne en grains de pollen dans les miels est de 14 603 grains/g miel. Les analyses physicochimiques montrent que la plupart des miels étudiés sont conformes aux normes internationales, avec des taux d'humidité variant entre 13 % et 20,2 %, des pH de 3,39 à 4,9 et des conductivités électriques comprises entre 0,106 et 1,904 mS/cm. Cependant, quelques échantillons ont présenté des teneurs en eau et en HMF élevées, ce qui a affecté leur qualité. Les tests antibactériens ont montré que les miels de miellat et de manuka avaient la plus forte activité contre *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* et *Klebsiella pneumoniae*. L'efficacité antibactérienne varie en fonction de l'origine florale et de la concentration, les miels purs étant les plus puissants. En conclusion, les miels locaux se distinguent par leurs particularités polliniques, physicochimiques et antibactériennes, notamment le miel de miellat, qui mérite une attention particulière pour sa catégorisation et sa valorisation, tandis que le miel importé, comme le Manuka, présente une composition pollinique plus simple mais spécifique avec un fort pouvoir antibactérien.

Mots clés : Miel, Activité antibactérienne, Physicochimie, Méliissopalynologie, Algérie, miellat, Manuka

Summary

This study evaluates the melissopalynological (qualitative and quantitative), The physicochemical (conductivity, pH, moisture, hydroxymethyl-5-furfural), and antibacterial activity of 24 local honey samples and one imported honey. The pollen analysis of 8 samples revealed one multifloral honey and five monofloral honeys from three botanical origins (Citrus, Ziziphus lotus, Leptospermum scoparium), with a total of 66 taxa belonging to 31 botanical families. Two honeys were identified as honeydew. The average density of pollen grains in honey were 14,603 grains/g of honey. Physicochemical analyses show that most of the studied honeys comply with international standards, with moisture content ranging from 13% to 20.2%, pH from 3.39 to 4.9, and electrical conductivities between 0.106 and 1.904 mS/cm. However, some samples showed high water and HMF levels, affecting their quality. Antibacterial tests revealed that honeydew and manuka honeys had the strongest activity against *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, and *Klebsiella pneumoniae*. Antibacterial effectiveness varies depending on floral origin and concentration, with pure honeys being the most potent. In conclusion, local honeys are distinguished by their pollen, physicochemical, and biological characteristics, especially honeydew honey, which deserves special attention for its categorization and valorization, while imported honey, such as Manuka, shows a simpler but specific pollen composition.

Keywords: Honey, Antibacterial activity, Physicochemistry, Melissopalynology, Algeria, Honeydew, Manuka.

المخلص

تهدف الدراسة الحالية إلى تقييم الخصائص الفيزيائية والكيميائية (الموصلية، ودرجة الحموضة، والرطوبة، وهيدروكسي ميثيل-5-فورفورال) والنشاط المضاد للبكتيريا لـ 24 عينة من العسل المحلي وعسل واحد مستورد. كشف تحليل حبوب اللقاح لثمانية عينات *Leptospermum* الحمضيات، وزهرة اللوتس، و) عن عسل متعدد الأزهار وخمسة عسل أحادي الزهرة من ثلاثة أصول نباتية ، مع إجمالي 66 نوعًا ينتمي إلى 31 عائلة نباتية. تم التعرف على نوعين من العسل على أنهما ندوة عسلية، بمتوسط (scoparium) كثافة حبوب لقاح تبلغ 1.93×10^5 حبة/10 جم من العسل. أظهرت التحليلات الفيزيائية والكيميائية أن معظم أنواع العسل التي تمت دراستها تتوافق مع المعايير الدولية، حيث تتراوح مستويات الرطوبة بين 13% و20.2%، ودرجة الحموضة من 3.39 إلى 4.9، مما HMF والموصلية الكهربائية بين 0.106 و1.904 مللي سيميز/سم. ومع ذلك، أظهرت بعض العينات نسبة عالية من الماء و أثر على جودتها. أظهرت الاختبارات المضادة للبكتيريا أن عسل الندوة العسلية وعسل المانوكا كان لهما أقوى نشاط ضد المكورات العنقودية الذهبية والإشريكية القولونية والكلبسيلا الرئوية، مع انخفاض الفعالية مع تخفيف العسل. تختلف الفعالية المضادة للبكتيريا اعتمادًا على أصل الأزهار وتركيزها، حيث يكون العسل النقي هو الأقوى. في الختام، يتميز العسل المحلي بحبوب اللقاح وخصائصه الفيزيائية والبيولوجية، ولا سيما عسل المن، الذي يستحق اهتمامًا خاصًا لتصنيفه وتثمينه، في حين أن العسل المستورد، مثل مانوكا، يقدم تركيبة أكثر حبوب لقاح بسيطة ولكنها محددة.

الكلمات المفتاحية: العسل، النشاط المضاد للبكتيريا، الكيمياء الفيزيائية، علم الطحالب، الجزائر، الندوة العسلية، مانوكا

Liste des abréviations

HMF : Hydroxyméthyl-5-furfural

IHC : International Honey Commission

E. coli : Escherichia coli

K. pneumoniae : Klebsiella pneumoniae

S. aureus : Staphylococcus aureus

Min-Max : Minimum-Maximum

Mm : Millimètre

Mg/kg : Milligramme par kilogramme

PH : Potentiel hydrogène

DNA : Deoxyribonucleic Acid (acide désoxyribonucléique)

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau 1 : Principaux éléments du miel de nectar et de miellat..... | 7 |
| Tableau 2 : Principaux éléments du miel de nectar et de miellat..... | 7 |
| Tableau 3 : Recommandations et exigences internationales des critères de qualité du miel | 13 |
| Tableau 4 : Présentation des échantillons du miel étudiés..... | 25 |
| Tableau 5 : Tableau : Classification de Maurizio (1975) | 26 |
| Tableau 6 : Résultats de l'analyse pollinique quantitative et qualitative des miels étudiés | 38 |
| Tableau 7 : Résultats de l'effet inhibiteur des miels à différentes concentrations | 50 |
| Tableau 8 : Appareillage, verreries, réactifs et milieu de culture utilisés..... | 69 |
| Tableau 9 : : Table de CHATAWAY (1935)..... | 71 |
| Tableau 10 : Spectre pollinique des miels étudiés | 55 |
| Tableau 11 : Résultats des analyses physicochimiques..... | 57 |

Liste des figures

| | |
|--|----|
| Figure 1: Abeilles mellifères (photo de ken walker publier sur http://www.padil.gov.au)..... | 3 |
| Figure 2 : composition moyenne du miel (Bruneau, 2002)..... | 4 |
| Figure 3: Structure d'une fleur..... | 4 |
| Figure 4: Un psylle secretant du miellat | 4 |
| Figure 5: Les différentes formes de grains de pollen (Guerin et cour,)..... | 7 |
| Figure 6: Représentation schématique des différents types polliniques d'angiosped | 10 |
| Figure 7 : Ornementation du pollen (Reille, 1990) | 10 |
| Figure 8 : Plante mellifères présente en Algérie | 11 |
| Figure 9 : Fréquences de distribution des taxons | 39 |
| Figure 10 : Les fréquences de distribution des familles botaniques % | 40 |
| Figure 11 : Spectre pollinique des différents miels analysés selon leur origine botaniqu | 43 |
| Figure 12 : Aspect microscopique des différents pollens trouvés dans les miels étudiés | 44 |
| Figure 13 : Teneur en eau des miels | 46 |
| Figure 14 : Variation du PH des miels analysés..... | 47 |
| Figure 15 : pH de miels du nectar | 47 |
| Figure 16 : Conductivité des miel issus du nectar | 48 |
| Figure 17 : Variation du PH des miels analysés..... | 48 |
| Figure 18 : Figure 18 : Le taux de HMF des miels analysés | 49 |
| Figure 19 : Résultats de l'activité antibactérienne des miels brute et dilués | 51 |
| Figure 20: Résultats de l'activité antibactérienne des miels selon leurs origines florales..... | 52 |
| Figure 21 : Effet des miels à différentes concentration sur la croissance des souches indicatrices . | 53 |

Sommaire

| | |
|-----------------------------|------|
| Dédicaces..... | I |
| Remerciements..... | II |
| Liste des tableaux..... | IV |
| Liste des figures..... | V |
| Liste des abréviations..... | VII. |
| Introduction..... | 2 |

Partie I : Synthèse bibliographique

| | |
|---|-----------|
| Chapitre 1 : Généralités sur le miel | 3 |
| I-1- Description | 3 |
| I-2- Composition chimique du miel | 3 |
| I-3- Origine des miels..... | 4 |
| I-3-1- Le nectar..... | 4 |
| I-3-2- Le miellat..... | 5 |
| I-4- Différents types de miels selon leurs origines botaniques..... | 5 |
| I-4-1- Miels issus de nectar..... | 5 |
| I-4-2- Miels issu de miellats..... | 6 |
| I-5- Élaboration du miel | 7 |
| I-5-1- Rôle des abeilles..... | 7 |
| I-5-2- Rôle de l'apiculteur..... | 8 |
| I-6- Production de miel..... | 8 |
| I-6-1- Production de miel dans le monde | 8 |
| I-6-2- Production de miel en Algérie..... | 9 |
| I-7- Pollen..... | 9 |
| I-7-1- Origine du pollen dans le miel..... | 9 |
| I-7-2- Identification du pollen..... | 10 |
| I-8- Plante mellifère..... | 10 |
| I-8- Qualité du miel | 12 |
| Chapitre II : Les propriétés des miels | 17 |
| II-1- Propriété Physico-chimique de miel | 17 |
| II-1-1.-Densité | 17 |
| II-1-2-Couleur..... | 17 |
| II-1-3- Viscosité | 17 |
| II-1-4- Activité de l'eau | 17 |
| II-1-5- pH..... | 17 |
| II-1-6- Abaissement du point de congélation..... | 17 |
| II-1-7- Conductivité électrique | 17 |
| II-1-8- Indice de réfraction | 18 |
| II-1-9-Hygroscopicité | 18 |
| II-1-10-Le pouvoir rotatoire..... | 18 |

| | |
|--|----|
| II-1-11-Turbidité | 18 |
| II-1-12- La solubilité..... | 18 |
| II-1-13- Cristallisation du Miel..... | 18 |
| II-2- Propriété Nutritionnelles et diététiques | 19 |
| II-3- Propriétés antibactériennes du miel..... | 19 |
| II-4- Propriétés antioxydantes | 20 |
| II-5- Activité Inhibitrice de la Monoamine Oxydase (MAO) et Intérêt Comme Antidépresseur | 20 |
| II-6- La cicatrisation des plaies | 21 |
| II-7- Effet prébiotique..... | 21 |

Partiell: Etude Expérimentale

| | |
|--|----|
| III- Objectifs de l'étude..... | 23 |
| IV- Matériel et méthode | 24 |
| IV-1 Lieu du travail..... | 24 |
| IV-2-1- Appareillage | 24 |
| IV-2-2- Milieux de culture..... | 24 |
| IV-2-3- Matériel Biologique | 24 |
| IV-3- Méthode..... | 25 |
| IV-3-1- Etude pollinique des miels (Mélissopalynologie)..... | 25 |
| IV-3-1-1- Analyse quantitative | 26 |
| IV-3-1-2- Analyse qualitative | 26 |
| IV-3-2- Analyses physicochimiques | 27 |
| IV-3-2-1 Taux d'humidité (Teneur en eau) | 27 |
| IV-3-2-2 Conductivité électrique | 28 |
| IV-3-2-3 pH..... | 28 |
| IV-3-2-4 Teneur en Hydroxyméthyl-fulfural (HMF)..... | 28 |
| VII-3-3 Evaluation de l'activité antibactérienne..... | 29 |
| VII-3-3-1 Revivification des souches pathogènes | 29 |
| VII-3-3-1 Estimation de l'activité antibactérienne des miels | 29 |
| V- Résultats et discussion | 31 |
| V-1- Analyse pollinique | 31 |
| V-1-1- Analyse pollinique quantitative..... | 31 |
| V-1-2- Analyse pollinique qualitative | 31 |
| V-2- Analyses physicochimiques..... | 45 |
| V-2-2-1- Taux d'humidité (H°)..... | 45 |
| V--2-2- Le pH | 46 |
| V-2-3- Conductivité Electrique..... | 47 |
| V-2-4- La teneur en HMF (mg/Kg miel) | 48 |

| | |
|---|----|
| V-3- Etude du pouvoir antibactérien des miels analysés..... | 49 |
| Conclusion..... | 57 |
| Références bibliographiques..... | 59 |
| Annexes..... | 69 |

Introduction

INTRODUCTION

Depuis les temps anciens, le miel occupe une place privilégiée dans l'alimentation et la médecine humaines. Ce précieux produit, élaboré par les abeilles mellifères *Apis mellifera*, résulte de la transformation du nectar des fleurs et des exsudats de certaines plantes. Il se distingue par sa composition complexe, comprenant essentiellement des sucres et de l'eau, ainsi que d'autres éléments mineurs tels que les minéraux, enzymes, vitamines, acides aminés libres et divers composés volatils (Gorjanović *et al.*, 2013 ; Liu *et al.*, 2013 ; Kayode et Oyeyemi, 2014). Les caractéristiques organoleptiques des miels varient en fonction de l'origine florale, géographique, et des espèces d'abeilles impliquées dans leur production (Kadri *et al.*, 2017).

En Algérie, l'apiculture est principalement concentrée dans le Nord du pays, en particulier dans des régions montagneuses, ainsi que dans les plaines littorales. Malgré une augmentation significative de la production de miel au cours de la dernière décennie, enregistrant une hausse de 85 % avec une production atteignant 74 420 quintaux par an, soit environ 176 grammes par habitant (MADR, 2019), cette production demeure inférieure aux capacités de potentiel mellifère du pays. Plusieurs défis, tels que le changement climatique, l'utilisation de pesticides et les maladies apicoles, limitent cette croissance (ITLEV, 2019). Treize variétés de miel sont reconnues officiellement, incluant des miels d'agrumes, d'eucalyptus, de romarin, jujubier, polyflorale et d'autres.

Pour garantir l'authenticité et la qualité du miel, des normes internationales ont été établies par le *Codex Alimentarius*. L'authentification du miel est un processus complexe, qui commence par des analyses mélisopalynologiques, utilisant des techniques avancées pour déterminer l'origine botanique (Belay *et al.*, 2017). En Algérie, l'absence de laboratoires accrédités complique l'attribution des appellations d'origine botanique, celles-ci reposant souvent sur les connaissances empiriques des apiculteurs. Par ailleurs, L'authentification du miel repose également sur une évaluation rigoureuse de divers paramètres physico-chimiques (Bogdanov et Gallmann, 2008 ; Popek *et al.*, 2017),

En plus de ses qualités organoleptiques et nutritionnelles, le miel est reconnu pour ses propriétés antibactériennes, qui en font un produit précieux dans la médecine traditionnelle et moderne. Ces propriétés sont en grande partie attribuées à la présence de peroxyde d'hydrogène, de composés phénoliques, et de défensines (Molan, 2001 ; Maddocks et Jenkins, 2004). Certains miels tels que celui de Manuka sont célèbres pour leurs propriétés antibactériennes exceptionnelles, dues à la présence de méthylglyoxal, un composé dont la concentration varie selon la source et le type de miel (Adams *et al.*, 2008 ; Almasaudi, 2019). Ces propriétés sont essentielles pour le traitement des infections et la promotion de la cicatrisation, faisant du miel un agent thérapeutique prometteur dans la gestion de diverses affections (Bogdanov, 2008 ; Koo *et al.*, 2017).

*Partie I : Synthèse
bibliographique*

Chapitre I :

Généralités sur les miels

Chapitre I : Généralités sur les miels

I-1- Description

D'après le *Codex alimentaire* (2001), le miel est défini comme étant la substance naturelle sucrée produite par les abeilles mellifiques de l'espèce « *Apis mellifera* », à partir du nectar des fleurs et/ou de certaines sécrétions provenant de plantes qu'elles butinent (miellat). Les abeilles transforment, combinent avec des matières propres, emmagasinent et laissent mûrir cette substance dans les rayons de la ruche. Le miel peut être fluide, épais ou cristallisé.

Il est spécifié que cette denrée alimentaire ne peut pas être désignée comme "miel" si elle est obtenue en nourrissant les abeilles avec du sucre industriel. De plus, les miels produits par d'autres espèces d'abeilles telles que *qu'Apis cerana*, *Apis dorsta* ou bien l'abeille *mélipone*(figure 1) doivent être nommés différemment en raison de leur composition distincte.



Figure 1: Abeilles mellifères (photo de ken walker publier sur <http://www.padil.gov.au>)

I-2- Composition chimique du miel

La composition chimique du miel est influencée par plusieurs facteurs, notamment la flore butinée, les conditions météorologiques et la race des abeilles (Amiry *et al.*, 2017 ; Majtan, 2018 ; Shafiei *et al.*, 2020 ; Homrani, 2020). Plus de 200 substances ont été identifiées dans le miel, dont les principaux composants sont illustrés dans la figure2(Azeem *et al.*, 2018).

Les principaux composants du miel sont les glucides, essentiellement des monosaccharides tels que le glucose et le fructose, ainsi que du saccharose, du maltose et d'autres sucres en traces (Alvarez-Suarez *et al.*, 2010). La teneur en eau du miel est en moyenne de 17 %, bien que cela puisse varier en fonction des conditions environnementales (Al-Mamary *et al.*, 2002). Les abeilles

operculent les alvéoles de miel lorsque la teneur en eau avoisine les 18 %, mais certains miels de bruyère peuvent contenir jusqu'à 22-25 % d'eau.

Le miel contient également des composés mineurs tels que des acides (Gulcin *et al.*, 2010), des protéines et des acides aminés (Aljadi *et al.*, 2002), des oligo-éléments, des enzymes, des vitamines (Bogdanov, 2012), des pigments (Beretta *et al.*, 2005) et des bactéries lactiques (Olofsson *et al.*, 2014 ; Homrani *et al.*, 2018 ; Radja *et al.*, 2020). Bien que présents en faible concentration, ces composants confèrent au miel ses propriétés thérapeutiques (Molan, 1999).

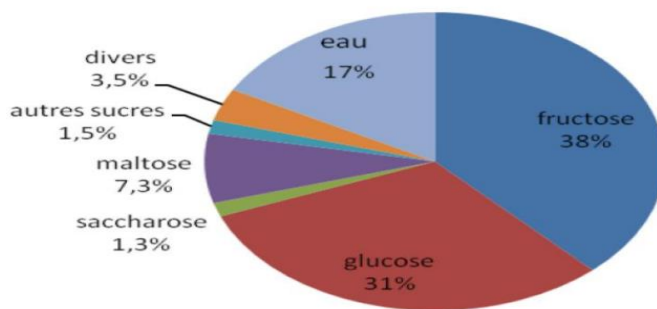


Figure 2 : composition moyenne du miel (Bruneau, 2002)

I-3- Origine des miels

D'après Prost (1987), le miel vient des plantes par l'intermédiaire des abeilles. La sève élaborée, matière de miel, est extraite des vaisseaux du liber qui la contiennent de 2 manières (Figure 3) par :

- Les nectaires élaborant le nectar (Figure 3)
- Des insectes piqueurs et suceurs, pucerons principalement, rejetant du miellat (figure 4)

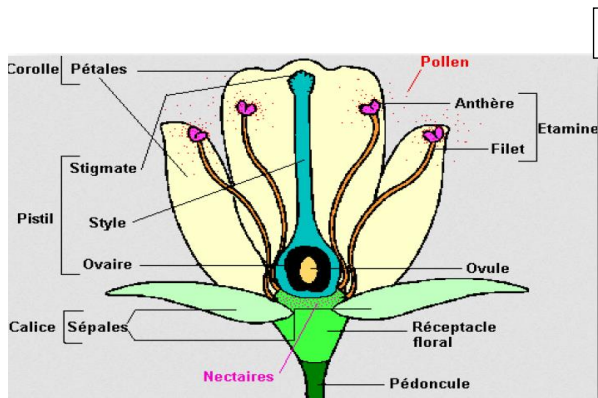


Figure 3 : structure d'une fleur



Figure 4 : Un psylle sécrétant du miellat

I-3-1- Le nectar

Le nectar est une sécrétion sucrée plus ou moins visqueuse produite à partir de la sève des plantes, au niveau des cellules des glandes nectarifères, où des transformations biochimiques complexes ont

lieu, conférant ainsi au liquide une composition très variée (Jones *et al.*, 2003). Son rôle principal est d'attirer les insectes pollinisateurs tels que les abeilles. Dans des conditions optimales, une colonie peut récolter jusqu'à 5 Kg de nectar par jour (Apimondia, 2001 ; Rossant, 2011).

Le nectar est principalement composé d'eau (environ 80%) et de sucres (environ 20%) à des concentrations variables (Percival, 1961). Les principaux sucres présents sont le saccharose, le glucose ou le fructose, en fonction de l'origine florale (Darrigol, 2007). De plus, le nectar contient de manière infime des acides organiques, des protéines (enzymes et acides aminés libres), des composés inorganiques, des vitamines et des pigments phénoliques issus des pollens, qui contribuent à l'arôme et à la couleur propres à chaque espèce végétale (Baker *et al.*, 2018). Certains nectars peuvent également contenir des composés huileux, des alcaloïdes ou des substances bactéricides, qui ajoutent une dimension distinctive à la "carte d'identité" phytosociologique du miel (Koechler, 2015).

I-3-2- Le miellat

Le miellat constitue les excréments de certains insectes suceurs de sève (hémiptères et des homoptères comme les pucerons, les cochenilles, les cigales et les psylles), laissées sur les végétaux (Gharbi, 2011). Ce liquide épais, dense et visqueux est composé de sucres plus complexes que le nectar, comme le mélézitose ou l'erlose. Cependant, le mélézitose peut représenter un réel danger s'il est présent en grande quantité dans les ruches car il peut durcir comme de la pierre. On y retrouve également plus d'acides organiques, de minéraux et d'azote, sa composition se rapproche donc d'avantage de celle de la sève végétale que de celle du nectar (UNAF, 2011).

Les abeilles récoltent le miellat en complément ou en remplacement du nectar. Les plantes hôtes de ces producteurs de miellat sont le plus souvent des arbres forestiers ou d'ornementation comme le sapin, l'épicéa, le pin sylvestre, le chêne ou le mélèze (Jean-Prost et Le Conte, 2005).

I-4- Différents types de miels selon leurs origines botaniques

I-4-1- Miels issus de nectar

On distingue principalement deux types : les miels **monofloraux** et les **polyfloraux**.

I-4-1-1- Les miels monofloraux

Ils sont produits à partir du nectar d'une seule espèce végétale, ce qui confère à chacun des caractéristiques spécifiques en termes de palynologie, d'organoleptie et de physicochimie (Bogdanov *et al.*, 2003). En Algérie, les miels monofloraux les plus courants incluent ceux d'eucalyptus,

d'agrumes et de jujubier, mais une grande diversité d'autres types monofloraux est également présente, démontrant le riche potentiel apicole du pays (Homrani, 2020 ; Zerrouk et al., 2014).

I-4-1-2- les miels polyfloraux

Également appelés "miels toutes fleurs", sont élaborés à partir du nectar provenant de plusieurs espèces végétales sans prédominance particulière. Ils résultent d'un butinage dans un environnement où plusieurs variétés de plantes donnent simultanément du nectar, représentant ainsi la majorité de la production algérienne.

Pour valoriser leur spécificité et permettre au consommateur de reconnaître leur caractère dominant, les apiculteurs indiquent l'origine géographique. Celle-ci indique l'aire de production (région, département, massif...). Cependant, la désignation d'un miel par une région géographique topographique, exige que ce dernier soit exclusivement produit dans la zone indiquée dans la désignation. Ce type de miel doit être certifié par des signes distinctifs de qualité « AOP » et « IGP ». Ces certifications ont pour objectif de valoriser et de protéger les produits de terroir et les produits locaux. Le Maroc par exemple dispose de trois miels labellisés IGP à ce jour qui sont le « miel d'Euphorbe Tadla-Azilal », le « miel d'arbousier Jbal Moulay Abdessalam » et le « miel d'Euphorbe du Sahara ». L'Algérie ne possède à ce jour aucun miel AOP ou IGP malgré les capacités dont le pays dispose.

L'indication des miels polyfloraux peut être aussi attribuée à de paysage faisant référence à une flore identifiée (montagne, maquis, forêt...etc) ou suivant les saisons (miel de printemps ou d'été) comme le préconise (Donadieu, 1984).

1-4-2- Miels issu de miellats

La dénomination est généralement en fonction de l'origine botanique du miellat de la plante. Ce miel, d'origine animale à l'inverse du miel e nectar est le plus souvent appelé miel de forêt. À ce jour, un seul miel de miellat est commercialisé sous le nom d'un récolté à partir du miellat sécrété par certains insectes tels que *Metcalfa pruinosa* ou mélange de nectar et de miellat. Le miel de miellat est récolté de la fin du printemps à la fin de l'été, voire jusqu'à octobre, bien que la récolte soit aléatoire et fortement influencée par les conditions climatiques (Persano *et al.*, 2004). L'abeille récolte le miellat sur les arbres de conifères (sapins, épicéas...) ou les arbres à feuille caduque (chênes, tilleuls...). Un miel peut cependant être un mélange de miel de miellat et de nectar. Le miel de miellat est liquide épais et visqueux Il est moins riche en sucre que le miel de nectar mais plus riche en azote, en acides organiques, en minéraux et oligo-éléments donnant naissance à un miel

généralement moins humide donc plus dense, plus sombre et un goût plutôt prononcé (Fournier,2009 ; Benbareka et Hafsaoui,2019).

| | Miel de nectar | | Miellat | |
|--|----------------|---------------|-------------|---------------|
| | moyenne (%) | min.-max. (%) | moyenne (%) | min.-max. (%) |
| Eau | 17,2 | 15-20 | 16,3 | 15-20 |
| Monosaccharides | | | | |
| Fructose | 38,7 | 30-45 | 31,8 | 28-40 |
| Tableau 1 : Principaux éléments du miel de nectar et de miellat | | | | |
| Disaccharides | | | | |
| Saccharose | 0,7 | 0,1-4,8 | 0,5 | 0,1-4,7 |
| Autre di | 5,0 | 2-8 | 4,0 | 1-6 |
| Trisaccharides | | | | |
| Mélézitose | <0,1 | | 4,0 | 0,3-22,0 |
| Erlose | 0,8 | 0,5-6 | 1,0 | 0,1-6 |
| Autre tri | 0,5 | 0,5-1 | 3,0 | 0,1-6 |
| Glucides complexes | | | | |
| Glucide totaux | 79,7 | | 80,5 | |
| Minéraux | | | | |
| AA, protéines | 0,3 | 0,2-0,4 | 0,6 | 0,4-0,7 |
| Acides | 0,5 | 0,2-0,8 | 1,1 | 0,8-1,5 |

Le **tableau 1** montre les principales différences entre le miel de miellat et le miel de nectar. Ce type de miel est méconnu par le consommateur algérien. Par ailleurs les miels peuvent également classés selon leur mode d'extraction (extrait par centrifugation, égoutté, pressé) ou bien le mode de présentation (liquide ou cristallisé, en rayon, découpé)

I-5- Élaboration du miel

I-5-1- Rôle des abeilles

Les abeilles sociales fabriquent le miel en quantité importante pour stocker des provisions pour l'hiver (Free, 1993). Ce processus comporte plusieurs étapes (Winston, 2019) :

- D'abord, les abeilles butineuses aspirent le nectar des fleurs ou le miellat et le stockent dans leurs jabots. À la ruche, elles régurgitent cette solution sucrée prédigérée et la transmettent aux abeilles ouvrières par un phénomène appelé trophalaxie.
- Ce processus réduit la teneur en eau du nectar tout en l'enrichissant en enzymes digestives (invertase, diastase et gluco-oxydase).

- Par la suite, le nectar transformé, contenant environ 50% d'eau, est stocké dans des alvéoles où il est déshumidifié par brassage et ventilation grâce aux abeilles ventileuses qui vont créer un courant d'air avec leurs ailes pour faciliter l'évaporation de l'eau.
- Lorsque le miel atteint une teneur en eau d'environ 20%, il est operculé par les abeilles cirières avec une fine couche de cire, créant une réserve alimentaire stable et à longue conservation, peu sensible à la fermentation.

I-5-2- Rôle de l'apiculteur

L'apiculteur assure la production d'un miel de qualité en suivant les bonnes pratiques apicoles :

I-5-2-1- Dépôt des hausses

En début de floraison, l'apiculteur place des hausses remplies de cadres vides sur le corps de la ruche, séparées par une grille pour empêcher la reine de pondre dans cette section.

I-5-2-2- Récolte

La récolte se fait à la fin de la miellée lorsque les cadres sont remplis de miel et que les $\frac{3}{4}$ sont operculés.

I-5-2-3- Extraction

Après la récolte, le miel est rapidement extrait. L'apiculteur désopercule les alvéoles puis utilise un extracteur pour centrifuger les cadres et récupérer le miel. Enfin, le miel est filtré et laissé à maturer dans un maturateur pour éliminer les impuretés.

I-5-2-4- Mise en pot et conservation

Le miel est ensuite mis en pots et conservé dans un endroit sec, à l'abri de la lumière, et à une température constante inférieure à 20°C pour préserver sa qualité.

I-6- Production de miel

I-6-1- Production de miel dans le monde

L'apiculture est une source de revenu essentielle pour les populations rurales dans de nombreux pays à travers le monde (Bradbear, 2010). La Chine est le premier producteur mondial de miel, représentant plus de 26% de la production mondiale avec 543 000 tonnes. L'Union Européenne suit avec 230 000 tonnes. Parmi les autres grands producteurs, on trouve la Turquie, l'Argentine, l'Ukraine, la Russie, l'Inde, le Mexique, l'Iran et l'Éthiopie (FAOSTAT, 2018).

I-6-2- Production de miel en Algérie

La production nationale de miel a augmenté de 4 770 tonnes en 2010 à 6347 tonnes en 2019 (FAOSTAT, 2021). Cependant, cette production reste faible par rapport au potentiel mellifère dont le pays dispose. De plus, cette production ne suffit pas à couvrir la demande locale, entraînant une quantité importante de miel importé. La majeure partie du miel importé provient d'Espagne (84%), souvent à bas prix. D'autres fournisseurs incluent l'Allemagne, la France, le Canada, la Bulgarie et la Nouvelle-Zélande. Bien que les importations directes de miel chinois soient rares, l'Espagne et la Belgique servent de plateformes de redistribution pour le miel chinois.

La consommation de miel en Algérie est d'environ 200 à 300 grammes par an par habitant, bien en dessous de celle de la France (600 grammes). Le prix du miel, variant de 3000 DA/kg pour les miels clairs ou cristallisés à plus de 8000 DA/kg pour le jujubier, est élevé par rapport au pouvoir d'achat des Algériens. Le miel est souvent perçu comme un médicament, et les consommateurs préfèrent les miels foncés, liquides et en bocaux de verre. En raison de leur méfiance des circuits commerciaux une grande partie des consommateurs Algériens préfèrent se tourner vers les circuits informels en achetant directement auprès des apiculteurs.

Les exportations de miel algérien sont très limitées. En 2018, l'essentiel des exportations était destiné à la Suisse, avec une opération notable vers les Émirats Arabes Unis, où le miel algérien a été valorisé à 44 \$/kg (PAP-ENPARD-Algérie, 2019).

I-7- Pollen

Le grain de pollen est le gamète mâle des végétaux supérieurs. Il est produit au niveau des anthères à l'extrémité des étamines, il est libéré à maturité par déhiscence de l'anthère (Eon, 2011). Il constitue la base de l'alimentation des abeilles car représente leur seul apport protéinique et permet la pérennité de la ruche.

I-7-1- Origine du pollen dans le miel

Le miel naturel contient invariablement des traces de pollen, dont la diversité et la quantité varient en fonction de l'origine géographique et botanique des échantillons, provenant des fleurs visitées par les abeilles (Maurizio et Louveaux, 1970). Lorsque les butineuses collectent le nectar, elles entrent en contact direct avec les étamines, perdant ainsi une partie du pollen qui est retenu par leur pilosité (Braun *et al.*, 2012). Avant même que les abeilles ne visitent la fleur, le pollen peut déjà tomber sur le nectar, particulièrement dans le cas de fleurs présentant une morphologie favorisant cette dispersion. Ce processus constitue un véritable marquage, car les grains de pollen associés au nectar sont

transportés dans le jabot des butineuses, puis stockés dans les cellules du rayon et enfin incorporés dans le miel extrait (Ismail *et al.*, 2013).

I-7-2- Identification du pollen

L'étude des caractéristiques morphologiques des pollens a grandement contribué à la systématique des végétaux. En observant un pollen isolé, il est possible de déterminer l'identité de la plante qui l'a produit. Chaque espèce végétale correspond à un type de pollen identifiable au microscope optique ou électronique (Reille et Pons, 1990).

Les scientifiques évaluent les pollens selon divers critères, notamment leur symétrie, pouvant être isopolaires ou hétéropolaires, leur forme, qui peut être sphérique, longiaxe ou briviaxe, selon les dimensions de l'axe polaire et de l'axe équatorial, la taille (25 à 300 microns), les apertures ainsi que l'aspect de la surface (Figures 5,6,7).

Cette analyse minutieuse des pollens permet aux botanistes et aux palynologues d'identifier les différentes espèces végétales et de reconstruire les écosystèmes anciens à partir des échantillons fossiles.

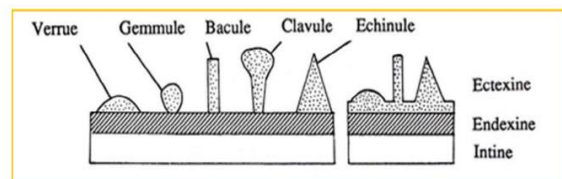
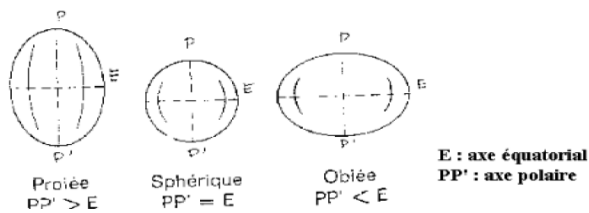


Figure 5 : Les différentes formes de grains de pollen (Guerin et cour,)

Figure 7 : Ornementation du pollen (Reille, 1990)

| | | | | | | |
|-------------------------------|------------|----------------------|----------|--------------|--------------|-----------|
| POLLENS SIMPLÉS | | | | | | |
| | inaperturé | Pollens à ballonnets | | | | |
| POLLENS AVEC PORES | | | | | | |
| | monoporé | diporé | triporé | stéphanoporé | stéphanoporé | périporé |
| POLLENS AVEC PORES ET SILLONS | | | | | | |
| | monocolpé | dicolpé | tricolpé | tétracolpé | pentacolpé | péricolpé |
| GRAINS MULTIPLES | | | | | | |
| | Polyade | tétrade | | | | |

Figure 6: Représentation schématique des différents types polliniques d'angiosperme d'après le nombre et la disposition des apertures (Renault- Miskovsky et Marguerie, 1992)

I-8- Plante mellifère

La classification des plantes mellifères est cruciale pour comprendre leur rôle dans l'apiculture. Les plantes sont considérées comme mellifères si elles produisent du nectar ou permettent la fabrication du miellat, substances collectées par les abeilles butineuses pour être transformées en miel. Cette

La valeur apicole d'une plante dépend de plusieurs critères, notamment sa capacité à produire un nectar attractif pour les abeilles et un pollen de qualité, ainsi que sa disponibilité en termes de surface fleurie (Rabiet, 1984). Les plantes mellifères sont généralement classées en trois catégories selon leur contribution à l'apiculture : les plantes mixtes, qui fournissent à la fois nectar et pollen, les plantes nectarifères, qui produisent exclusivement du nectar, et les plantes pollinifères, qui sont des sources de pollen (Rabiet, 1984).



La lavande (*lavandula angustifolia.*)
Floraison : de juin à aout, N****



Le romarin (*Rosmarinus officinalis L.*)
Floraison : Janvier-avril- juillet-octobre



Thym (*Thymus serpyllum*), P* N****
Floraison : de juin à aout



La bourache (*borago officinalis*),
Floraison : de Juin à aout, p* N****



Luzerne (*Medicago Sativa*) Floraison :
de Juin à Octobre, P* N****



Les agrumes (*Citrus Sp*), P* N**
Floraison : de janvier à décembre



Carotte sauvage (*Daucus carota*),
N**, Floraison : de Avril à Aout



Jujubier (*Zizyphus lotus*). Floraison :
Avril-juillet



Eucalyptus, P***, N*
Floraison : de Mars à Novembre



Grenadier (*Punica granatum*), N*
P*, Floraison : de Mai 'à Aout



Asphodèles (*Astragalus monospuilanus*)
Floraison : de Mars à Septembre,



L'arbusier (*Arbustus unedo L.*),
Floraison : d'Octobre à Décembre
p***, N****



Chardon marie (*Silybum marianum*)
Floraison : de Juin à Aout



Fenouil, (*Foeniculum vulgare*), N**,
Floraison : de Avril à Juin



Figuier de barbarie (*Opuntia ficus*) :
Floraison : de Mais à
Septembre p**, N**

P : potentiel pollinifère, N potentiel nectarifère, * : Faible, ** : moyen, * : Fort**

Figure 8 : Plante mellifères présente en Algérie

L'Algérie, avec sa flore riche et diversifiée résultant des cinq étages bioclimatiques, offre un environnement propice à une grande variété de plantes mellifères (Quezel et Santa, 1962). Malgré cela, aucun inventaire national de la flore mellifère n'a été entrepris jusqu'à présent, soulignant ainsi une lacune dans la recherche apicole dans le pays. Des études scientifiques ont néanmoins été réalisées sur les plantes mellifères algériennes, mettant en lumière leur importance pour l'apiculture locale (Marchenay et Berard, 2007)

I-8- Qualité du miel

Le miel fait partie des produits qui risque le plus de faire l'objet de fraude alimentaire (Comenvi, 2013). Afin de protéger le consommateur des différentes fraudes, des normes internationales ont été établis. Par ailleurs ces normes permettent également aux apiculteurs de confirmer la qualité de leurs produits et donc de les valoriser.

L'évaluation de la qualité du miel comprend la vérification de son authenticité ainsi que l'estimation de sa maturité et sa fraîcheur.

L'authenticité des miels passe tout d'abord par la confirmation de leurs origines botaniques. En Algérie, en raison de l'absence de réglementation sur le miel, l'appellation sur le marché de ce dernier correspond généralement à des observations effectuées par des apiculteurs sur le terrain sans aucune confirmation par des analyses en laboratoire et peuvent donc être fallacieuse (Homrani, 2020).

L'analyse pollinique permet de vérifier l'origine botanique et géographique du miel. Cette discipline est appelée méliissopalynologie. Elle consiste à passer les échantillons de miel au microscope pour identifier les pollens présents et à comparer les résultats aux historiques d'une base de données. L'analyse du pollen dans le miel consiste théoriquement en deux montages : l'analyse qualitative et l'analyse quantitative. Mais il est tout à fait possible d'utiliser un seul montage pour les deux analyses.

L'analyse qualitative permet d'estimer l'origine botanique et géographique du miel grâce à l'identification et à la quantification des grains de pollen. Ainsi, pas moins de quatre "classes" ont été définies selon les quantités relatives des pollens des différentes espèces. Un pollen est considéré comme dominant quand il représente plus de 45% du total des pollens présents. Un pollen principal ou secondaire représente 16 à 45% de ce total, et un pollen d'accompagnement représente 3 à 15%. Enfin, le pollen isolé ou mineur représente moins de 3% de l'ensemble.

L'analyse pollinique qualitative permet l'identification botanique des grains de pollen et est réalisée au microscope photonique, par comparaison avec les caractères morphologiques du pollen des lames de référence d'un Herbarium, confectionné à partir du couvert végétal, permettant ainsi une identification indiscutable. Le pourcentage de présence de chaque taxon botanique identifié est déterminé : ceci permet leur classement en classes de fréquences selon la méthode de LOUVEAUN et MAURIZIO (1970). Ainsi, nous pouvons savoir si le miel en question provient de multiples plantes butinées par l'abeille est donc multifloral ou au contraire monofloral, lorsque la proportion de pollen est dominée par une seule plante dont le spectre pollinique dépasse 45% (Halimi, 2018).

Par ailleurs, certaines analyses physicochimiques sur le miel permettent également de déterminer sa qualité (Tableau 2).

Tableau 3 : Recommandations et exigences internationales des critères de qualité du miel (Codex Alimentarius, 2001 ; UE, 2002)

| *Caractéristique qualitative | Exigences de UE | Recommandations du Codex | Méthode d'analyse |
|---|-----------------|--------------------------|---|
| Eau (g/100g) | | | |
| Miel, en général | max. 21 | max. 21 | Réfractométrie |
| Miel de bruyère, miel de trèfle | max. 23 | max. 23 | |
| Teneur apparente en sucres réducteurs (g/100 g) | | | |
| Miel de fleurs | min. 65 | min. 65 | I.R /HPLC /RMN |
| Miel de miellat, ou mélanges avec miel de fleurs | min. 60 | min. 60 | |
| Teneur apparente en saccharose (g/100 g) | | | |
| Miel en général | max. 5 | max. 5 | |
| Miel de miellat, ou mélanges avec miel de fleurs (miel d'acacias, de lavande, de Banksia, d'Eucryphia) | max. 10 | max. 10 | |
| <i>Substances non hydrosolubles</i> (g/100 g) | 0.1 | 0.1 | |
| Sels minéraux (g/100g) | | | |
| Miel en général | max. 0,6 | max. 1 | |
| Miel de miellat ou mélanges de miel de fleurs | max. 1 | pas d'indication | |
| <i>Acides libres</i> (milliéquivalent/kg) | 40 | 40 | pH-mètre |
| Indice d'amylase (en unités de Schade) | | | |
| Miel en général | min. 8 | min. 3 | Spectrophotométrie, méthode de Phadebas |
| Miels pauvres en enzymes, comme le miel d'acacias, de fleurs d'oranger | min. 3 | pas d'indication | |
| <i>Hydroxyméthylfurfural</i> (mg/kg) | max. 40 | max. 80 | HPLC /UV |

Le **pH et la conductivité électrique** permettent de différencier les miels de miellats de ceux de fleurs. Le paramètre du pH influence la stabilité du miel et ses conditions de conservation.

La mesure **du taux d'humidité** des miels permet l'estimation du degré de leur maturité. Les teneurs en eau élevées sont l'indicateur d'une récolte trop précoce et/ou d'un climat humide (Bogdanov *et al.*, 2004). Ce paramètre renseigne également sur sa stabilité contre la fermentation et la cristallisation au cours du stockage (De Rodriguez *et al.*, 2004 ; Küçük *et al.*, 2007). A l'exception de certains miels, les normes légales admettent une teneur en eau maximale de 20%, mais seuls les miels dont l'humidité est inférieure à 18% se conservent correctement.

Le **taux de H.M.F et l'indice diastasique** constituent un bon indicateur pour la fraîcheur et le surchauffage du miel. L'H.M. F provient de la décomposition du fructose en présence d'acide lorsque le miel est conservé longtemps à température ambiante élevée. Un taux maximum admissible est de 40 mg/ kg. L'activité enzymatique est représentative de l'activité enzymatique de l'amylase, dont la valeur, malgré une variabilité naturelle, traduit la dégradation des enzymes naturelles du miel. Avec le vieillissement du miel, la teneur en diastases diminue progressivement et tend vers zéro (Louveaux, 1968). La destruction des diastases est fortement accélérée par l'élévation de la température.

La concentration des sucres influencent la viscosité, l'hygroscopie, la vitesse de cristallisation et la stabilité structurelle du miel. Les miels contiennent principalement six sucres : fructose, glucose, saccharose, maltose, isomaltose et turanose. Les analyses de ces sucres sont réalisées par des techniques chromatographiques ou spectroscopiques. Les critères de qualité incluent la quantité totale de glucose et fructose ainsi que la teneur en saccharose. La norme pour les miels européens exige une teneur minimale combinée en fructose et glucose de 60 g/100 g pour les miels de nectar et de 45 g/100 g pour les miels de miellat. Cette mesure est cruciale car elle affecte directement la cristallisation du miel : un rapport élevé de fructose par rapport au glucose favorise un miel liquide plus stable, tandis qu'un rapport plus équilibré tend à cristalliser plus rapidement. La teneur en saccharose est également réglementée, avec une limite maximale de 5 g/100 g pour la plupart des miels, bien que certaines variétés spécifiques puissent avoir des tolérances plus élevées. Une teneur excessive en saccharose peut indiquer une maturation incomplète du miel ou une alimentation artificielle des abeilles. Le profil des sucres est crucial pour détecter les fraudes (Cotte *et al.*, 2003 ; Cordella, 2003 ; Avisse, 2014).

La teneur en matières insolubles est un indicateur important pour détecter les impuretés dans le miel. Ces matières sont identifiées après plusieurs étapes de dessiccation et de filtration, et sont exprimées en grammes pour 100 grammes de miel. Le seuil autorisé est de 0,1 g/100 g pour le miel ordinaire, et jusqu'à 0,5 g/100 g pour le miel pressé. Une teneur élevée en matières insolubles peut indiquer une qualité inférieure ou des conditions de récolte inadéquates (Bogdanov *et al.*, 1997 ; Codex Alimentarius, 2001).

*Chapitre II : Les
propriétés des miels*

I- Chapitre II : Les propriétés des miels

II-1- Propriété Physico-chimique de miel

II-1-1.-Densité

Le miel présente une densité relativement élevée qui varie entre 1,40 et 1,45 g/cm³ (Bogdanov *et al.*, 2003).

II-1-2-Couleur

Le miel peut se présenter sous différentes couleurs, celle-ci peut varier en fonction de son origine florale et géographique. Il existe des miels allant d'une couleur claire, limpide jusqu'à des couleurs plus foncées se rapprochant du noir.

II-1-3- Viscosité

La viscosité du miel est conditionnée essentiellement par sa teneur en eau, sa composition chimique et la température à laquelle il est conservé.

II-1-4- Activité de l'eau

Les valeurs *a_w* du miel varient entre 0,55 et 0,75. Les miels dont l'*a_w* est <0,60 peuvent être, du point de vue microbiologique, qualifiés de stables. Bien que l'activité de l'eau soit un facteur de qualité important, on ne la détermine que rarement (Bogdanov *et al.*, 2003).

II-1-5-pH

Le pH du miel varie entre 3,2 et 5,5. Il est généralement inférieur à 4 dans les miels de nectar, supérieur à 5 dans ceux de miellat (sapin = max 5,3). Les miels à pH bas se dégradent plus facilement (Gonnet et Vache, 1985)

II-1-6-Abaissement du point de congélation

Il dépend de la proportion en sucres. Il serait de 1,42°C à 1,53°C en solution aqueuse à 15% et 2,75 à 3,15°C en solution aqueuse à 25% (Emmanuelle *et al.*, 1996)

II-1-7-Conductivité électrique

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

II-1-8-Indice de réfraction

L'indice permet de calculer une variable très importante, la teneur en eau, bien plus rapidement que pour les autres méthodes (Emmanuelle *et al.*, 1996). L'indice de réfraction est mesuré à l'aide d'un appareil appelé refractomètre.

II-1-9-Hygroscopicité

Le miel tend à absorber l'humidité de l'air et si on le laisse trop longtemps dans une atmosphère humide, cette absorption peut être considérable. Un miel normal, contenant 18% d'eau, peut atteindre, au bout de trois mois, une hygrométrie de 55%, son poids a alors augmenté de 84% (Prost, 1979). D'autre part, lorsqu'on veut dessécher le miel, il est nuisible de le maintenir en atmosphère rigoureusement sèche, parce qu'il se forme en surface une pellicule dure qui empêche le reste d'eau de s'évaporer (Emmanuelle *et al.*, 1996).

II-1-10-Le pouvoir rotatoire

Cette propriété est utilisée pour distinguer entre les miels de nectar et les miels de miellat mais aussi pour la détermination de l'origine botanique du miel (Sana, 2017).

II-1-11-Turbidité

Lorsque les miels sont sous forme liquide, ils sont généralement très transparents. Ils contiennent cependant des éléments en suspension qui leur confèrent une certaine turbidité (levures, poussières, grains de pollen, colloïdes, particules de cire et de propolis etc.)

La néphélométrie est une des techniques de mesure de la teneur en particules en suspension ou de la turbidité d'un milieu. Elle fait partie de la photométrie des milieux troubles. (Lequet, 2010)

II-1-12- La solubilité

Le miel est soluble dans l'eau et l'alcool dilué, mais insoluble dans l'alcool fort, l'éther, le chloroforme et le benzène.

II-1-13- Cristallisation du Miel

La cristallisation du miel est un phénomène naturel influencé par plusieurs facteurs. La composition en sucres joue un rôle crucial : un faible rapport fructose/glucose favorise la granulation rapide, car le fructose est presque deux fois plus soluble que le glucose (Lequet, 2010). La température optimale pour la cristallisation se situe entre 10 et 18°C, avec une température constante de 14°C étant idéale pour une cristallisation uniforme (Bogdanov, 1999). L'humidité du miel est également importante, les miels avec une teneur en eau de 15 à 18% ayant une bonne cristallisation (Huchet *et al.*, 1996). Des études récentes confirment l'importance de ces facteurs pour la qualité et la conservation du miel (Jones *et al.*, 2020 ; Whiteet *et al.*, 2021)

II-2- Propriété Nutritionnelles et diététiques

Le miel est un aliment glucidique à haute valeur énergétique, fournissant environ 320 calories par 100 g, soit 13400 joules/kg Sa composition est principalement dominée par un couple d'hexoses : le glucose, qui est directement assimilable par l'organisme, et le fructose, qui est assimilé après une légère transformation. C'est un bon édulcorant. Il est même à conseiller en priorité par rapport au sucre. En plus de ces sucres, le miel contient des sels minéraux et des substances aromatiques, ce qui rend sa consommation agréable. Il est particulièrement bénéfique pour la croissance des jeunes enfants, adapté aux personnes âgées et aux sportifs (Ahmed *et al.*, 2018).

Grâce à sa richesse en éléments biologiques, le miel peut être inclus dans certains régimes alimentaires. Cependant, il n'est pas considéré comme un aliment complet en raison de sa faible teneur en protéines, en lipides et en vitamines (Bogdanov *et al.*, 2008).

II-3- Propriétés antibactériennes du miel

Avec l'augmentation de la prévalence des bactéries résistantes aux antibiotiques, le miel est de plus en plus apprécié pour son activité antibactérienne. On ne connaît pas encore précisément toutes les composantes antibactériennes du miel, cependant Tous les miels n'ont pas la même activité antibactérienne (Molan, 1992 ; Kwakman et Zaat, 2012). Ainsi, Six facteurs principaux sont décrits comme étant impliqués dans ce pouvoir bactéricide : Le pH acide (3,5 et 5,5) ; l'osmolarité, le peroxyde d'hydrogène, Substances non peroxydiques lysozymes (flavonoïdes, des acides aromatiques, le méthylglyoxal, la défensines-1, des substances volatiles (Bogdanov et Blumer, 2001 ; Boulaaba, 2019).

Les propriétés antibactériennes du miel sont multifactorielles et dépendent de plusieurs variables. D'abord, la concentration, la nature et l'origine botanique du miel influent sur son efficacité contre les bactéries (Bansal *et al.*, 2016). De plus, des facteurs externes tels que l'âge de l'abeille, le climat et la saison de production du miel, ainsi que les conditions de stockage et d'extraction, jouent un rôle crucial dans ses caractéristiques antibactériennes (Carter *et al.*, 2016). Par exemple, les miels produits par des abeilles plus jeunes peuvent différer en termes de composition et de clarté par rapport à ceux des abeilles plus âgées (Khalil *et al.*, 2012). De même, la source du nectar butiné par les abeilles influence les propriétés antibactériennes du miel (Mandal et Mandal, 2011). En outre, des variables telles que la température, le temps de stockage, le pH et l'exposition à la lumière peuvent affecter la stabilité et l'efficacité des composés antibactériens présents dans le miel (Al-Waili *et al.*, 2013). Enfin, les composés phénoliques contenus dans le miel jouent un rôle majeur dans son action

antibactérienne en perturbant les protéines des bactéries (Brudzynski *et al.*, 2013). Ainsi, une compréhension approfondie de ces facteurs est essentielle pour évaluer les propriétés antibactériennes du miel et exploiter son potentiel dans le traitement des infections bactériennes.

II-4- Propriétés antioxydantes

Les antioxydants jouent un rôle crucial dans la protection contre les dommages causés par les radicaux libres, contribuant ainsi à la prévention de diverses maladies chroniques. En effet, ces composés neutralisent les espèces réactives de l'oxygène, réduisant ainsi le risque de cancer, de maladies cardiovasculaires, de diabète et d'inflammation (Ames *et al.*, 1993). Dans le contexte de la santé humaine, les antioxydants sont largement reconnus pour leur capacité à prévenir le stress oxydatif et à favoriser le bien-être général.

Le miel, en tant que produit naturellement riche en composés antioxydants, présente un potentiel significatif pour renforcer la défense de l'organisme contre les radicaux libres. Parmi les principaux composés responsables de l'activité antioxydante du miel, on trouve les flavonoïdes, les acides phénoliques, l'acide ascorbique, les enzymes (comme la catalase et la peroxydase), les caroténoïdes, les peptides, les acides organiques et les produits de la réaction de Maillard (Bertoncelj *et al.*, 2007). Ces différents composés agissent en synergie pour offrir une protection efficace contre les dommages oxydatifs et promouvoir la santé globale.

Les flavonoïdes, par exemple, sont des antioxydants puissants présents dans le miel, associés à une réduction du risque de maladies cardiovasculaires et de certains cancers (Gheldof *et al.*, 2002). De même, les acides phénoliques présents dans le miel offrent des propriétés anti-inflammatoires et neuroprotectrices bénéfiques pour la santé (Hernández *et al.*, 2012). En intégrant le miel dans l'alimentation quotidienne, il est possible de bénéficier de ses remarquables propriétés antioxydantes, renforçant ainsi la défense de l'organisme contre les effets néfastes des radicaux libres et contribuant à une meilleure santé à long terme.

II-5- Activité Inhibitrice de la Monoamine Oxydase (MAO) et Intérêt Comme Antidépresseur

Le miel a montré des propriétés intéressantes en tant qu'inhibiteur de la monoamine oxydase (MAO), une enzyme impliquée dans la dégradation de neurotransmetteurs comme la sérotonine et la dopamine. Une étude *in vitro* menée par des chercheurs turcs a révélé que le miel, ainsi que d'autres produits de la ruche, inhibent l'activité de la MAO (Gülçin *et al.*, 2010). Cependant, cette étude ne

précise pas la sélectivité des inhibiteurs entre les types MAO-A et MAO-B, ce qui est crucial pour déterminer les applications thérapeutiques spécifiques.

Comparé à d'autres produits de la ruche, la propolis a montré une activité inhibitrice de la MAO plus puissante que le pollen ou le miel (Kahya *et al.*, 2021). Néanmoins, le miel pourrait être envisagé comme complément alimentaire pour la prévention ou le soutien des états dépressifs, grâce à son potentiel à augmenter la disponibilité des neurotransmetteurs et à réguler l'humeur.

II-6- La cicatrisation des plaies

Le miel est reconnu pour ses propriétés cicatrisantes qui favorisent la guérison des plaies, qu'elles soient superficielles ou profondes, nécrotiques ou infectées. Sa viscosité forme une barrière protectrice autour de la plaie, empêchant les surinfections et maintenant un environnement humide optimal (Yaghoobi *et al.*, 2013). Sa forte osmolarité attire les liquides, favorisant l'élimination des exsudats et stimulant l'arrivée de cellules de guérison (Carter *et al.*, 2016). Les sucres présents, comme le lévulose et le fructose, fournissent une nutrition aux tissus en régénération, accélérant l'épithélialisation (Al-Waili, 2011). De plus, l'application de miel sur les plaies prévient les mauvaises odeurs et facilite les changements de pansement (Molan, 1998; Jull *et al.*, 2015).

II-7- Effet prébiotique

Les propriétés prébiotiques du miel sont largement reconnues, offrant un soutien bénéfique à la santé digestive. Gibson et Roberfroid (1995) définissent les prébiotiques comme des substances non digestibles qui favorisent spécifiquement la croissance et l'activité de certaines populations bactériennes dans le côlon. Des études récentes ont confirmé que les composés du miel, tels que les oligosaccharides, agissent comme des prébiotiques en stimulant la croissance des bactéries intestinales bénéfiques (Sanz *et al.*, 2005; Anyanwu *et al.*, 2019). Par exemple, les miels de miellat, comme ceux de sapin ou de châtaignier, sont particulièrement riches en oligosaccharides et présentent une activité prébiotique plus élevée (Anonyme, 2020). En plus de favoriser la santé intestinale, le miel stimule le développement des lactobacilles dans les produits laitiers, ce qui améliore encore l'équilibre de la flore intestinale (Anonyme, 2020). De plus, le miel a démontré des effets bénéfiques sur les infections gastro-intestinales, favorisant la cicatrisation des ulcères et inhibant la croissance de bactéries pathogènes telles que *Helicobacter pylori* (Erejuwa *et al.*, 2014). Ces propriétés font du miel un ajout précieux à une alimentation saine, offrant un soutien à la fois à la digestion et à la santé globale.

Partie II

Etude Expérimentales

III- Objectifs de l'étude

Les objectifs assignés à ce présent travail s'articulent autour des points suivants :

- Etude des caractères polliniques, physicochimiques de quelques miels locaux et un échantillon importé ainsi que l'évaluation de leurs propriétés antibactériennes.
- Comparer entre les miels de miellat et les miels de nectar.

IV- Matériel et méthode

IV-1Lieu du travail

Ce travail a entièrement été réalisé au Laboratoire de Recherche en Sciences et Techniques pour les Productions Animales (LSTPA), situé à la Ferme Expérimentale de Hassi-Mamèche affiliée à l'Université Mostaganem Abdelhamid Ibn Badis.

IV-2- Matériel

IV-2-1- Appareillage

L'ensemble des équipements utilisés lors de nos travaux sont mentionnés en **Annexe 1**.

IV-2-2- Milieux de culture

Le milieu de cultures utilisé pour l'évaluation de l'activité antibactérienne était, la gélose nutritive (GN).

IV-2-3- Matériel Biologique

IV-2-3-1- Miel

Pour la réalisation de ce mémoire, vingt-cinq (N=25) échantillons de miel ont été collectés, chez différents apiculteur (Tableau 3). Les échantillons sont stockés dans des pots stériles dûment étiquetés et conservés à la température de 4°C.

IV-2-3-2- Les souches indicatrices

Le test d'évaluation de l'activité antibactérienne a été réalisé contre trois souches pathogènes *Escherichia coli*, *Klepcelia pneumonia et staphylococcus aureus*. Il s'agit des bactéries prélevées chez une patiente atteinte d'infections urinaires et qui nous a été fourni par laboratoire LSTPA.

Tableau 4 : Présentation des échantillons du miel étudiés

| Code miel | Saison | Année | Origine Florale présumé | Origine Géographique |
|-----------|-----------|-------|-------------------------|----------------------|
| E1 | Été | 2022 | Miellat | Médea |
| E2 | Été | 2023 | Miellat | Chlef |
| E3 | Printemps | 2023 | Manuka | Nouvelle-Zélande |
| E4 | Été | 2022 | Multifloral | Tissemsilete |
| E5 | Été | 2022 | Multifloral | Tissemsilete |
| E6 | Été | 2022 | Multifloral | Tissemsilete |
| E7 | Été | 2022 | Multifloral | Chlef |
| E8 | Été | 2022 | Multifloral | Tissemsilete |
| E9 | Été | 2022 | Multifloral | Tissemsilete |
| E10 | Été | 2022 | Multifloral | Tissemsilete |
| E11 | Été | 2022 | Multifloral | Chlef |
| E12 | Été | 2022 | Multifloral | Chlef |
| E13 | Été | 2022 | Jujubier | Relizane |
| E14 | Été | 2022 | Jujubier | Tissemsilete |
| E15 | Automne | 2022 | Multifloral | Tissemsilete |
| E16 | Été | 2022 | Multifolal | Relizane |
| E17 | Été | 2022 | Multifloral | Tissemsilete |
| E18 | Été | 2022 | Multifloral | Tissemsilete |
| E19 | Été | 2022 | Multifloral | Chlef |
| E20 | Été | 2022 | Jujubier | Chlef |
| E21 | Été | 2022 | Multifloral | Chlef |
| E22 | Automne | 2022 | Multifloral | Tissemsilete |
| E23 | Été | 2022 | Multifloral | Chlef |
| E24 | Printemps | 2022 | Agrume | Chlef |
| E25 | Été | 2022 | Multifloral | Relizane |

IV-3- Méthode

IV-3-1- Etude pollinique des miels (Mélissopalynologie)

L'analyse pollinique a été réalisée au moyen d'un microscope optique, selon la méthode de [Louveaux et al. \(1978\)](#), qui est basé sur l'observation aux microscope d'un sédiment obtenu après centrifugation d'une solution de miel, Cette analyse est effectué en deux temps dans un premier temps le nombre total des grains de pollen présent dans le miel est quantifié par poids de volume ensuite dans un deuxième temps les différents grains de pollens sont identifier au niveau de l'espèce ,

du genre ou du type et classer par ordre de fréquence, afin de caractériser les miels par leur origine botanique ou géographique.

IV-3-1-1- Analyse quantitative

Un aliquote de 10 g de miel bien homogénéisé a été dissout dans 30 ml d'eau distillée, puis centrifugé à 4500 r.p.m (3383g) pendant 10 minutes (centrifugeuse Sigma Laborzentrifuge, modèle 03-10). Le surnageant a été éliminé délicatement, en laissant environ 1 à 2 cm de hauteur du liquide par rapport au culot de centrifugation. Ce culot a été ensuite mis en suspension dans 30 ml d'eau distillée puis centrifugé à nouveau pendant 5 minutes à 4500 rpm. Après élimination du surnageant, le culot restant a été porté à un volume final de 5 ml, puis homogénéisé par agitation. Enfin, un volume de 10 µl a été prélevé à l'aide d'une micropipette et déposé en double sur des lames porte-objets préalablement étiquetées. Le frottis a été séché sur une plaque chauffante (PCR-A Bunsen), puis recouvert par une lamelle sur laquelle une goutte de glycérine-gélatinée colorée avec de la fuchsine a été préalablement déposée. Le comptage des grains de pollens au microscope, au grossissement 400 X, a été effectué. Une fois le comptage dans 10 µl de solution de miel a été réalisé, le nombre de grains de pollens présents dans 1 g de miel (*B*) a été calculé comme suit :

$$B = A \times 5 \text{ml} / 0,01 \text{ml} \times X$$

B : Nombre de grains de pollens présent dans 1g de miel ;

A : Nombre de grains de pollens dénombré dans 10 µl de solution de miel ;

X : Quantité de miel en gramme (g) utilisé pour préparer la solution de miel.

Afin de déterminer la richesse en pollens, les résultats du dénombrement ont été ensuite définis en classes de fréquence, selon la méthode de [Maurizio \(1975\)](#).

Tableau 5 : Tableau : Classification de Maurizio (1975)

| Classe | Nombre de grains de pollens pour 1g de miel |
|---------------|--|
| I | < 2000 |
| II | 2000 – 10000 |
| III | 10000 -5000 |
| IV | IV 50000 – 100000 |
| V | V > 100000 |

IV-3-1-2- Analyse qualitative

Pour chacun des échantillons, un aliquote de 10 g ont été dissous dans 30 ml d'eau distillée. Une première centrifugation a été réalisée à 4500 rpm pendant 10 mn. Après élimination du surnageant, le

culot a été mis en suspension dans 30 ml d'eau distillée, suivi d'une seconde centrifugation à 4500 rpm pendant 5 minutes. A nouveau, le surnageant est éliminé et le culot résultant a été homogénéisé par agitation. Enfin, un volume de 100 µl a été prélevé à l'aide d'une micropipette et déposé en double sur des lames porte-objets préalablement étiquetées. Le frottis séché sur une plaque chauffante a été recouvert par une lamelle, sur laquelle une goutte de glycérine-gélatinée colorée avec de la fuchsine a été préalablement déposée. Chaque échantillon ainsi obtenu, a été correctement étiqueté, de manière à faciliter le traitement des données. La détection et l'identification, des grains de pollens ont été réalisées avec un microscope optique aux grossissements 400 X et 1000 X, en fonction de la difficulté à identifier les pollens. Pour compter chacun des différents types de pollens présents dans chaque échantillon, des lignes différentes ont été lues dans le même ordre dans chaque lame jusqu'à atteindre un nombre minimum de 800 grains de pollens par échantillon. L'identification a été, ensuite, déterminée au niveau de l'espèce, le genre ou le type, en faisant une comparaison avec les grains de pollens des espèces mellifères d'une collection de référence.

La nomenclature de Zander (1935) a été utilisée pour exprimer l'abondance relative de chaque type de pollen identifié dans le miel et qui les regroupe en classe de fréquence :

D : Pollens dominant et principaux : représente plus de 45% du total

A : Pollens d'accompagnement représente 15 à 45% du total

I : Pollens isolés importants représente de 3% à 15% du total

R : Pollens isolés rares : représente moins de 3%.

IV-3-2- Analyses physicochimiques

IV-3-2-1 Taux d'humidité (Teneur en eau)

La teneur en eau a été déterminée à partir de l'indice de réfraction du miel liquéfié, selon la méthode harmonisée par la commission internationale du miel (Bogdanov, 2002). À l'aide d'une spatule, une goutte de miel a été déposée sur la platine du prisme du réfractomètre de type (Abbe Refractometer AR4) et répartie en couche mince. La valeur de réfraction a été lue à 20 °C. Dans le cas où la mesure est effectuée à une autre température, la lecture doit être corrigée. La correction est additive si la mesure est faite au-dessus de 20°C, soustractive dans le cas contraire, le facteur de correction est de 0,00023 par degré Celsius. Cet indice a été ensuite converti en teneur en eau, en pourcentage tout en se rapportant au tableau de Chataway *et al.* (1932), indiqué en [annexe 2](#).

IV-3-2-2 Conductivité électrique

La conductivité, du miel (CE), a été déterminée selon la méthode harmonisée par la commission internationale du miel (IHC, 2009). Les mesures ont été effectuées à 20°C dans une solution diluée à 20% par rapport à la matière sèche. Une masse de miel équivalente à $M=(5 \times 100)/(100-M')$ (ou M' est la teneur en eau du miel), a été dissoute dans quelques ml d'eau distillée fraîchement bouillie puis ajustée à un volume de 25 ml. La cellule du conductimètre a été introduite dans la solution de miel et la valeur de la conductivité électrique a été lue à $20 \pm 0,5$ °C en millisiemens par centimètre (mS/cm).

IV-3-2-3 pH

Le pH du miel a été déterminé par l'utilisation d'un pH-mètre dans une solution de miel de 10% (10g de miel dans 100ml d'eau distillée). Il est à rappeler que le pH-mètre a été étalonné par solution tampon de pH 4 et 7, ensuite nous avons introduit l'électrode dans la solution de miel à mesurer. Nous attendons la stabilisation de pHmètre et la valeur du pH est directement affichée sur l'écran de l'appareil.

IV-3-2-4 Teneur en Hydroxyméthyl-fulfural (HMF)

La teneur en HMF a été mesurée selon la méthode AOAC (2005), dont le principe est basé sur la détermination des absorbances UV de ce composé à 284 nm puis à 336 nm, en utilisant un spectrophotomètre (Jenway 6305 spectrophotomètre UV/Visible). Une masse de 5 g de miel a été dissoute dans 25 ml d'eau distillée. Un volume de 0,5 ml de la solution carrez I a été ajouté à la solution suivie de 0,5 ml de la solution carrez II. Après homogénéisation, le mélange a été transféré dans une fiole de 50 ml, puis ajusté au trait de jauge avec de l'eau distillée. Après filtration sur papier filtre, les premiers 10 ml ont été écartés. Dans deux tubes à essai distincts, 5 ml du filtrat ont été introduits à l'aide d'une pipette, puis dans l'un des tubes 5 ml d'eau distillée (solution de l'échantillon) et dans l'autre 5 ml de bisulfite de sodium à 0,2% (solution de référence) ont été ajoutés. Après agitation, la lecture des absorbances a été faite à 284 et 336 nm par rapport à la solution de référence en utilisant un spectrophotomètre. La teneur en HMF a été calculée en mg pour 100 g de miel en appliquant la formule suivante :

$$HMF\text{mg}/100g=(A1-A2) \times f \times 5P$$

$A1$: Absorbance mesurée à 284nm. $A2$: absorbance mesurée à 336nm.

P : poids de l'échantillon en g. f : 14,97 à exprimer en mg/100 g.

IV--3-3 Evaluation de l'activité antibactérienne

IV-3-3-1 Revivification des souches pathogènes

Une colonie bien isolée de chaque souche pathogène a été prélevée de gélose nutritive à l'aide d'une anse à platine et ensemencée sur gélose nutritive puis incubée à 37°C en aérobiose pendant 24 h.

VI-3-3-1 Estimation de l'activité antibactérienne des miels

Une culture fraîche de bactéries pathogènes a été préparée dans 9 ml de bouillon nutritif et incubée à 37 °C pendant 18 heures. La culture bactérienne a ensuite été standardisée à 0,5 McFarland à l'aide d'un spectrophotomètre. Par la suite, 8 ml de gélose molle nutritive (1 % d'agar) ont été inoculés avec 100 µl de la souche pathogène. Le mélange a été coulé dans des boîtes de pétri contenant un milieu GN, où des puits de 5 mm de diamètre, espacés de 24 mm, ont été creusés à l'aide de cloches de Durham stériles. Les puits ont été remplis de 100 µl de miel brut et de miel dilué dans de l'eau distillée à différentes concentrations (12,5%, 25 %, 50 % et 75 %) (P/V). Les boîtes ont ensuite été incubées à 37 °C pendant 24 heures en aérobiose. L'effet inhibiteur se traduit par un halo clair autour des puits et sa lecture a été effectuée par la mesure de son diamètre en millimètre à l'aide d'un pied à coulisse.

V- Résultats et discussion

V-1- Analyse pollinique

L'étude pollinique a été réalisée uniquement sur 8 échantillons de miels (E1, E2, E3, E13, E14, E20, E24 et E25)

V-1-1- Analyse pollinique quantitative

La teneur en pollen variait de 775 grains/g de miel (E1, région de Médéa) à 41 700 grains/g (E3, Nouvelle-Zélande) avec une moyenne de 14 603 grains/g. 4 échantillons étaient riches en sédiments polliniques (Classes III de Maurizio), et 2 échantillons (18 %) présentaient une teneur moyenne en pollen (Classes II). Deux échantillons (E1 et E2) étaient pauvres en pollen (classe I) (Tableau 5). Cette variation de la teneur en pollen peut être due au type de miel, la richesse floristique de la zone de butinage, et à d'autres facteurs tels que la gestion de la ruche et l'extraction du miel, mais aussi au système de filtrage ou au type de ruche (Zerrouk et Bahloul, 2023). Selon Bahloul *et al.*, 2022 la teneur en pollen des miels Algérien varie de moyenne (classe II) à riche (classe III) avec une densité de pollen allant de 26 607 à 660 992 dans 10 g de miel, soit une moyenne de 160 880 grains par 10g.

V-1-2- Analyse pollinique qualitative

V-1-2-1- Nombre des formes polliniques et leurs densités relatives par échantillon

Au total 66 types polliniques ont été répertoriés, dont 12 proviennent d'espèces considérées comme non nectarifères et 54 nectarifères (Annexe 2, tableau 2). Le nombre des taxons recensés est inférieur à celui indiqué par Homrani *et al.*, (2020) qui a identifié 107 formes polliniques à partir de 66 échantillons de miels algériens. Cette variation peut s'expliquer par le nombre d'échantillons analysés qui était moins élevé dans notre cas. La densité relative de pollens par taxon peut varier d'un échantillon à un autre. Ainsi, un pollen peut être caractérisé comme dominant ($\geq 45\%$) dans un échantillon, ou un pollen d'accompagnement (16-45%), un pollen isolé important (3 -15%) ou encore un pollen isolé rare ($<3\%$). Dans cette étude, sur 8 échantillons analysés 2 taxons atteignent la classe de pollen dominant dans les miels (*Ziziphus lotus*, *Leptospermum Scoparium*) soit 3,03% de l'ensemble des formes polliniques répertoriés. Par ailleurs 5 taxons, soit 7,57%, se présentent sous forme de pollen d'accompagnement (*Citrus*, *Genista t Eucalyptus*, *Ziziphus lotus*, et *Olea europaea*). Vingt-six (27) taxons se présentent sous forme de pollens isolés importants (*Papaver rhoeas t*, *Brassica napus*, *Artemisia*, *Echium*, *Sinapsi alba*, *Phoenix dactylifera*, *Coriandrum sativum t*, *Eryngium campestre t*, *Pimpinella anisum*, *Peganum harmala*, *Olea europaea..etc*). Le groupe des

pollens isolés rares renferment 63 des 66 types polliniques répertoriés dont 32 représentés, exclusivement, en cette classe de fréquence, tels que *Apium nodiflorum*, *Taraxacum Officinalis*, *Cistus*, *Artemisia*. Cela semble confirmer l'opinion selon laquelle la variabilité est toujours faible parmi les espèces de pollens des groupes dominants, tandis qu'elle est plus grande chez les groupes de pollens mineurs rares, mineurs importants et secondaires

V-1-2-2- Diversité taxonomique spécifique

La richesse (diversité) spécifique est le nombre de types polliniques identifiés (taxon) par échantillon de miel analysé. Elle varie 15 (E1) de à 30 formes (E13, E25) dans les miels locaux produits en Algérie, avec une moyenne de $25,3 \pm 5,64$ et de 7 formes dans le miel importé de nouvelle Zélande (Annex 3). Suivant cette diversité taxonomique, trois classes de miels sont distinguées. Il s'agit de miels très pauvres (moins de 5 types polliniques), miels pauvres (5-15 types polliniques) et miels riches (> 15). Dans la présente étude tous les échantillons de miels locaux appartiennent à la classe III (>15 type polliniques), riche en diversité floristique. L'échantillon importé E3 est appartient à la classe II et est donc considéré comme un miel pauvre en diversité floristique. Aucun échantillon de la classe I n'est obtenu. 64% des miels d'Anatolie en Turquie appartiennent à la catégorie comprise entre 20 à 28 formes, mais d'autres atteignent jusqu'à 36 formes (Silici et Gökceoglu, 2007). En Afrique, la diversité des formes polliniques spécifiques du Bénin sont comprises entre 43 et 45 formes (Tossou *et al.*, 2011). Cette différence de diversité taxonomique d'un échantillon à un autre peut s'expliquer par la richesse floristique de la zone de butinage des abeilles et reflète la diversité des espèces botaniques dans chaque région. D'autres facteurs influencent également cette diversité ; le climat, la saison de récolte et l'intensité de butinage.

V-1-2-3- Spectre de fréquence des types polliniques des miels analysés

Parmi les 66 taxons répertoriés, 12 sont classés comme très fréquents (présents dans plus de 50% des échantillons), 34 fréquents (présents dans 20 à 50% des échantillons) et 19 sont peu fréquents (présents dans 10 à 20% des échantillons) (Figure 9). Il en résulte de ce classement que les types polliniques présents dans la majorité des miels sont constitués de plantes cultivées et des plantes spontanées. Les plantes mellifères cultivées visitées par les abeilles sont principalement des arbres forestiers tels que *Eucalyptus* mais également par des arbustes tels que *Olea europea*, ainsi que des herbacées tels que *Coriandrum sativum*, *Brassica napus*. Les principales plantes mellifères visités par les abeilles dans les échantillons étudiées appartenant la flore spontanée sont les arbustes *ziziphus*

lotus et *Tamarix gallica*, mais aussi les herbacées tels que *Genista*, *Echium vulgare*, *Centaurea*, et *Papaver rhoeas*. *Foeniculum vulgare type*. Le pollen d'*Eucalyptus* est présent dans la majorité des échantillons, mais il est sous-représenté, ce qui suppose la probabilité de rencontrer des miels monofloraux d'*eucalyptus* produit dans d'autres zones.

V-1-2-4- Spectre de fréquence des familles botaniques des miels analysés

Les types polliniques inventoriés dans l'ensemble des échantillons sont répartis dans 31 familles botaniques (Figure, annex). Les familles botaniques les plus représentées en nombre de taxons sont : les *Fabaceae*, *Astreaeae*, *Apiaceae*, *Brassicaceae*, *Lamiaceae*., avec respectivement un nombre de types polliniques de 9, 9, 7, 4 et 4. Les *Arecaceae*, *Euphorbiaceae* et *Myrtaceae* sont présents avec 2 espèces chacune. Les familles les plus fréquentes dans les miels étudiés sont : Les *Myrtaceae* (100%), *Astreaea* (87,5%), *Boraginaceae*(87,5%)*Fabaceae* (87,5), *Brassicaceae* (87,5%) *Oleaceae* (87,5%), *Apiaceae* (75%), *Tamaricaceae* (75%), *Rhamnaceae* (75%), *Papaveraceae* (62,5%) comme l'illustre la figure 10. Si on se base uniquement sur les miels locaux les familles de *Myrtaceae*, *Astreaea*, *Boraginaceae*, *Fabaceae*, *Brassicaceae*, *Oleaceae* sont présents dans tous les miels. L'abondance de ces familles dans les miels étudiés est un indicateur de leur importance pour l'apiculture comme plantes mellifères et plus particulièrement en Algérie. Des résultats analogues ont été rapportés par plusieurs auteurs (Skender, 1972 ; Mekloufi *et al.*, 2010). D'après Louveaux et Abed (1984), les *Apiaceae* jouent un rôle important dans l'apiculture de l'Afrique du nord. Alors que dans la flore mondiale, quatre familles mellifères dominant ; *Fabaceae*, *Asteraceae*, *Brassicaceae* et *Lamiaceae*(Dongock *et al.*, 2017). Selon Crane (1990), les *Asteraceae* et les *Fabaceae* sont très nectarifères, ce qui explique l'importance de ces deux familles dans les miels algériens étudiés. Aussi, il est rapporté que la famille des *Fabaceae* regroupe des plantes d'importance pour l'apiculture, connues par une production souvent abondante de nectar (Melin, 2011). Bien que *Olea europeaa* (l'olivier) soit exclusivement pollinifère, elle est cependant très appréciée et visitée par les abeilles en raison de son pollen abondant, en plus de leur répartition qui pourrait être importante dans les territoires étudiés. *Leptospermum scoparium* est une espèce de la famille des Myrtacées, endémique de de Nouvelle-Zélande, que l'on trouve également en Australie. Cet arbuste à feuilles persistantes à écorce écaillée, s'élevant jusqu'à 3 mètres. Ses feuilles sont petites et odorantes et ses fleurs blanches parfois rose et parfumées de (Carter *et al.*,2016). On le connaît parfois mieux sous son nom anglais de Tea tree. Cependant il ne faut pas le confondre français sa traduction en français arbre à thé désigne uniquement l'espèce *Melaleuca alternifolia*, une autre Myrtacée. Par ailleurs, le théier, arbuste dont les feuilles sont utilisées pour produire le thé, est encore une autre espèce, éloignées des Myrtacées : *Camellia sinensis*. L'arbre du trèfle blanc (*Trifolium repenses*)est la source

de nectar la plus importante dont disposent les abeilles en Nouvelle-Zélande, et son pollen apparaît dans les miels comme type dominant, secondaire ou mineur (Godley 1979). Cette fréquence reflète le rôle que joue le trèfle blanc dans l'économie pastorale de la Nouvelle-Zélande, et par conséquent sa valeur dans la production de miel (Godley 1979). L'eucalyptus, qui fait partie également de la famille des myrtacées, est un arbre originaire d'Australie et qui, a été introduit en Algérie au début du XXe siècle. Cette espèce, comme le Mānuka en Nouvelle-Zélande, jouent un rôle significatif dans l'écosystème local.

V- RESULTATS ET DISCUSSION PARTIE EXPERIMENTALE

Tableau 6 : Résultats de l'analyse pollinique quantitative et qualitative des miels étudiés

| N° | >45 % (D) | 16 -45 % (A) | 3 -15 % I | 3-1 %(R) | Classe |
|----|-------------------------------|---|--|--|------------|
| 01 | | <i>Eucalyptus globulus</i> , <i>Z. lotus</i> | <i>Artemisia arborescens</i> , <i>Brassica napus</i> , <i>Foeniculum vulgare</i> , <i>Chenopodium t</i> , <i>Carduus t</i> , | <i>Coriandrum sativum t</i> , <i>Hedysarum coronarium</i> , <i>Apium nodiflorum t</i> , <i>Centaurea</i> , <i>Quercus*</i> , <i>Centaurea hyalolepis</i> | Classe I |
| 02 | | <i>Eucalyptus globulus</i> | <i>Hedysarum coronarium</i> , <i>Genista t</i> , <i>Papaver rhoeas*</i> , <i>Olea europae*</i> , autres | , <i>Pimpinella anisum</i> <i>Chrysanthemum tr</i> , <i>Brassica napus</i> , autres <i>t</i> , <i>Centaurea t</i> , <i>Echium vulgare</i> , <i>Paronychia argentea t*</i> , <i>Phoenix dactylifera</i> , <i>Taraxacum officinale t</i> , <i>Chrysanthemum coronarium L</i> , <i>Eryngium campestre t</i> | Classe I |
| 03 | <i>Leptospermum Scoparium</i> | | <i>Lotus t</i> , <i>Trifolium repens t</i> | <i>Salix</i> , <i>Eucalyptus</i> , <i>Rosaceae</i> , autres | Classe III |
| 13 | <i>Ziziphus lotus</i> | - | , <i>Tamarix</i> , <i>Eryngium campestre t</i> , <i>ceratuonia cilliqua</i> , <i>Eucalyptus globulus</i> | <i>Hedysarum coronarium</i> , <i>Foeniculum vulgare</i> , <i>Coriandrum sativum t</i> , <i>Peganum harmala</i> , <i>Cistus*</i> , <i>Olea europea*</i> ,, | Classe II |
| 14 | <i>Ziziphus lotus</i> | | <i>Eryngium campestre t</i> , <i>Brassica napust</i> , <i>Coriandrum sativum</i> , <i>Thapsia garganica</i> , <i>Centaurea hyalolepis</i> <i>Eucalyptus globulus</i> | <i>Apiumno diflorum t</i> , <i>Raphanus rapahnistrum t</i> , <i>Lamiaceae</i> , <i>Peganum harmala</i> , <i>Coriandrum sativum t</i> , <i>Pimpinella anisum t</i> , <i>Olea europea*</i> , | Classe III |
| 20 | <i>Ziziphus lotus</i> | | <i>Tamarix</i> , <i>Centaurea hyalolepis</i> , <i>Brassica napust</i> , <i>Lamiaceae</i> | <i>Coriandrum sativum t</i> , <i>Pimpinella anisum t</i> , autres | Classe III |
| 25 | | <i>Eucalyptus globulus</i> | <i>Ziziphus lotus</i> , <i>Coriandrum sativum t</i> , <i>Foeniculum vulgare t</i> , <i>Thapsia garganica</i> , <i>Brassicanaapus t</i> , <i>Papaver*</i> , <i>rhoeas t</i> , | <i>Melilotus t</i> , <i>Thymus t</i> , <i>Plantago</i> , <i>Pimpinella anisum t</i> | Classe II |
| 24 | | <i>Citrus</i> , <i>Olea europeae</i> , <i>Genista</i> | <i>Convolvulus</i> , <i>Opuntia</i> <i>Foeniculum vulgare</i> , <i>Sinapis alba t</i> , | <i>Eryngium campestre t</i> , <i>Punica granatum</i> ; <i>Melilotus</i> , autre <i>Phoenix dactylifera*</i> , <i>Galega officinalis</i> | Classe III |

* : pollinifère

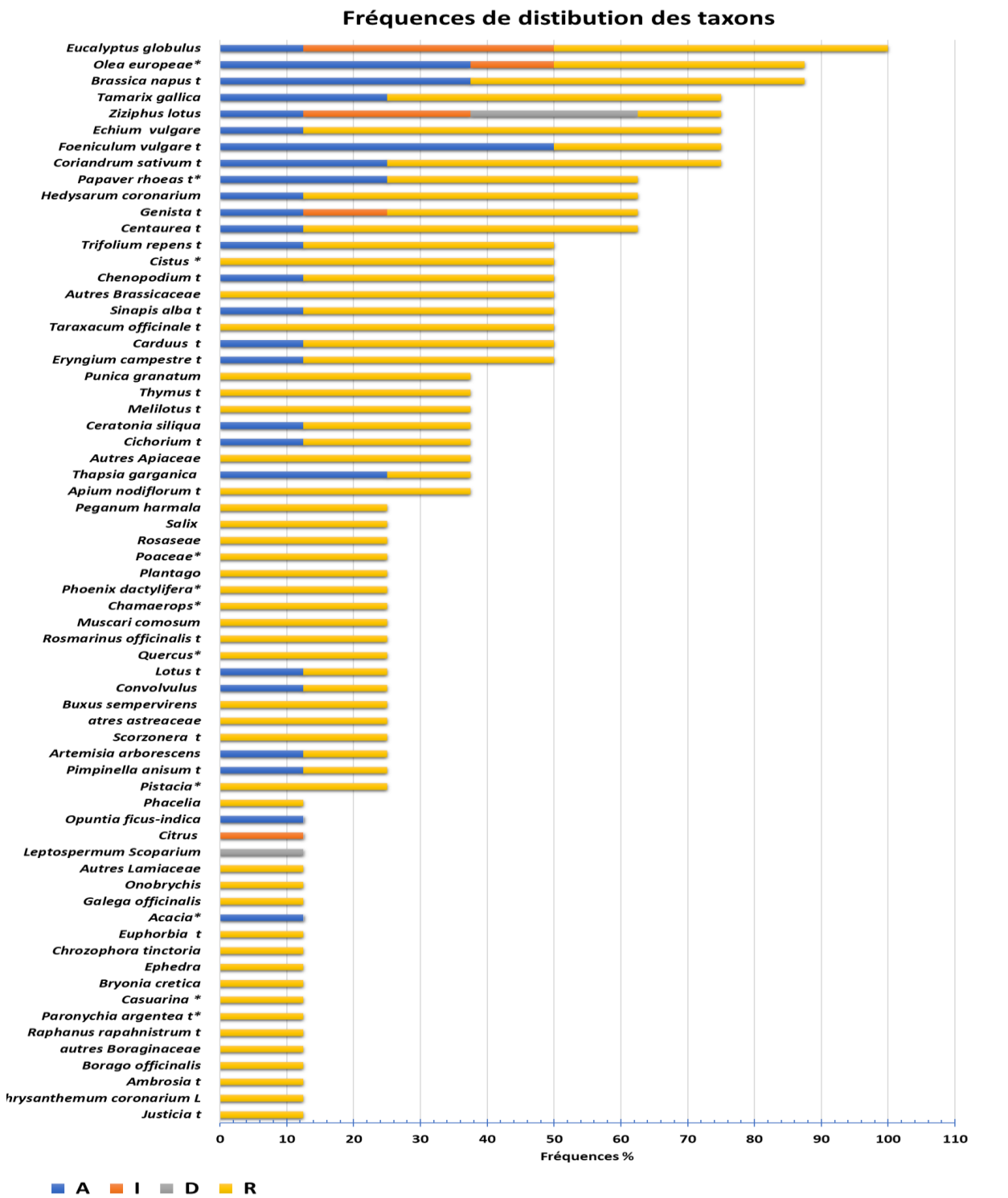


Figure 9 : Fréquences de distribution des taxons

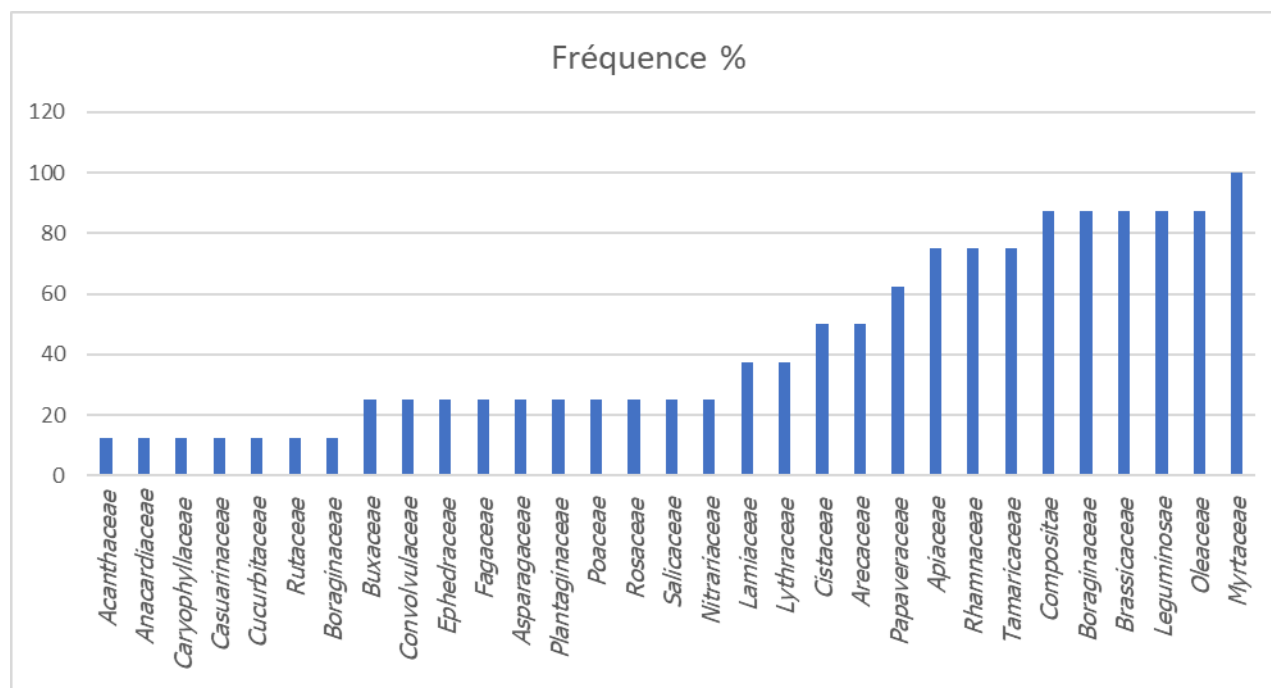


Figure 10 : Les fréquences de distribution des familles botaniques %

V-1-2-5- Origine botanique et typicité des miels analysés

D'après Louveaux et al. (1978) ; Von Der Ohe et al. (2004), la dominance d'un pollen d'une plante, avec une fréquence relative égale ou supérieure à 45% dans le sédiment de miel permet d'affirmer que ce dernier provient principalement du nectar de la plante considérée, donc d'indiquer l'origine botanique du miel analysé. Selon les mêmes auteurs, il existe des variations au niveau des types polliniques qui peuvent être, en fonction de l'espèce, sous- ou surreprésentés. En effet, certaines espèces sont très pollinifères, car leur pollen est très abondant, mais secrètent peu de nectar et donc peuvent être surreprésentées dans le miel. D'autres, en revanche, produisent très peu de pollen, mais sont très nectarifères et peuvent donc être sous-représentés dans le miel. Les types polliniques des plantes non nectarifères sont inclus dans les spectres polliniques des miels analysés, mais ne sont pas pris en considération pour la détermination de l'origine botanique, étant donné que le miel est produit à partir du nectar. Le miel ne peut pas prendre l'appellation d'une espèce non nectarifère. Dans cette étude, sur les 8 échantillons de miels analysés, 5 ont été caractérisés comme miels monofloraux, 1 comme polyfloraux et 2 comme miel de miellat.

Miel de miellat

Les éléments de miellat n'ont pas été compté, cependant les deux échantillons E1, E2 provenant respectivement des régions de Médéa et de Chlef ont été caractérisés comme miels de miellat, en

raison de la forte teneur en éléments de miellat (HDE) (figure12), notamment des champignons et des moisissures par rapport au nombre de pollens. Tous les miels de miellat étudiés contiennent des pourcentages importants de pollen d'*Eucalyptus et Artemisia arborescens* (Figure 11). D'autres types de pollens sont également bien représentés tels que *Genista, Brassica napus, Cardus, Olea europeae*. Selon plusieurs auteurs, l'étude en détail des spores de champignon indique que les éléments de miellat les plus couramment observés sont *Cladosporium, Alternaria* et *Stemphylium* (Méndez et al., 1997 ; Sabariego et al., 2004 ; Seijo et al., 2011).

Miel d'agrumes

L'échantillon E24 provenant de la région de Relizane a été caractérisé comme miel d'agrumes. Le pollen de *Citrus* est généralement sous-représenté dans le miel (Louveaux et al., 1978 ; Persano-Oddo et Piro, 2004). Nous avons pris 10% comme limite inférieure pour considérer unifloraux les miels étudiés. La fréquence du pollen de *Citrus* dans les miels d'agrumes étudiés, en se basant sur les plantes nectarifères et non nectarifères est de 19,90%. Alors qu'elle est de 27,23% sur la base des plantes nectarifères seulement. Ces résultats sont inférieurs à ceux de Benaziza et Schweitzer (2010) qui notent que les miels d'agrumes produits dans la Mitidja varient entre 50,59 et 69%. Par contre, Zerrouk et al. (2014) estiment un pourcentage entre 9 et 46%. Le miel d'agrumes analysé se distingue par la présence dans son spectre pollinique l'espèce pollinifère *O. europea* ainsi que les espèces nectarifères et pollinifères *Genista, Tamarix, Foeniculum vulgare, Convolvulus, Sipais alba* et *Opuntia ficus-indica*. Le miel d'agrumes est un miel de printemps de couleur clair.

Miel de jujubier

Au total 3 miels ont été caractérisés comme miel de jujubier. Ces miels présentent une dominance du pollen de *Ziziphus lotus*, avec une fréquence située entre 41,3 et 75% du spectre pollinique et une moyenne de 58%. Ces pourcentages sont inférieurs à ceux trouvés par homrani et al., 2020. Ce grain de pollen est considéré comme un pollen normalement représenté dans le miel (Louveaux et al., 1978). Les miels étudiés sont caractérisés par la présence des espèces *Tamarix gallica, Coriandrum sativum, Erygium compestre, Eucalyptus, Echium vulgare*. Ce type de miel est très apprécié pour ses valeurs thérapeutiques et son goût. Il constitue un bon miel d'été.

Miel de manuka

Le pollen de *Leptospermum scoparium*, ainsi que toutes les myrtacées sont fortement sur-représentées dans les miels (Louveaux et al., 1978). Ce phénomène est lié à la petite taille de ce pollen et à son abondance naturelle dans les fleurs. Des fréquences minimales de 70 % de pollen de

manuka sont nécessaires pour classer un échantillon comme miel de manuka unifloral (Moar, 1985). Dans la présente étude, la fréquence relative du pollen de *Leptospermum scoparium* était de 70,3%. Ce pourcentage est en accord avec celui constaté par (Moar 1985; Mildenhall et Tremain, 2005); dans les miels de Nouvelle-Zélande. Le miel étudié est caractérisé par la présence des espèces *Trifolium*, *Lotus* et *Eucalyptus Salix*. Le miel de Manuka a une saveur forte et est produit partout où il y a des zones de broussailles appropriées, souvent dans des zones de forêt en régénération (Johnston *et al.*, 2018). Sur le plan économique, le miel de manuka est actuellement le miel monofloral le plus cher du marché mondial. Sa popularité repose non seulement sur ses propriétés thérapeutiques bien documentées, mais également sur la demande croissante de produits naturels aux bienfaits prouvés. Des études, comme celle de Linder *et al.* (2016), montrent que la valorisation du miel de manuka continue de croître, notamment grâce à son utilisation dans les secteurs pharmaceutique et cosmétique. Il est de plus en plus prisé pour ses propriétés antibactériennes, cicatrisantes et antioxydantes, ce qui a suscité un engouement mondial. En conséquence, la demande pour ce produit a explosé, ce qui en fait un élément clé des marchés du bien-être et des produits de santé naturels. Cependant, avec cette expansion rapide du marché, la nécessité d'une authentification stricte du miel de manuka s'est imposée. En raison de son prix élevé et de sa demande croissante, il est devenu une cible pour la fraude et les contrefaçons. Pour préserver l'intégrité du marché et protéger les consommateurs, des systèmes de certification rigoureux, tels que le **UMF™** et le **MGO™**, ont été mis en place pour garantir la qualité, l'origine, et l'efficacité des produits. Ces certifications permettent de rassurer les consommateurs et d'établir la traçabilité du produit, assurant ainsi que le miel vendu sous l'appellation "manuka" répond aux normes élevées qui en justifient le prix.

Miel polyfloral

L'échantillon E25 a été classé en tant que miels polyfloraux sont dépourvus de pollens dominants et renferment des pollens d'accompagnement constitués de 3 taxons (*Eucalyptus*, *Ziziphus lotus*, *Foeniculum vulgare t*) avec une fréquence pollinique de 43%. Pour le reste des taxons, leurs pollens se répartissent dans les deux classes de fréquences polliniques à pollens isolés importants et isolés rares (*Coriandrum sativum*, *Brassica napus*, *Thapsia garganica*, *Melilotus*, *Papaver roeas*). Les échantillons classés comme polyfloraux sont le plus souvent des miels de forêts ou de montagne. Selon Ouchemoukh (2012), la présence de miels polyfloraux peut s'expliquer par l'absence des monocultures à grande échelle dans les localités où la récolte est effectuée et par le manque de formation des apiculteurs sur les techniques apicoles.

V- RESULTATS ET DISCUSSION PARTIE EXPERIMENTALE

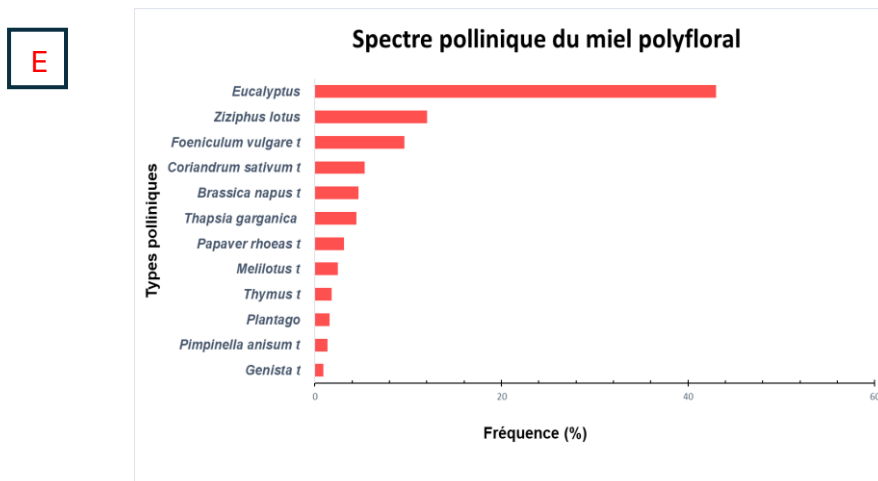
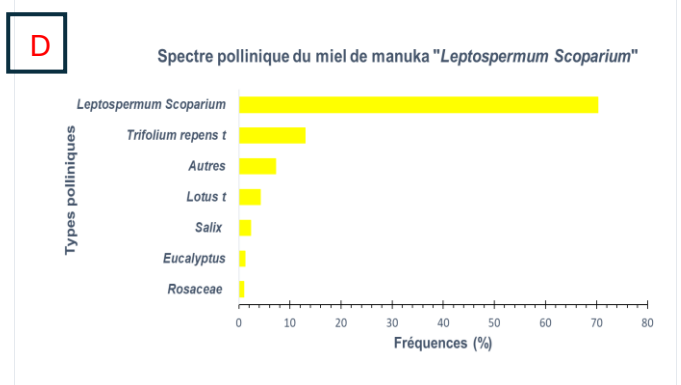
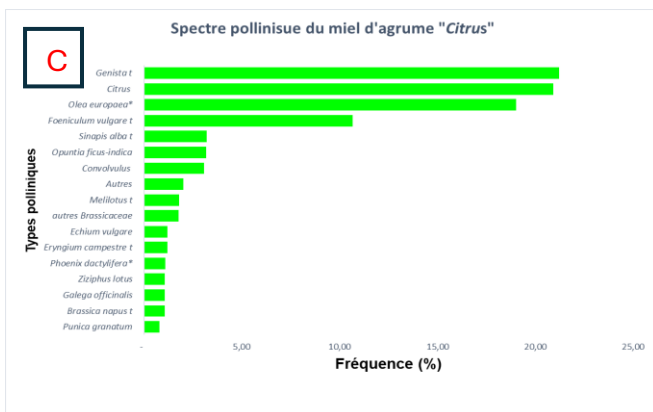
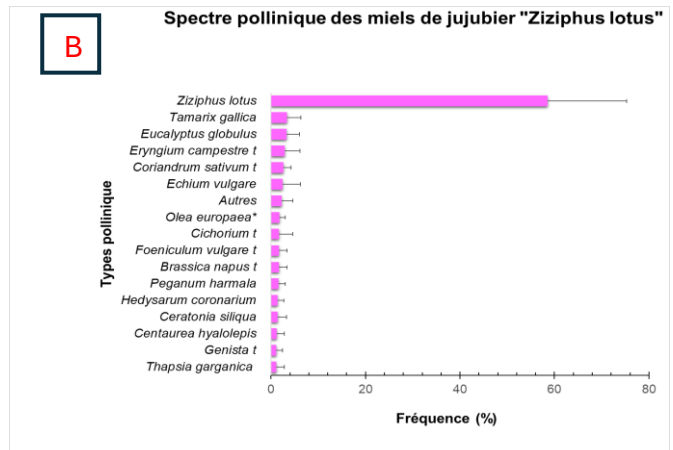
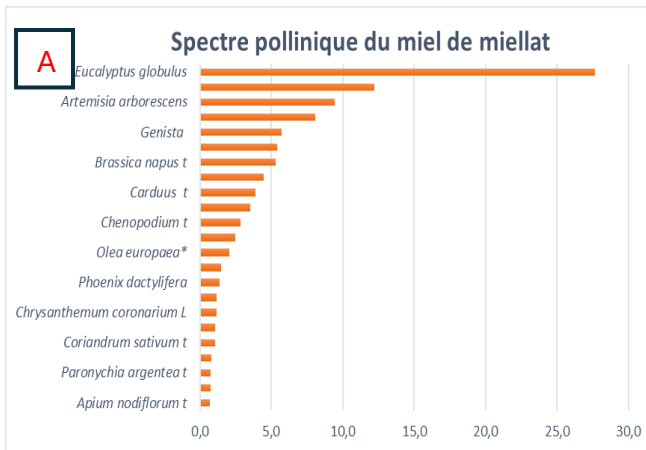


Figure 11 : Spectre pollinique des différents miels analysés selon leur origine botanique. A : miel de miellat, B : miel de jujubier, C : miel d'agrumes, D : miel de manuka, E : miel polyfloral

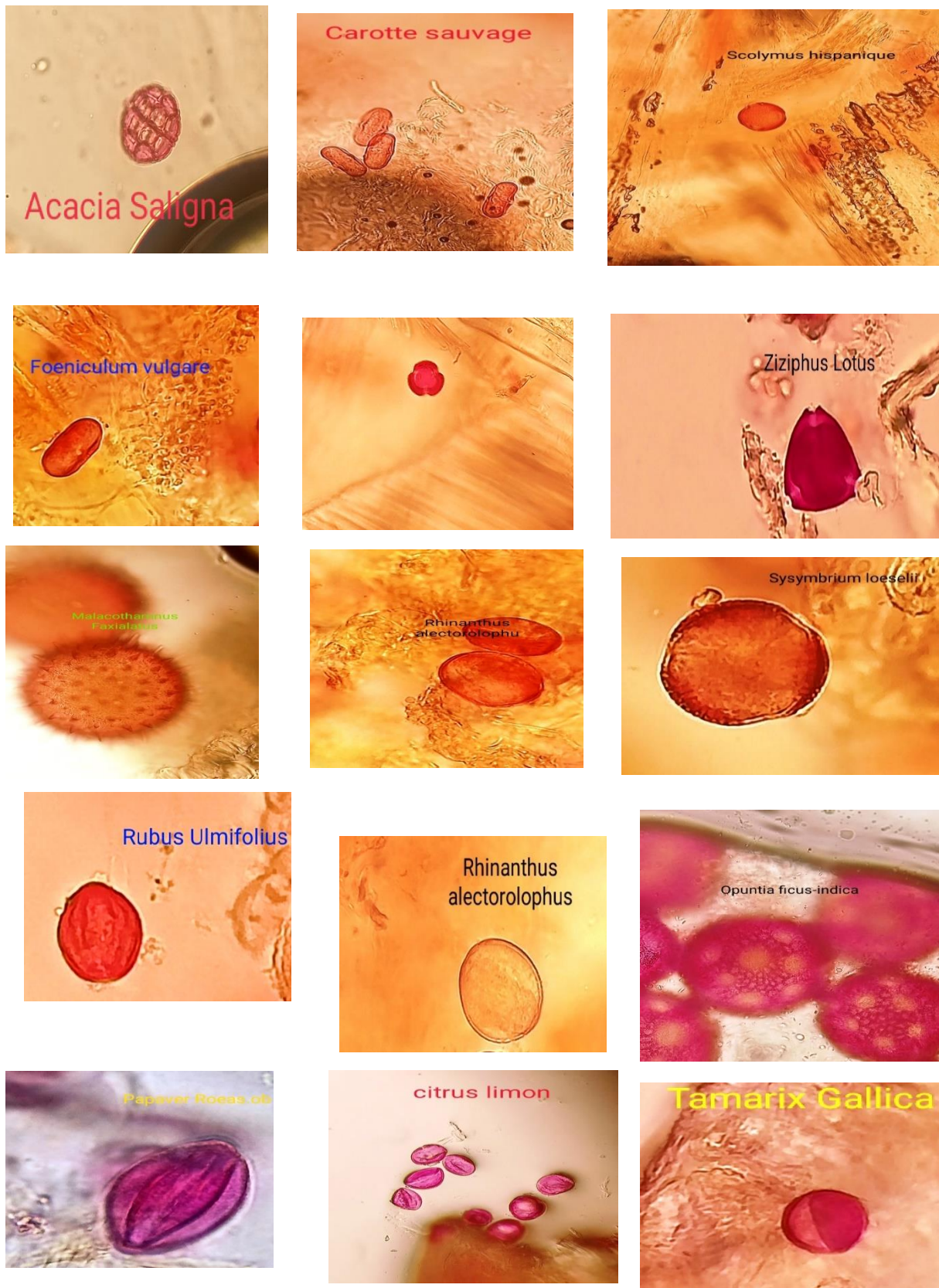


Figure 12 : Aspect microscopique des différents pollens trouvés dans les miels étudiés

V-2- Analyses physicochimiques

Les résultats obtenus pour l'analyse des paramètres physico-chimique des miels testés sont illustrés dans les figures, 13, 14, 15, 17, 18, 19 et annexe 4

V-1-2-1- Taux d'humidité (H°)

Le teneur en eau des miels analysés varie de 13,0 à 20,2 % avec une moyenne de $15,328 \pm 1,62$ (Figure 13). Ces résultats sont inférieurs à ceux rapportés par Marcucci et al. (2019), soit une valeur moyenne de $17,2 \pm 1,46\%$ pour les miels brésiliens. Selon Achour et Khali (2014), les teneurs en eau des miels algériens sont comprises entre 13 et 15%. Le taux d'humidité des miels est un critère de qualité important (Homrani, 2020). Sur les 25 miels analysés, 2 échantillons (E2, E11) présentent des teneurs en eau supérieures à 18% et risquent donc de fermenter lors du stockage (Laredj et wafa, 2017). En effet, Une quantité d'eau trop élevée provoque la fermentation du miel mais également une perte de sa saveur et de sa qualité, ainsi qu'une accélération la cristallisation. D'un point vue réglementaire un miel ne doit pas présenter une teneur en eau supérieur à 20%. Dans notre étude 1 échantillons (E11) provenant de la région de Tissemsilete présentent des teneurs légèrement supérieures à la limite maximale fixée par le *codex Alimentarius* (20%). Ce miel est donc considéré donc de mauvaise qualité. La forte teneur en eau de certains miels peut s'expliquer par une récolte précoce, c'est-à-dire avant sa maturation ou aux mauvaises conditions d'extraction, d'entreposage et du conditionnement de stockage effectué par l'apiculteur, ce qui auraient engendré une réhydratation du miel (El Sohaimy *et al.*, 2015). En effet, le miel a la capacité d'absorber l'humidité de l'air lorsqu'elle est supérieure à 55% (Dailly, 2008). De même, la température et le taux d'humidité qui règne dans la ruche lors de l'élaboration du miel par les abeilles influent sur la teneur finale en eau du miel (Ouchemoukh, 2012 ; Doukani *et al.*, 2014). 14 Echantillons (E3, E5, E7, E8, E10, E12, E13, E14, E15, E16, E19, E21, E23, E25) présentent des teneurs inférieures à 15%, donc sont trop secs et visqueux et peuvent ralentir l'étape de diffusion des molécules de sucre et favorisent la cristallisation. Afin d'avoir des miels répondant aux normes, certaines techniques sont utilisées pour rectifier la teneur en eau, telles que la déshydratation ou bien la pasteurisation. Cependant, ces techniques sont très critiquées pour leurs conséquences sur les qualités diététiques et thérapeutiques du miel (Laallam, 2018).

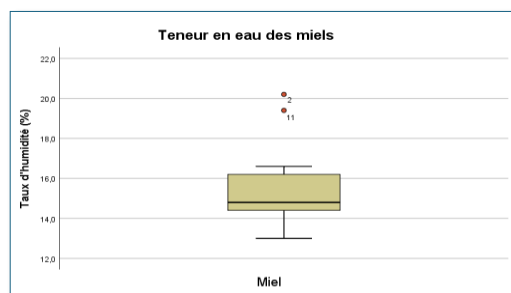


Figure 13 : Teneur en eau des miels

V--2-2-Le pH

Le pH ou potentiel d'hydrogène est défini comme le logarithme de la concentration en ions H dans une solution. L'acidité du miel provient d'un grand nombre d'acides organiques qu'il contient, dont le plus important est l'acide gluconique, provenant des sécrétions digestives des abeilles pendant l'élaboration du miel (Mbogning *et al.*, 2011).

Les valeurs moyennes des pH obtenus pour nos échantillons de miels oscillent entre 3.39 (E19) et 4.9 (E2) avec une moyenne de $3.99 \pm 0,36$ (Annex 4). Plusieurs études ont mis en évidence le caractère acide des miels allant de 3,61 à 3,81 pour ceux produits au Brésil (Oliveira *et al.*, 2020). La mesure du pH d'un miel permet d'identifier sa nature (origine botanique). Les résultats indiquent des valeurs différentes. En effet, le pH moyen des miels issus du nectar est de $3,92 \pm 0,54$ et celui du miellat est évalué à $4,7 \pm 0,27$ (Figure 14). Ces valeurs sont en accord avec les recommandations du *Codex Alimentarius* ; le pH varie de 3,5 à 4,5 et 4,5 à 5,5, respectivement pour les miels de nectar et de miellat. La détermination de la valeur du pH est importante lors de l'extraction et du stockage car il influence sur la texture, la stabilité et la durée de conservation du miel (Terrab *et al.*, 2004). Il existe une variation entre les valeurs du pH selon l'origine florale des miels issus du nectar, le plus acide est celui d'agrumes $pH = 3,54 \pm 0,15$ suivis par les miels de jujubier $3,57 \pm 0,18$, les miels polyfloraux $3,66 \pm 0,13$ en enfin le miel de manuka $4,39 \pm 0,021$ (Figure 15). Homrani *et al.* (2020) ont également montré que les miels de d'agrumes sont les plus acides avec un pH de $3,86 \pm 0,2$.

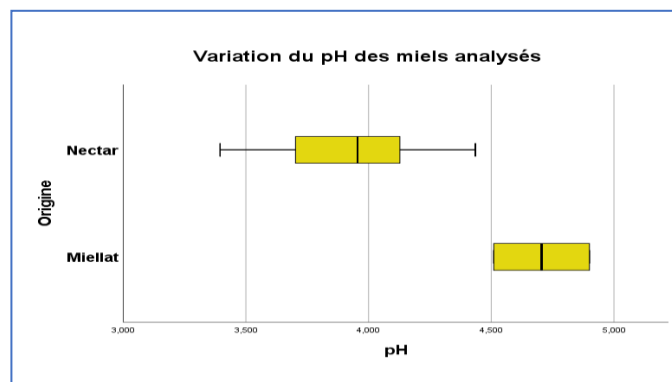


Figure 14 : Variation du PH des miels analysés

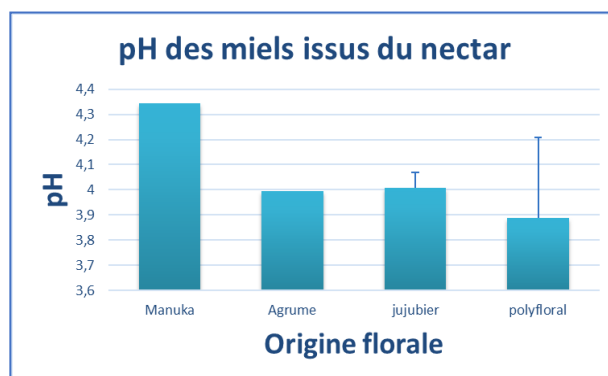


Figure 15 : pH de miels du nectar

V-2-3- Conductivité Electrique

Les valeurs de la conductivité électrique sont comprises entre $0,106 \pm 00$ (24, Relizane) et $1,904 \pm 00$ (E1, Chlef) mS/cm avec une moyenne de $0,615 \pm 0,39$ mS/cm (Annexe 04). Nos résultats sont semblables à ceux de Oroian *et al.* (2019) pour les miels produits en romanie avec des valeurs allant de 0.157 à 1.007 mS/cm.

La mesure de la conductivité est utilisée aujourd'hui comme contrôle de routine pour le miel. C'est un critère important pour la détermination de l'origine botanique du miel. En effet, ce paramètre permet de distinguer les miels floraux des miels de miellats (Bogdanov *et al.*, 2004). Comme le montre la figure 17, les miels issus du miellat présentent les valeurs les plus élevées ($1,437 \pm 0,6$ mS/cm), tandis que ceux issus du nectar montrent des valeurs faibles ($0,505 \pm 0,2$). Hormis les miels de nectars E₇ (Conductivité $>0,8$ mS/cm), toutes les valeurs sont en accord avec les normes établies par le *codex alimentarius* qui préconise une valeur seuil fixée à $<0,8$ mS/cm pour le miel de nectar et $>0,8$ mS/cm en ce qui concerne le miellat. Cela peut s'expliquer par le fait que ce miel soit de couleur foncé ou bien riches en pollens (Homrani, 2020). En effet, ces derniers sont généralement plus abondants en matière minérale ionisable et sont donc de bons conducteurs de courant, ce qui leur permet de présenter des conductivités plus élevées. Il est possible que ce miel soit un mélange de miellat et de nectar. Par ailleurs, Il existe un rapport linéaire entre la conductivité électrique et la teneur en matières minérales d'un miel (El Sohaimy *et al.*, 2015). La valeur de la CE dépend de la teneur en cendres dont plus la teneur est élevée, plus la conductivité résultante est élevée (Santos *et al.*, 2024). Ce paramètre a récemment été inclus dans les normes internationales, remplaçant la détermination de la teneur en cendres. Un excès en matières minérales dans le miel peut être apporté par le pollen, le nectar des fleurs ou le miellat. En outre, la conductivité électrique peut être affectée par sa teneur en acides organiques et en protéines présents dans le miel.

Le miel de manuka présente la conductivité la plus élevée (0,584), suivi des miels polyfloraux avec une moyenne de $0,536 \pm 0,18$ mS/cm, les miels de jujubier $0,426 \pm 0,21$ mS/cm, et en fin les miels de *Citrus* $0,106$ mS/cm (Figure 16). Bakchiche et al. (2018) a signalé que les miels polyfloraux provenant du Sahara algérien présentent une CE allant de $0,347 \pm 0,009$ à $0,372 \pm 0,008$ mS/cm, une valeur inférieure par rapport celle qu'on a obtenue, cela peut s'expliquer par les variations des conditions climatiques et pédologiques entre les différentes régions en Algérie. Selon Nguyen *et al.*, 2021 la conductivité des miels de manuka est en moyenne de 0.54 ± 0.01 . C'est un paramètre qui montre une grande variabilité selon l'origine florale et considéré comme l'un des meilleurs paramètres pour distinguer les différentes origines florales du miel (Terrab *et al.*, 2004).

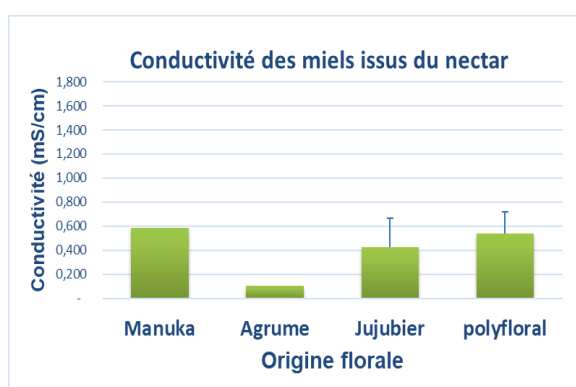


Figure 16 : Conductivité des miel issus du nectar

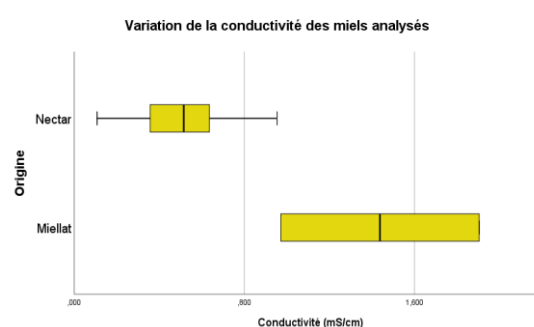


Figure 17 : Variation du PH des miels analysés

V-2-4-La teneur en HMF (mg/Kg miel)

L'Hydroxyméthyl-5-furfural ou HMF est un composé organique naturellement présent, dans tous les miels à la récolte, à l'état de trace (1 à 3mg/kg) Makhloufi et al. (2010). En effet, la dégradation des fructoses, en présence d'un acide, peut amener à la formation d'un dérivé hétérocyclique à fonction carbonylée qui est l'HMF (Rabeharifara, 2011). Cependant, Un chauffage trop fort et un stockage trop long endommagent augmentent la teneur en HMF, qui est fixée à 40 mg/kg dans les normes sur le miel (Commission du Codex Alimentarius, 2001 ; IHC). Une exception a été faite pour les miels des régions tropicales pour lesquels cette limite est de 80 mg/kg et les régions à climats chaud < 60 mg/Kg miel.

L'HMF des échantillons varie entre $0,92 \pm$ et $74,55 \pm$ mg/kg avec une moyenne de de $17,41 \pm 16,4$ mg/kg (annexe04, figure 18). Tous les échantillons sont conformes aux normes à l'exception de (E20) provenant e la région de chlef. Le taux élevé de HMF dans ce miel pourrait être expliqué par le chauffage exagéré lors de l'extraction. Généralement, avant l'extraction, les apiculteurs pratiquent un préchauffage des hausses contenant le miel, pour accélérer son extraction et son écoulement rapide.

Alors que d'autres exposent au soleil les hausses pendant plusieurs heures (Laallam, 2018). Parmi les 16 échantillons analysés, 13 affichent des taux inférieurs à 15 mg/kg. Ce sont donc de miels très bonne qualité et correspondent aux normes de qualité optimale du miel. Ces résultats sont inférieurs à ceux trouvés par Sajid *et al.*, Boussaid *et al.* et Parviz *et al.* Qui ont rapporté des valeurs allant de 24,45 à 40,68 mg/kg, $27,43 \pm 1,50$ mg/kg et $37,31 \pm 17,13$ mg/kg, respectivement. Il convient tout fois de noter que dans notre étude les valeurs de HMF étaient quelque peu plus élevées (moyenne 17,41mg/kg) que pour les miels européens qui sont généralement inférieures à 10 mg/kg (Mouhoubi-Tafnine *et al.*, 2018). Le climat chaud algérien peut être la cause de ce phénomène. D'autres facteurs tels que l'acidité, et la teneur en eau élevée favorisent également sa formation (Rabeharifara, 2011). Ainsi, la détermination de la quantité de HMF est un excellent indicateur pour apprécier la qualité et la fraîcheur du miel (Khalafi *et al.*, 2016). C'est un critère important pour évaluer le temps de stockage et les dommages causés par la chaleur, le surchauffage et le vieillissement du miel. Le HMF et ses dérivés confèrent de nombreux effets néfastes, notamment génotoxiques, mutagènes, cancérigènes, endommageant l'ADN, organotoxiques et inhibiteurs des enzymes (Shapla *et al.*, 2018).

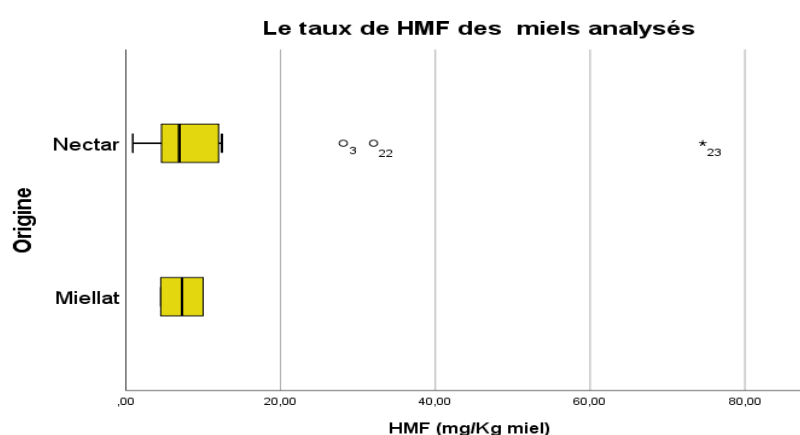


Figure 18 : Le taux de HMF des miels analysés

V-3- Etude du pouvoir antibactérien des miels analysés

Les résultats des tests de sensibilité des souches bactériennes aux différents types de miel sont illustrés dans les Figure 19 les Tableau 6. L'évaluation de cette activité est basée sur la mesure des diamètres en (mm) des zones d'inhibition

Tableau 7 : Résultats de l'effet inhibiteur des miels à différentes concentrations vis-à-vis des souches indicatrices

| Souches indicatrices | | Diamètre de la zone d'inhibition à différentes concentrations (mm) | | | | |
|----------------------|---|--|------------|------------|------------|------------|
| | | Pur | 75% | 75% | 25% | 12,5% |
| <i>E. coli</i> | Moyenne± Ecart type (N=25) | 34,48±4,03 | 29,80±3,3 | 26,33±6,1 | 24,04±3,4 | 21,36±3,5 |
| | Min-Max | 26-46 | 20-34 | 3-33 | 15-29 | 13-26 |
| <i>K. pneumoniae</i> | Moyenne± Ecart type (N=25) | 34,68±4,32 | 31,24±4,29 | 29,00±4,61 | 25,52±4,37 | 22,88±4,25 |
| | Min-Max | 40-23 | 39-21 | 37-18 | 35-16 | 30-13 |
| <i>S. aureus</i> | Moyenne± Ecart type (N=25) | 36,84±5,52 | 33,88±5,54 | 31,00±5,16 | 27,04±5,68 | 22,92±6,01 |
| | Min-Max | 48-25 | 46-23 | 42-21 | 40-16 | 37-13 |

Les tests réalisés ont montré que tous les miels examinés possédaient une activité antibactérienne, bien que leur efficacité variait en fonction du type de miel, de la souche bactérienne et de la concentration. Pour les miels non dilués, l'échantillon E1, provenant de la région de Médéa, a présenté la plus forte activité antibactérienne contre *S. aureus*, avec un diamètre de zone d'inhibition de 48 mm. À l'opposé, l'échantillon E24, de la région de Chlef, a affiché la plus faible activité contre *K. pneumoniae*, avec un diamètre moyen de 26 mm. Lors de la dilution des miels à une concentration de 12,5%, l'échantillon E2, également de Chlef, a démontré la plus grande efficacité contre *S. aureus*, avec un diamètre d'inhibition de 37 mm. En revanche, les échantillons E23 et E25 ont présenté les plus petits diamètres de zones d'inhibition. Plus précisément, le miel E23 a montré la plus faible efficacité contre *E. coli* et *K. pneumoniae*, avec des diamètres de 13 mm, tandis que le miel E25 a eu la plus faible efficacité contre *S. aureus*.

Activité antibactérienne des miels selon leurs origine florale

Les résultats des tests de sensibilité des souches indicatrices aux miels en fonction de leurs origines botaniques sont présentés dans [la figure 20](#).

V- RESULTATS ET DISCUSSION PARTIE EXPERIMENTALE

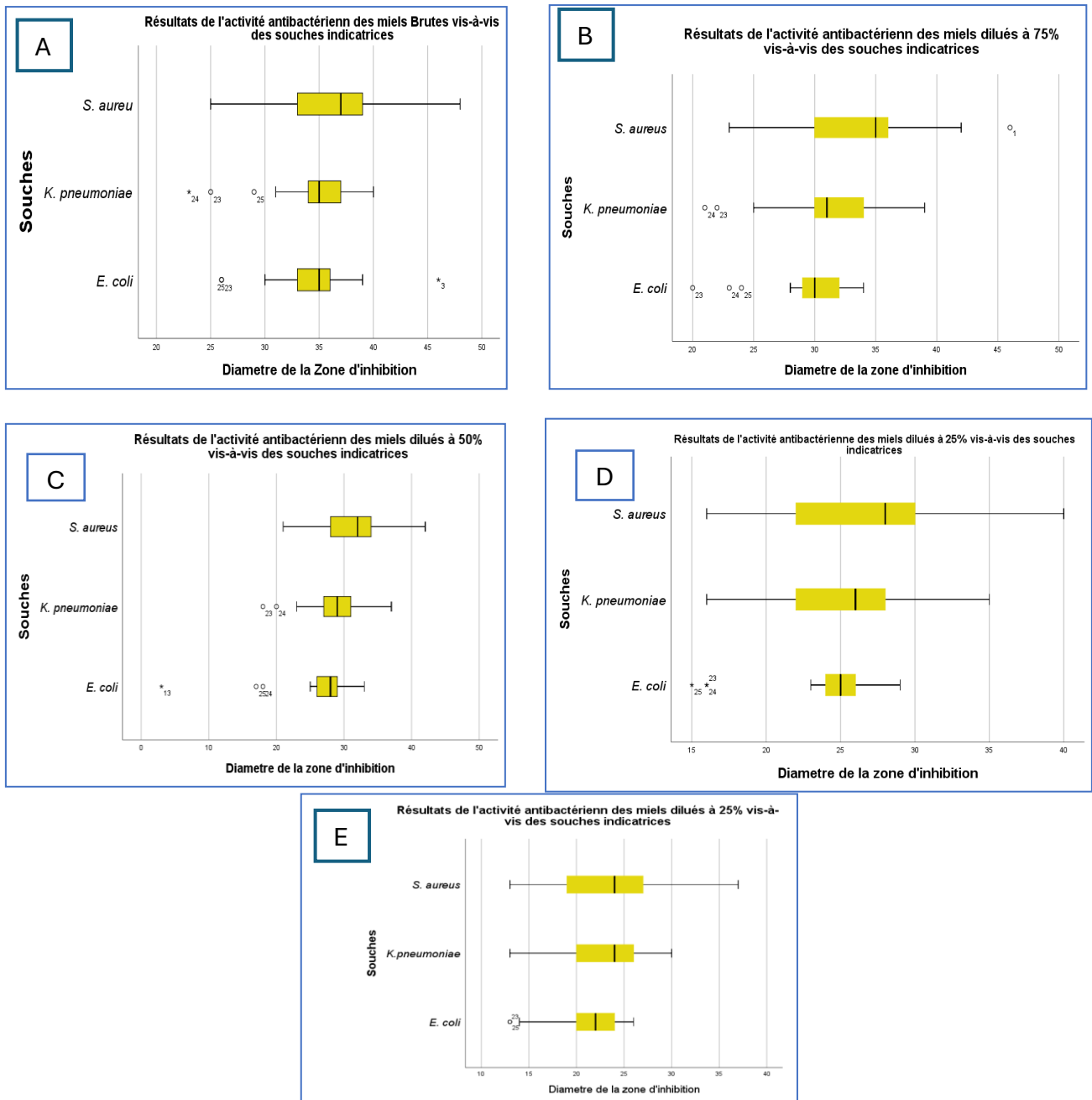


Figure 19 : Résultats de l'activité antibactérienne des miels brute et dilués différentes concentrations vis-à-vis des souches indicatrices (Pur, 75%, 50%, 25%, 12,5). A : Miels purs, B : miels dilués à 75%, C : miels dilués à 50%, D : miels dilués à miels dilués à 25% ; E : miels dilués à 12,5%

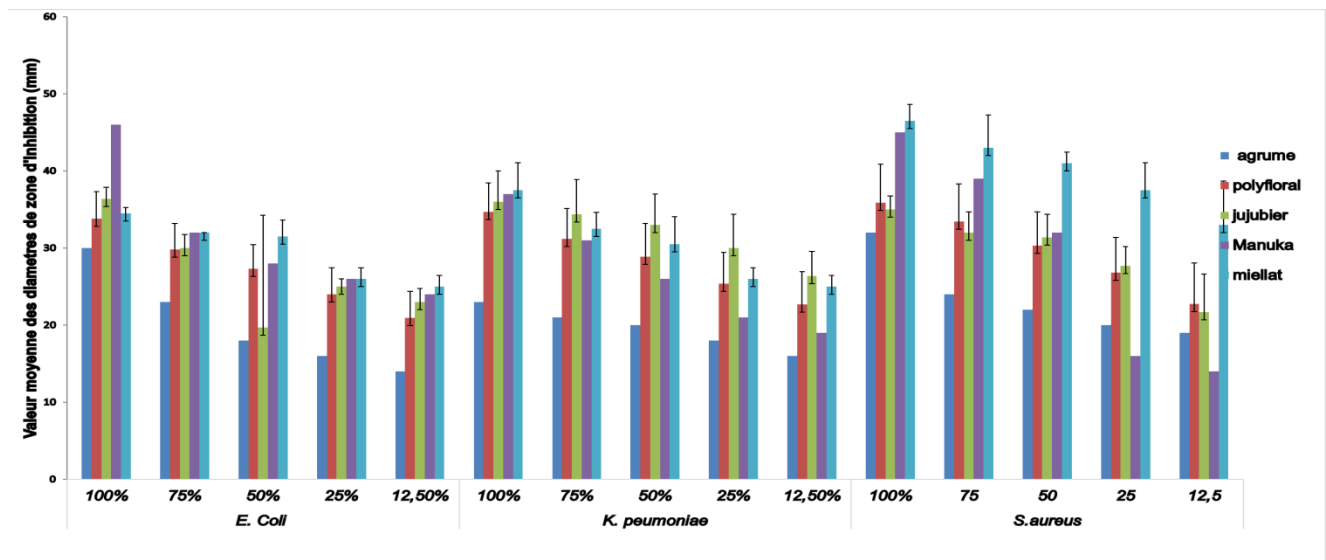


Figure 20: Résultats de l'activité antibactérienne des miels selon leurs origines florales

À des concentrations de 100 %, 75 % et 50 %, la souche *S. aureus* est plus sensible aux miels de miellat, avec des diamètres de zones d'inhibition de $46,5 \pm 2,12$ mm pour le miel pur et de $41 \pm 1,41$ mm pour le miel dilué à 50 %. Le miel de Manuka a montré également une forte activité avec des diamètres de 45 mm pour le miel pur et de 32 mm pour le miel dilué à 50 %. En revanche, le miel monofloral d'agrumes a montré la plus faible activité antibactérienne, avec des diamètres de zones d'inhibition de 32 mm pour le miel pur et de 22 mm pour le miel dilué à 50 %. À des concentrations de 25 % et 12,5 %, l'activité antibactérienne reste la plus élevée pour le miel de miellat, avec des zones d'inhibition de $37,5 \text{ mm} \pm 1,00$ et $33,00 \text{ mm} \pm 0,71$ respectivement. Suivent les miels de jujubier ($27,67 \pm 2,51$ mm et $21,67 \pm 4,93$ mm), polyfloraux ($26,78 \pm 4,78$ mm et $22,72 \text{ mm} \pm 5,33$ mm), et d'agrumes (20,00 mm). Le miel de manuka dilué à 12,5 % a montré une forte diminution de l'effet inhibiteur, atteignant un diamètre d'inhibition de 16,00 mm.

La souche *E. coli* a montré une sensibilité à tous les miels, purs et dilués, sauf pour les miels d'agrumes à la concentration de 12,5 %, qui ont montré une sensibilité modérée avec un diamètre légèrement inférieur à 15 mm. À l'état non dilué, le miel de manuka a montré la plus forte inhibition (46,00 mm), suivi des miels de jujubier ($36,33 \pm 1,52$ mm), de miellat (34,50 mm) et polyfloral ($33,78 \pm 3,54$ mm). À partir de la dilution 75 % jusqu'à 12,5 %, le miel de miellat a montré la plus forte activité inhibitrice, atteignant un diamètre d'inhibition de $25,00 \pm 1,41$ mm à 12,5 %, suivi des miels de Manuka (24,00 mm), de jujubier ($23,00 \pm 1,73$ mm) et polyfloral ($20,94 \pm 3,38$ mm). Le miel d'agrumes a présenté la plus faible inhibition, avec des diamètres allant jusqu'à 14 mm.

V- RESULTATS ET DISCUSSION PARTIE EXPERIMENTALE

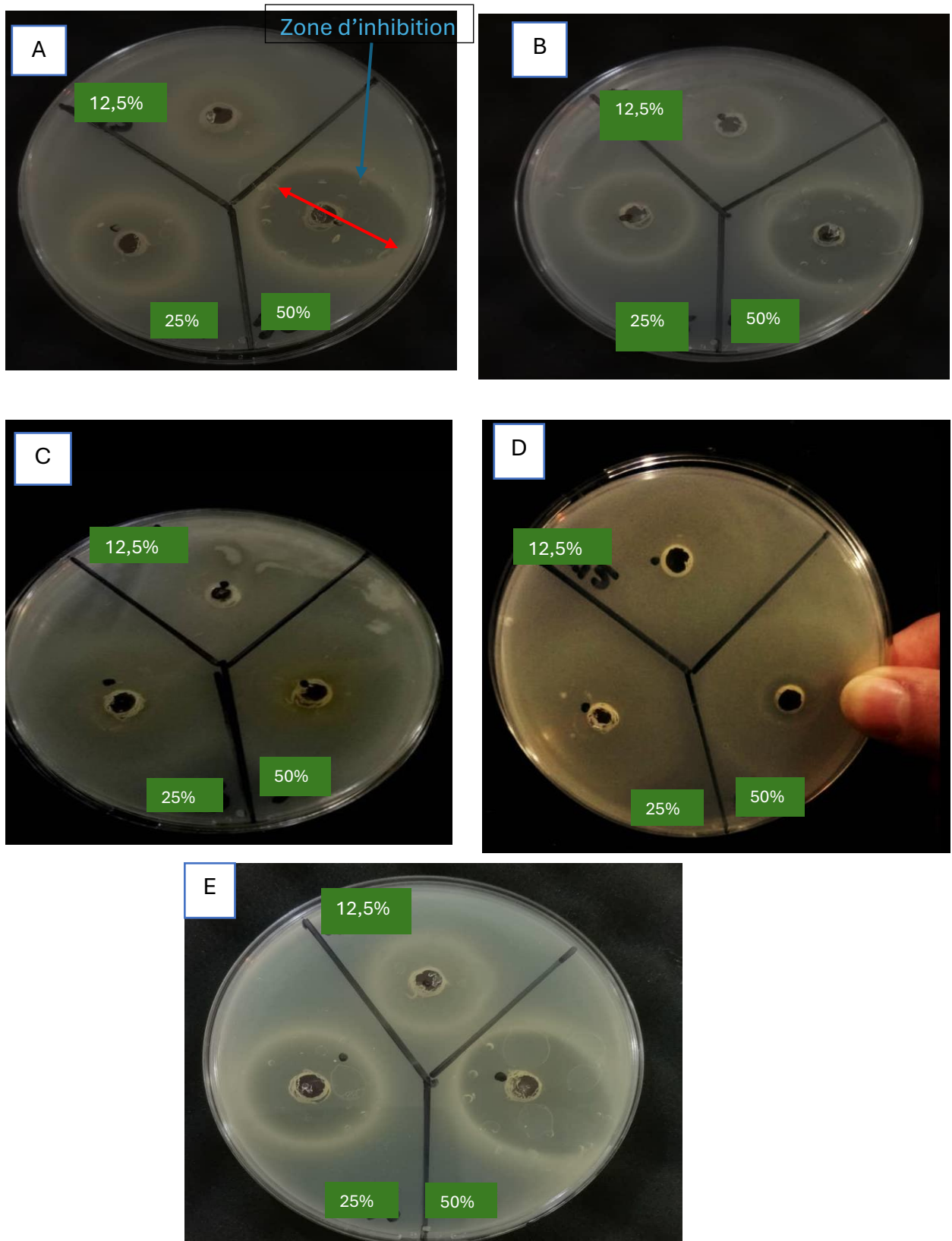


Figure 21 : Effet des miels à différentes concentration sur la croissance des souches indicatrices par la méthode de diffusion sur milieu gélosé. A : d'échantillon E1 (*E.coli*), B : E3 (*E.coli*) ; C : E2 (*S. aureus*) ; D : E3 (*S. aureus*) ; E : E2 (*K. pneumoniae*)

Pour la souche *Klebsiella pneumoniae*, la sensibilité est maximale pour les miels de miellat ($37,50 \pm 3,53$ mm) et de Manuka ($37,00$ mm) lorsqu'ils sont à l'état pur. Viennent ensuite les miels de jujubier, polyfloraux ($33,78 \pm 3,54$ mm) et d'agrumes ($23,00$ mm). Aux dilutions de 75 %, 50 %, 25 % et 12,5 %, le miel monofloral de jujubier est le plus efficace contre *Klebsiella pneumoniae*, avec une moyenne de $30,00 \pm 4,35$ mm à la concentration de 12,5 %, suivi des miels de miellat ($26,00 \pm 1,41$ mm), polyfloraux ($20,94 \pm 3,3$ mm) et d'agrumes ($18,00$ mm).

Les variations observées dans l'activité antibactérienne des miels peuvent être attribuées à plusieurs facteurs influents. Les différences peuvent découler des variations naturelles des sources florales de nectar, des conditions de stockage et de traitement, ainsi que des caractéristiques spécifiques aux abeilles, telles que l'âge et la santé des colonies (Irish *et al.*, 2011 ; Cokcetin *et al.*, 2016). En outre, le pH bas du miel contribue à son potentiel antimicrobien en créant un environnement défavorable pour la plupart des micro-organismes. Selon Martinotti et Ranzato (2018), des composés tels que la défensine-1, le méthylglyoxal, et divers inhibiteurs végétaux (lysozymes, flavonoïdes, composés aromatiques, et substances volatiles) jouent un rôle crucial dans les propriétés antimicrobiennes du miel. Il est également démontré que ces facteurs antibactériens peuvent interagir de manière synergique, renforçant ainsi l'effet antimicrobien global (Kwakman *et al.*, 2011).

Il est noté que l'efficacité antibactérienne du miel est plus prononcée lorsqu'il est utilisé pur, et qu'elle diminue avec des dilutions successives. Cette diminution peut être expliquée par la pression osmotique élevée du miel, due à sa teneur élevée en sucre (environ 80% de la masse). La persistance des propriétés antibactériennes à des concentrations diluées indique la présence d'autres composés bioactifs dans ce produit naturel.

Concernant les souches bactériennes testées, *S. aureus* a montré une plus grande sensibilité aux miels, avec des zones d'inhibition moyennes allant de $36,84 \pm 5,52$ mm pour le miel non dilué à $22,92 \pm 6,01$ mm pour le miel dilué à 12,5%. En comparaison, les souches *E. coli* et *K. pneumoniae* ont présenté une résistance légèrement plus élevée, avec des zones d'inhibition moyennes respectivement allant de $34,48 \pm 4,03$ mm à $21,36 \pm 3,54$ mm pour *E. coli*, et de $34,68 \pm 4,32$ mm à $22,88 \pm 4,25$ mm pour *K. pneumoniae*. Ces différences peuvent être expliquées par les mécanismes de résistance distincts entre les bactéries Gram-positives et Gram-négatives (Laalam, 2018). Ces résultats sont en accord avec l'étude de kawkman *et al.*, 2010), qui a montré que l'activité antibactérienne du miel est généralement plus efficace contre les bactéries Gram-positives par rapport aux bactéries Gram-négatives. En revanche, l'étude de Merah *et al.* (2010) a révélé que les

bactéries Gram-négatives étaient plus sensibles aux miels testés que les bactéries Gram-positives. Cela souligne la complexité des interactions entre le miel et différents types de bactéries et indique que les propriétés antibactériennes du miel peuvent varier considérablement en fonction de la souche bactérienne ciblée

Les résultats de la comparaison des miels selon leur origine florale montrent que les miels de miellat et de Manuka présentent généralement une activité antibactérienne plus forte contre *S. aureus*, *E. coli*, et *Klebsiella pneumoniae* comparativement aux autres types de miel, en particulier lorsqu'ils sont utilisés à des concentrations plus élevées. Cette observation est en accord avec les travaux de Lu *et al.* (2014), qui ont rapporté que le miel inhibe la formation de biofilm par *S. aureus*. Almasaudi *et al.* (2017) ont trouvé que le miel de manuka possède un effet bactéricide supérieur contre *S. aureus* résistant à la méticilline. Alandejani *et al.* (2009) ont noté des effets bactéricides significatifs du miel de *Sidr* et de Manuka à des concentrations de 50 % sur des biofilms préétablis de *S. aureus* sensibles à la méticilline.

Les résultats pour *E. coli* indiquent une sensibilité générale à tous les types de miel testés, sauf pour les miels d'agrumes à la concentration de 12,5 %, qui montrent une sensibilité modérée. Ahmed *et al.* (2014) ont démontré que le miel du nord de l'Algérie inhibe la croissance de *E. coli* à des concentrations comprises entre 14 % et 20 %. De plus, plusieurs études (Sherlock *et al.*, 2010 ; Mahendran *et Kumarasamy*, 2015 ; Matzen *et al.*, 2018 ; Ghramh *et al.*, 2018) ont confirmé le pouvoir inhibiteur du miel contre *E. coli*.

Concernant *Klebsiella pneumoniae*, le miel de miellat et le miel de manuka se montrent particulièrement efficaces, surtout à l'état pur. Cependant, à des concentrations plus faibles, le miel monofloral de jujubier est le plus efficace, ce qui pourrait être dû à des variations spécifiques dans la composition des miels. Ces observations soulignent l'importance des propriétés spécifiques de chaque type de miel et de leur concentration dans la détermination de leur efficacité antibactérienne.

Conclusion

CONCLUSION

Le travail de recherche a mis en lumière les caractéristiques physico-chimiques, polliniques et antibactériennes de certains miels locaux et un importé. L'analyse physico-chimique a révélé que la majorité des échantillons respecte les normes de qualité, bien que certains présentent des niveaux d'humidité ou de HMF élevés. L'analyse pollinique nous a permis de recenser au total 66 taxons appartenant à 31 familles botaniques, avec 8 échantillons caractérisés comme polyfloraux et 5 miels monofloraux issus de trois origines botaniques différentes (*Citrus*, *Ziziphus lotus*, *Leptospermum scoparium*). Deux miels ont été caractérisés comme des miels de miellat.

Ces résultats soulignent non seulement la richesse botanique des miels locaux, mais également leur diversité, ce qui contribue à leur potentiel thérapeutique. De plus, l'analyse pollinique s'avère être une excellente méthode pour étudier la biodiversité de la flore algérienne par zone. Tous les miels étudiés, qu'ils soient locaux ou importés, possèdent des propriétés antibactériennes notables, bien que leur efficacité varie selon leur origine florale, leur concentration et la souche bactérienne. Bien que le miel de manuka soit reconnu dans le monde pour ses vertus thérapeutiques, certains miels locaux ont également montré des performances élevées, notamment les miels de miellat, ou encore ceux du jujubier et méritent d'être valorisés.

L'intérêt croissant pour le miel face à l'augmentation des bactéries résistantes aux antibiotiques est une invitation à explorer davantage ses propriétés. Les miels de miellat et de manuka pourraient offrir des alternatives naturelles dans la lutte contre les infections bactériennes. Il est essentiel de promouvoir les miels locaux, qui présentent des caractéristiques uniques et des bienfaits, afin de valoriser leur qualité sur le marché. Ce travail ouvre la voie à des recherches futures sur les mécanismes d'action du miel et son optimisation pour des traitements médicaux, intégrant ainsi les miels et particulièrement locaux dans les stratégies de lutte contre les infections résistantes aux antibiotiques. Notre travail pourrait être complété par d'autres analyses telles que :

- Le dosage des sucres,
- L'étude du pouvoir antioxydant, anti-inflammatoire, cicatrisant...etc des miels
- Détermination de la nature des agents inhibiteurs présents dans les miels.

***Références
bibliographiques***

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Achour, H. Y., et Khali, M.** (2014). Composition physicochimique des miels algériens. Détermination des éléments traces et des éléments potentiellement toxiques. *Afrique Science : Revue Internationale des Sciences et Technologie*, 10(2)
- Adams, C. J., Manley-Harris, M., & Molan, P. C.** (2008). The origin of methylglyoxal in New Zealand manuka (*Leptospermum scoparium*) honey. *Carbohydrate Research*, 343(4), 651-656
- Ahmed M, Khiati B, Meslem A, Aissat S, Djebli N.** (2014) Evaluation of physicochemical and Antioxidant Properties of Raw Honey from Algeria. *J Microb Biochem Technol.*, S4:006. <https://doi.org/10.4172/1948-5948.S4-006>
- Ahmed, M., Djebli, N., Meslem, A., & Khalfoun, M.** (2018). The Benefits of Honey in Healing Wounds. *Journal of Medicinal Plants Studies*, 6(3), 11-15
- Alandejani, T., Marsan, J., Ferris, W., Slinger, R., Chan, F.** (2009). Effectiveness of honey on *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa* biofilms. *Otolaryngology-Head and Neck Surgery*. 141 (1) : 114–118.
- Aljadi, A. M., & Kamaruddin, M. Y.** (2002). Evaluation of the phenolic contents and antioxidant capacities of two Malaysian honeys. *Food Chemistry*, 85(4), 513-518
- Al-Mamary, M., Al-Meeri, A., & Al-Habori, M.** (2002). Antioxidant activities and total phenolics of different types of honey. *Nutrition Research*, 22(9), 1041-1047.
- Almasaudi, S. B.** (2019). The antibacterial activities of honey. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(7), 1408-1416.
- Almasaudi, Sb., Al-Nahari, Aam., El-Ghany, Esmā., Barbour, E., Al-Muhayawi, Sm, Al-Jaouni, S., Azhar, E., Qari, M., Qari, Y.A., Harakeh, S.**(2017).Antimicrobial effect of different types of honey on *Staphylococcus aureus*.*Saudi J Biol Sci.*, 24(6) :1255-1261.
- Alvarez-Suarez, J. M., Tulipani, S., Romandini, S., Bertoli, E., et Battino, M.** (2010). Contribution of honey in nutrition and human health: A review. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*, 3(1), 15-23.
- Al-Waili, N., Salom, K., Butler, G., & Al Ghamdi, A. A.** (2013). Honey and microbial infections: A review supporting the use of honey for microbial control. *Journal of Medicinal Food*, 16(1), 1-10.
- Amiry S., Mohsen E., Smaili M, Mohammad Alizadeh, M.** (2017).Classification of adulterated honeys by multivariate analysis, *Food Chemistry*, Volume 224, Pages 390-397, ISSN 0308-8146, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.12.025>.
- Anyanwu, U. C., et Temitope, O. A.** (2019). Prebiotic potential of honey and its application in medicine. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 7(2), 331-345.
- AOAC.** (2005). Official Methods of Analysis of AOAC International. Microchemical Determination of nitrogen. Micro-Kjeldahl method. Ref. 960.52. Association of Official Analytical Chemists. USA.
- Apimondia.**(2001).La médecine par les abeilles : traité d'apithérapie [CD-ROM]. ApimondiaStanding Commission of Apitherapy, 2001.
- Avisse, N.** (2014). *La lutte contre la fraude dans le secteur du miel*. Thèse de doctorat, Université Paris-Sud.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Azeem, T., Gulzar, M., Shah, S., Butt, M.** (2018). Honey : Chemical composition, stability and authenticity. *Advances in Food Science and Nutrition*, 4(1), 45-55.
- Bakchiche, B., Habati, M., Benmebarek, A., Gherib A.** (2018). Caractéristiques physico-chimiques, concentrations en composés phénoliques et pouvoir antioxydant de quatre variétés de miels locales (Algérie). *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét.* 6 (1) :118-123
- Baker, H. G et Baker, I.** (2018). Floral nectar sugar constituents in relation to pollinator type. *Springer Handbook of Pollination Biology*, 39-49.
- Bansal, V., Medhi, B., & Pandhi, P.** (2016). Honey - A remedy rediscovered and its therapeutic utility. *Medicinal Journal Armed Forces India*, 62(3), 270-275
- Belay, A., Haki, G. D., Birringer, M., Borck, H., Lee, Y. C., Cho, C. W., & Melaku, S.** (2017). Sugar profile and physicochemical properties of Ethiopian monofloral honey. *International Journal of Food Science*, 52(9), 2100-2109.
- Benaziza-Bouchema, D., Schweitzer, P.** (2010). Caractérisation des principaux miels des régions du Nord de l'Algérie. *Cah. Agric.* 19(6) : 1-7.
- Benbareka, S., et Hafsou, H.** (2019). Étude de la qualité des miels commercialisés en Algérie. *Revue des sciences de l'Apiculture*, 10(2), 52-65
- Beretta, G., Granata, P., Ferrero, M., Orioli, M., & Facino, R. M.** (2005). Standardization of antioxidant properties of honey by a combination of spectrophotometric/fluorimetric assays and chemometrics. *Analytica Chimica Acta*, 533(2), 185-191.
- Bertoncelj, J., Doberšek, U., Jamnik, M., & Golob, T.** (2007). Evaluation of the phenolic content, antioxidant activity and colour of Slovenian honey. *Food Chemistry*, 105(2), 822-828
- Bogdanov, S.** (1999). Honey quality and international regulatory standards: review by the International Honey Commission. *Bee World*, 80(2), 61-69.
- Bogdanov, S.** (2008). Honey as nutrient and functional food: A review. *Bee Product Science*, 1-16.
- Bogdanov, S.** (2012). Honey composition. In *The honey book*, Bee Product Science.
- Bogdanov, S.** (2002). *Harmonised methods of the International Honey Commission: Introduction and general comments on the methods*. International Honey Commission. Switzerland. 62pp.
- Bogdanov, S., & Gallmann, P.** (2008). Authenticity of honey and other bee products: State of the art. *Bulletin USAMV-CN*, 65(1), 1-10.
- Bogdanov, S., Imdorf, A., Charrière, J.D., Fluri, P., Kilchenmann.** (2003). Qualité des produits apicoles et sources de contamination. Centre suisse de recherches apicoles. 12P.
- Bogdanov, S., Jurendic, T., Sieber, R., & Gallmann, P.** (2002). Honey for nutrition and health: A review. *Journal of the American College of Nutrition*, 27(6), 677-689
- Bogdanov, S., Martin, P., & Lüllmann, C.** (1997). Harmonised methods of the European Honey Commission. *Apidologie*, 28(Special Issue), 1-59
- Bogdanov, S., Ruoff, K., & Oddo, L. P.** (2004). Physico-chemical methods for the characterization of unifloral honeys: A review. *Apidologie*, 35(1), S4-S17.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Boulaaba, A.** (2019). Apitherapy and bee products: Honey, Propolis and Royal Jelly in Health. *Journal of Apitherapy*, 6(2), 23-34.
- Bradbear, N.** (2010). *Bees and their role in forest livelihoods: A guide to the services provided by bees and the sustainable harvesting, processing and marketing of their products*. FAO.
- Braun, R., Klein, O., & Wirtz, P.** (2012). Pollinisation croisée et alimentation des abeilles: Les relations entre les pollens et les nectars. *Apidologie*, 43(4), 517-530.
- Brudzynski, K., & Miotto, D.** (2013). The relationship between the content of Maillard reaction-like products and bioactivity of Canadian honeys. *Food Chemistry*, 141(2), 2802-2809
- Carter, D. A., Blair, S. E., Cokcetin, N. N., Bouzo, D., Brooks, P., Schothauer, R., & Harry, E. J.** (2016). Therapeutic Manuka honey: No longer so alternative. *Frontiers in Microbiology*, 7, 569
- Chataway H D.,** (1935). Honey tables scowing the relationship between various hydrometer scales and refractive index to moisture content and weight per gallon of honey. *Can bee J.* n°43. P 215.
- Codex Alimentarius** (2001). Norme pour le miel (CODEX STAN 12-1981). *Commission du Codex Alimentarius*, Organisation mondiale de la Santé et Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.
- Cokcetin, N.N., Pappalardo, M., Campbell, L.T., Brooks, P., Carter, D.A., Blair, S.E., Harry, E.J.** (2016). The antibacterial activity of Australian *Leptospermum* honey correlates with methylglyoxal levels. *PLoS ONE*, 11(12), e0167780.
- Comenvi** (2013). La fraude alimentaire sur le miel. *Commission Européenne de l'Environnement et de la Sécurité Alimentaire*, rapport interne.
- Cordella, C. B. Y.** (2003). Honey characterization and adulteration detection by the application of chemometric methods on the NMR and HPLC data. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 378(7), 1281-1290.
- Cotte, J. F., Casabianca, H., Chardon, S., Lheritier, J., & Grenier-Loustalot, M. F.** (2003). Characterization of honey amino acid profiles using high-pressure liquid chromatography to control authenticity. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 375(5), 718-726.
- Crane, E.**(1990). *Bees and Beekeeping, science practice and word ressources*. Heinemann Newnes, 614 P.
- Dailly, H.** (2008). Cristallisation du miel, le savoir et le faire. *Abeilles & Cie.* 124 : 24-28. Editeur responsable Etienne Bruneau, Louvain-la-Neuve.
- Darrigol J.L.** (2007). *Apithérapie : miel, pollen, propolis, gelée royale*. Dangles Ed, p271.
- De Rodríguez, G. O., Ferrer, B. S., Ferrer, A., & Rodríguez, B.** (2004). Characterization of honey produced in Venezuela. *Food Chemistry*, 84(4), 499-502.
- Donadiou, Y.** (1984). *Guide pratique des produits de la ruche*. Éditions Lechevalier.
- Dongock, N.D., Avana, T.M.L., Djimasngar, M., Goy, S. et Pinta, J.Y.**(2017). Importance écologique et potentialité apicole à la périphérie du Parc national de Manda en zone soudanienne du Moyen-Chari (Tchad). *International Journal of Environmental Studies*. 74 (3), 443–457
- El Sohaimy, S.A., Masry, S. H.D., Shehata, M.**(2015). Physicochemical characteristics of honey from different origins. *Annals of Agricultural Sciences*. 60 : 279-287.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Emmanuelle H., Julie C., Laurent G.** (1996). Les Constituants Chimiques du Miel. Ecole Nationale Supérieure des Industries Agricoles et Alimentaire. apiservices, Galerie Virtuelle apicole
- Eon, D.** (2011). Le pollen: Structure, fonction et importance écologique. *Revue Française de Biologie Végétale*, 22(3), 78-84.
- Erejuwa, O. O., Sulaiman, S. A., & Wahab, M. S. A.** (2014). Effects of honey and its mechanisms of action on the development and progression of cancer. *Molecules*, 19(2), 2497-2522
- FAOSTAT.** (2018). Statistics Division of the Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Honey production data*.
- FAOSTAT.** (2021). Statistics Division of the Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Updated honey production data for Algeria*. Food Bioscience,
- Fournier, J.** (2009). *Les différents types de miels en apiculture moderne*. Éditions Pictoris.
- Free, J. B.** (1993). *Insect pollination of crops* (2nd ed.). Academic Press.
- Gharbi, A.** (2011). Identification des facteurs influençant la qualité du miel en Algérie. *Journal of Apicultural Research*, 50(3), 45-55.
- Gheldof, N., Wang, X. H., & Engeseth, N. J.** (2002). Identification and quantification of antioxidant components of honeys from various floral sources. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(21), 5870-5877
- Ghramh, H.A., Khan, K.A., Alshehri, A.M.A.** (2018). Antibacterial potential of some Saudi honeys from Asir region against selected pathogenic bacteria. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 26 (6) : 1278-1284.
- Gibson, G. R., & Roberfroid, M. B.** (1995). Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. *The Journal of Nutrition*, 125(6), 1401-1412.
- Godley, E. J.** (1979). *The role of Trifolium repens in pastoral farming in New Zealand*. New Zealand Agricultural Science, 13(1), 18-25.
- Gonnet, M., & Vache, J.** (1985). *Propriétés et caractéristiques du miel*. Éditions de l'Abeille de France.
- Gorjanović, S., Alvarez-Suarez, J. M., Novaković, M., Pastor, F. T., Pezo, L., Stanković, M., & Suzić, R.** (2013). Comparative analysis of antioxidant activity of honey of different floral sources using recently developed spectrophotometric and electrochemical assays. *Journal of Food Science and Technology*, 52(1), 275-284.
- Gülçin, İ., Topal, F., Çakmakçı, R., Bilsel, M., Gören, A. C., & Erdogan, U.** (2010). Antioxidant and antibacterial activities of Turkish pollen and propolis extracts. *Food Science and Biotechnology*, 19(4), 1029-1035
- Halimi, M.** (2018). *Étude de la qualité du miel en Algérie*. Mémoire de maîtrise, Université de Tizi-Ouzou.
- Hernández, O. M., Fraga, J. M. G., Jiménez, A. I., Jiménez, F., & Arias, J. J.** (2012). Characterization of honey from the Canary Islands: determination of the mineral content by atomic absorption spectrophotometry. *Food Chemistry*, 93(3), 449-458
- Homrani M.** (2020). Caractérisation physico-chimique, spectre pollinique et propriétés biologiques de miels algériens crus de différentes origines florales. Thèse de doctorat. Univ Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem. P253.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Homrani, M.; Escuredo, O.; Rodríguez-Flores, M.S.; Fatiha, D.; Mohammed, B.; Homrani, A.; Seijo, M.C.** (2020). Botanical Origin, Pollen Profile, and Physicochemical Properties of Algerian Honey from Different Bioclimatic Areas. *Foods* 2020, 9, 938. [CrossRef]
- Huchet, J., Giroud, A., & Bounias, M.** (1996). Etudes de la cristallisation des miels en relation avec la teneur en eau. *Revue Française d'Apiculture*, 531, 45-49
- International Honey Commission Methods.**(2009). Harmonised methods of the International Honey Commission Methods, Swiss Bee Research Centre, FAM, Liebefeld, Switzerland, 2009.
- Irish, J., Blair, S., Carter, D.A.** (2011). The antibacterial activity of honey derived from Australian flora. *PLoS one* 6 (3), e18229.
- Ismail, A.M., Owayss, A.A., Mohanny, K.M., Salem, R.A.** (2013). Evaluation of pollen collected by honeybee, *Apis mellifera* L. colonies at Fayoum Governorate, Egypt. Part 1 : Botanical origin", *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 12 (2) : 129-135
- ITLEV.** (2019). Étude sur les défis et opportunités de l'apiculture en Algérie. *Institut Technique de l'Élevage*, Algérie.
- Jean-Prost, P., & Le Conte, Y.** (2005). *Apiculture : Techniques modernes*. Éditions Lavoisier.
- Johnston M, McBride M, Dahiya D, Owusu-Apenten R, Nigam PS.** (2018). Antibacterial activity of Manuka honey and its components : An overview. *AIMS Microbiol* Nov 27, 4(4):655-664.
- Jones, C. E., Little, R. J., & Richardson, J.** (2003). *Plant reproductive ecology*. Oxford University Press.
- Jones, R., & Saffer, D.** (2020). A comparative study on the crystallization of honey using advanced refractometry. *Journal of Food Science and Technology*, 18(3), 365-372
- Jull, A. B., Walker, N., & Deshpande, S.** (2015). Honey as a topical treatment for wounds. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 3, CD005083²
- Kadri, S. M., Moulai-Mostefa, N., Derridj, A., & Kebaili, A.** (2017). Characterization of Algerian honeys by their physicochemical properties according to the European Union standards. *Food Science and Technology*, 1(37), 199-205.
- Kahya, H. M., Sezen, U., Durak, M. Z., & Gökalp, H. M.** (2021). Comparative study of the monoamine oxidase inhibition activity of honey, propolis and pollen from Turkey. *Natural Product Research*, 35(9), 1414-1420
- Kayode, O. T., & Oyeyemi, O. T.** (2014). Comparative assessment of the biochemical properties of honey samples from *Apis mellifera* and *Trigona* sp. *Journal of Food Science*, 79(4), 557-562.
- Khalafi, R., Goli, S.A.H., Behjatian, M.**(2016). Characterization and classification of several monofloral Iranian honeys based on physicochemical properties and antioxidant activity. *Int. J. Food Prop.* 19 (5) : 1065-1079
- Khalil, M. I., Alam, N., Moniruzzaman, M., & Sulaiman, S. A.** (2012). Phenolic acid composition and antioxidant properties of Malaysian honeys. *Journal of Food Science and Technology*, 17(1), 167-172
- Koehler, M.** (2015). Étude des alcaloïdes présents dans les nectars et leur influence sur les pollinisateurs. *Revue de Biologie Écologique*, 12(2), 123-135.
- Koo, H., Hakim, J. A., Crossman, D. K., Crowley, M. R., Damania, A., Minard-Smith, A. T., ... & Oliver, R. L.** (2017). Comparative analysis of the microbiome of honey collected from different floral sources.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Journal of Food Research, 32(8), 1543-1552.

Küçük, M., Kolaylı, S., Karaoğlu, Ş., Ulusoy, E., Baltacı, C., & Candan, F. (2007). Biological activities and chemical

Wakman PH, te Velde AA, de Boer L, Speijer D, Vandenbroucke-Grauls CM, Zaat SA. (2010). "How honey kills bacteria." *FASEB Journal*, 24(7), 2576-2582. doi: 10.1096/fj.09-150789. Epub 2010 Mar 12. PMID: 20228250.

Kwakman, P. H., te Velde, A. A., de Boer, L., Vandenbroucke-Grauls, C. M., and Zaat, S. A. (2011). Two major medicinal honeys have different mechanisms of bactericidal activity. *PLoS ONE* 6:e17709.

Kwakman, P.H.S, Zaat., S.A.J. (2012). Antibacterial components of honey. *IUBMB Life*. 64(1): 48-55.

Laallam, H. (2018). Etude méliissopalynologique, physicochimique et antibactérienne de quelques échantillons de miels du Sud algérien, Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques, Université de Ouargla, 111 pages.

Laredj, H., Waffa, R. (2017). Microbiological and physicochemical characterization of honeys from the Tiaret Region of Algeria. *Asian J. Pharm. Res. Health Care*. 9(3) : 85-91.

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 Med. Vét. Université Claude Bernard, Lyon, 195p.

Linder K, Nicolau D, Nailor M. (2016). Predicting and preventing antimicrobial resistance utilizing pharmacodynamics: Part I Gram positive bacteria. *Expert Opin Drug Met.*;12:267–280.

Liu, J. R., Ye, Y. L., Lin, T. Y., Wang, Y. W., & Peng, C. C. (2013). Effect of floral sources on the antioxidant, antimicrobial, and anti-inflammatory activities of honeys in Taiwan. *Food Chemistry*, 139(1), 93-100.

Louveaux J. (1968). Composition propriété et technologie du miel. Les produits de la ruche, in *Traité de biologie de l'abeille*. Tome 03. Ed Masson et Cie. 389p.

Louveaux J., (1970). Atlas photographique d'analyse pollinique des miels. Tome III. Des annexes microphotographiques aux méthodes officielles d'analyse. Service de la répression des fraudes et du contrôle de la qualité, 24 pp.

Louveaux J. (1980). L'abeille et leur élevage. Hachette. Ed. Opida. Paris. 215p.

Louveaux, J., Abed, L. (1984). Les miels d'Afrique du Nord et leur spectre pollinique. *Apidologie* 1984.15 : 145-70.

Louveaux, J., Maurizio, A., Vorwohl, G. (1978). Methods of melissopalynology. *BeeWorld*.59(4) : 139-157

Lu, J., Turnbull, L., Burke, C.M., Liu, M., Carter, D.A., Schlothauer R.C., Whitchurch, CB., Harry, E.J. (2014). Manuka-type honeys can eradicate biofilms produced by *Staphylococcus aureus* strains with different biofilm-forming abilities. *Peer J*. 2, e326. doi :10.7717/peerj.326

Maddocks, S. E., & Jenkins, R. E. (2004). Honey : Healing in the wound. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 97(3), 148-149

MADR. (2019). Rapport annuel sur l'agriculture en Algérie. *Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural*, Algérie.

Mahendran, S., Kumarasamy, D. (2015). Antimicrobial activity of some honey samples against pathogenic bacteria. *International Letters of Natural Sciences*. 34:15–20

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Majtan, J.** (2018). Honey : An immunomodulatory agent in wound healing. *Wound Repair and Regeneration*, 16(3), 313-322
- Makhloufi, C., Kerkvliet, J. D., D'albore, G. R., Choukri, A., & Samar, R.** (2010). Characterization of Algerian honeys by palynological and physicochemical methods. *Apidologie*, 41(5), 509-521.
- Mandal, M. D., & Mandal, S.** (2011). Honey: its medicinal property and antibacterial activity. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 1(2), 154-160
- Marchenay, P., Berard, L.** (2007). *L'homme, l'abeille et le miel*. Edition De Borée, 223p
- Martinotti, S., Ranzato, E.** (2018). Review Honey, Wound Repair and Regenerative Medicine. *Journal of Functional Biomaterials*. 9(2), 34.
- Matzen, R.D., Leth Espensen, J.Z., Jansson, T., Nielsen, D.S., Lund, M.N., Matzen, S.** (2018). The antibacterial Effect in Vitro of Honey Derived from Various Danish Flora. *Dermatology Research and Practice*. Art 7021713. <https://doi.org/10.1155/2018/7021713>
- Maurizio, A.** (1975). Microscopy of honey. In: *Honey: A Comprehensive Survey* (Ed. E. Crane). Heinemann, London, pp. 240-57.
- Maurizio, A., & Louveaux, J.** (1970). Les constituants du miel : Études de la palynologie et de la composition chimique. *Bulletin Technique Apicole*, 12(1), 23-35.
- Melin, E., 2011.** Botanique apicole. Ecole d'Apiculture de la Région wallonne. 19 p.
- Merah M., Bensaci Bachagha M., Boudershem A.** (2010). Étude de l'effet antimicrobien de trois échantillons du miel naturel récoltés du territoire algérien. *Ann. Sci. Technol.* 2: 115-125. Mildenhall, D. C., Tremain, R., & Institute of Geological & Nuclear Sciences Limited. (2005). *Pollen analysis of New Zealand honey*. Institute of Geological and Nuclear Sciences.
- Moar, NT** 1985, 'Pollen analysis of New Zealand honey', *New Zealand Journal of Agricultural Research*, vol. 28, no. 1, pp. 39-70
- Molan, P. C.** (1992). The antibacterial activity of honey: 1. The nature of the antibacterial activity. *Bee World*, 73(1), 5-28
- Molan, P. C.** (1998). The role of honey in the management of wounds. *Journal of Wound Care*, 7(8), 423-426
- Molan, P. C.** (1999). Why honey is effective as a medicine: Its use in modern medicine. *Bee World*, 80(2), 80-92
- Molan, P. C.** (2001). Potential of honey in the treatment of wounds and burns. *American Journal of Clinical Dermatology*, 2(1), 13-19.
- Mouhoubi- Tafinine, Z., Ouchemoukh, S., Tamendjari A.** (2016). Antioxidant activity of some Algerian honey and propolis. *Indust Crop Prod.* 88 : 85-90.
- Nguyen, Huong Thi Lan, Stefan Kasapis, and Nitin Mantri.** (2021). "Physicochemical Properties and Effects of Honeys on Key Biomarkers of Oxidative Stress and Cholesterol Homeostasis in HepG2 Cells" *Nutrients* 13, no. 1: 151. <https://doi.org/10.3390/nu13010151>
- Olofsson, T. C., & Vásquez, A.** (2014). The lactic acid bacteria involved in the production of bee bread and honey from pollen. *International Journal of Food Microbiology*, 144(1), 152-156
- Oroian M, Ropciuc S,** Romanian honey authentication using voltammetric electronic tongue. Correlation of voltammetric data with physico-chemical parameters and phenolic compounds, *Computers and Electronics in Agriculture*, Volume 157, 2019, Pages 371-379, ISSN 0168-1699, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.01.008>.
- PAP-ENPARD-Algérie.** (2019). *Programme d'Appui à la Politique de Renouveau Agricole et Rural*. Report on Algerian honey exports.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Percival, M. S.** (1961). Types of nectar in angiosperms. *New Phytologist*, 60(3), 235-281.
- Persano, A. M., Bruneau, É., & Mutinelli, F.** (2004). Miel de miellat en Europe: Caractéristiques et diversité. *Apidologie*, 35(2), 85-93.
- Popek, S., Halagarda, M., & Domagala-Świątkiewicz, I.** (2017). Antioxidant activity and mineral elements in honey from organic and conventional beekeeping. *Journal of Food Research*, 5(6), 121-129.
- Prost, P. J.** (1979). *Apiculture: connaissance de l'abeille, conduite du rucher*. 3e édition. Lavoisier.
- Prost, P. J.** (1987). *Apiculture: Connaissances actuelles et techniques appliquées*. Paris: Maison Rustique
- Quezel, P., & Santa, S.** (1962). *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*. CNRS Éditions.
- Rabiet, P.** (1984). *Flore mellifère de France*. Institut National de la Recherche Agronomique (INRA).
- Radja, D.S., Homrani, M., Dahou, A.A., Haddad, A., Rechidi, N. and Homrani, A.** (2022). Identification and Antibacterial Activity of Lactobacillus Isolated from Different Raw Honey in Mostaganem Province, Algeria. *Asian Journal of Dairy and Food Research*. DOI:10.18805/ajdfr.DRF-264
- Reille, M., & Pons, A.** (1990). Analyse pollinique et reconstitution des paléo-environnements. *Revue Palynologie et Paléoécologie*, 21(4), 205-223.
- Rossant, S.** (2011). Les performances des abeilles dans la récolte du nectar et leur influence sur la production de miel. *Revue Française d'Apiculture*, 9(1), 33-42.
- Sana, M.** (2017). *Le pouvoir rotatoire du miel et son importance dans l'apiculture*. Apiculteur Magazine.
- Santos Filipe, M., Kowalczyk, T., Kukula-Koch, W., Wiecefinska, J., Bangay, G., Diaz-Lanza, A. M., Cardoso, R. V. C., Mandim, F., I. Falcoo, S., Vilas-Boas, M., Alwiski, T., Sitarek, P., et R-jo, P.** (2024). Évaluation de la qualité, des propriétés physico-chimiques et des activités biologiques du miel de Centaurea en provenance de Turquie. *Food Bioscience*, 62, article 105028. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.105028>
- Sanz, M. L., Polemis, N., Morales, V., Corzo, N., Drakoularakou, A., Gibson, G. R., & Rastall, R. A.** (2005). In vitro investigation into the potential prebiotic activity of honey oligosaccharides. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(8), 2914-2921
- Shafiei, Z., Vahedi, H., Farhadian, A., & Mehraban, A.** (2020). Caractérisation physico-chimique des miels monofloraux. *Revue des Sciences de l'Apiculture*, 12(3), 122-131
- Shapla, U.M., Solayman, M., Alam, N., Ibrahim, KMD., Hua Gan, S.** (2018). 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) levels in honey and other food products: effects on bees and human health. *Chemistry Central Journal* 12, 35. <https://doi.org/10.1186/s13065-018-0408-3>
- Singleton, V.L., Rossi, J.A.** (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3) : 144-158.
- Sherlock, O., Dolan, A., Athman, R., Power A, Gethin., G, Cowman, S., Humphreys, H.** (2010). Comparison of the antimicrobial activity of Ulmo honey from Chile and Manuka honey against methicillin-resistant Staphylococcus aureus, Escherichia coli and pseudomonas aeruginosa. *BMC Complement Altern Med.*, 10: 47. doi:10.1186/1472-6882-10-4
- Silici, S., Gökçeoglu, M.** (2007). Pollen analysis of honeys from Mediterranean region of Anatolia. *Grana*. 46:57-64.
- Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventos, R. M.** (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 152-178.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Skender, K.** (1972). Situation actuelle de l'apiculture algérienne et ses possibilités de développement. Memoire. Ing. Insti Nati Agro, El-Harrach. pp 12-54
- Terrab, A., Heredia F.J.**(2004).Characterization of avocado (*Persea americana* Mill) honeys by their physicochemical characteristics. *J. Sci. Food Agric.* 84 : 1801–1805.
- Tossou, M. G., Yedomonhan, H., Azokpota, P., Akoegninou, A., Doubogan, P., & Akpagana K.** (2011).Analyse pollinique et caractérisation phytogéographique des miels vendus à Cotonou (Bénin). Cahier d'Agriculture. 20 :500-508
- UNAF (Union Nationale de l'Apiculture Française).** (2011). La qualité des miels issus de miellats: Étude comparative. *Bulletin Technique Apicole*, 44(4), 57-63.
- White, J., Subers, M., & Schepartz, A.** (2021). *Composition of honey: Effect on crystallization and texture.* *Bee Research Journal*, 10(4), 201-210.
- Winston, M. L.** (2019). *The biology of the honey bee.* Harvard University Press.
- Yaghoobi, R., Kazerouni, A., & Kazerouni, O.** (2013). Evidence for clinical use of honey in wound healing as an antibacterial, anti-inflammatory, antioxidant, and antiviral agent: A review. *Journal of Evidence-Based Complementary & Alternative Medicine*, 18(4), 269-278
- Zander, E.** (1935). Beiträge zur Herkunftsbestimmung bei Honig, Band I: Pollengestaltung und Herkunftsbestimmung bei Blütenhonig mit besonderer Berücksichtigung des deutschen Trachtgebietes, Verlag der ReichsfachgruppeImker e.V., Berlin.
- Zerrouk S., Bahloul R.** (2023) ; Palynological and physicochemical properties of multifloral honey produced in some regions of Algeria. *J. Apic. Res* : 62:345–354. doi: 10.1080/00218839.2020.1856559
- Zerrouk, S., Seijo, M.K., Boughediri, L., Escuredo, O., Rodríguez-Flores, M.C.**(2014).Palynological characterisation of Algerian honeys according to their geographical and botanical origin. *Grana Journal*. 53(2): 147-158.

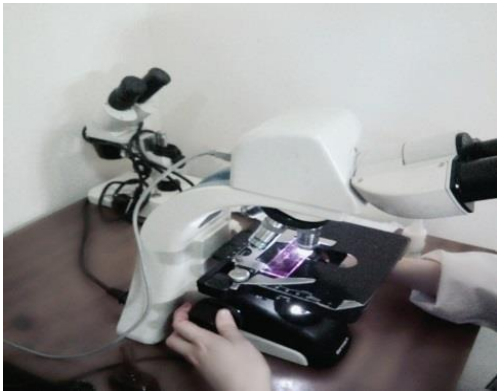
Annexes

Annexe 01

Matériel utilisé

Tableau 8: Appareillage, verreries, réactifs et milieu de culture utilisés

| Appareillage | Verrerie | |
|---|--|----------|
| Agitateur magnétique Autoclave Balance analytique Bain marie Bec Bunsen Dessiccateur Etuve pH-mètre (HANNA) Conductimètre (ADWA) Thermomètre électronique Réfractomètre Microscope optique Spectrophotomètre UV-visible | Béchers Boîte de Pétri Eprouvette Pipette graduée Spatules Tubes à essais | |
| Réactifs et solutions | Milieu Bouillon Nutritif : Pour les cultures jeunes des bactéries pathogènes | |
| Eau distillée - Hydroxyde de sodium (NaOH) 0,1N. - Solution carrez - Solution carrez II - Bisulfite de sodium (0,2%) | Compostant | Quantité |
| | Extrait de viande | 1g |
| | Extrait de levure | 2g |
| | Peptone | 5g |
| | Chlorure de sodium | 5g |
| | Eau distillée q.s.p | 1000ml |
| | pH=7 / Autoclavage: 120°C pendant 20 minutes | |



Microscope optique



PH mètre



Conductimètres



Autoclave



Vortex



Agitateur

Annexe02

Tableau 9: : Table de CHATAWAY (1935)

| Teneur en eau (%) | Indice de réfraction (20°C) | Teneur en eau (%) | Indice de réfraction(20°C) | Teneur en eau (%) |
|-------------------|-----------------------------|-------------------|----------------------------|-------------------|
| 13.0 | 1.4935 | 17.2 | 1.4835 | 21.2 |
| 13.2 | 1.4930 | 17.4 | 1.4830 | 21.4 |
| 13.4 | 1.4925 | 17.6 | 1.4825 | 21.6 |
| 13.6 | 1.4920 | 17.8 | 1.4820 | 21.8 |
| 13.8 | 1.4915 | 18.0 | 1.4815 | 22.0 |
| 14.0 | 1.4910 | 18.2 | 1.4810 | 22.2 |
| 14.2 | 1.4905 | 18,4 | 1.4805 | 22.4 |
| 14.4 | 1.4900 | 18.6 | 1.4800 | 22.6 |
| 14.6 | 1.4895 | 18.8 | 1,4795 | 22.8 |
| 14.8 | 1.4890 | 19.0 | 1.4790 | 23.0 |
| 15.0 | 1.4885 | 19.2 | 1.4785 | 23.2 |
| 15,2 | 1.4880 | 19.4 | 1.4780 | 23.4 |
| 15.4 | 1.4875 | 19.6 | 1.4775 | 23.6 |
| 15.6 | 1.4870 | 19.8 | 1.4770 | 23.8 |
| 15.8 | 1.4865 | 20.0 | 1.4765 | 24.0 |
| 16.0 | 1.4860 | 20.2 | 1.4760 | 24.2 |
| 16.2 | 1.4855 | 20.4 | 1.4755 | 24.4 |
| 16.4 | 1.4850 | 20.6 | 1.4750 | 24.6 |
| 16.6 | 1.4845 | 20.8 | 1.4745 | 24.8 |
| 16.8 | 1.4840 | 21.0 | 1.4740 | 25.0 |
| 17.0 | | | | |

Annexe 03

Tableau 10 : Spectre pollinique desmiels étudiés

| Famille | Pollen type | Valeur Apicole | E1 | E2 | E3 | E13 | E14 | E20 | E24 | E25 |
|------------------------|--------------------------------|----------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|
| Acanthaceae | <i>Justicia t</i> | N, P | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,4 |
| Anacardiaceae | <i>Pistacia</i> | P | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,9 | 0,0 | 0,0 | 0,4 | 0,0 |
| Apiaceae | <i>Apium nodiflorum t</i> | N, P | 1,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2,7 | 0,0 | 0,2 |
| Apiaceae | <i>Coriandrum sativum t</i> | N, P | 2,1 | 0,0 | 0,0 | 2,4 | 4,3 | 1,3 | 0,4 | 5,3 |
| Apiaceae | <i>Eryngium campestre t</i> | N, P | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,9 | 6,6 | 1,3 | 1,2 | 0,0 |
| Apiaceae | <i>Foeniculum vulgare t</i> | N, P | 7,0 | 0,0 | 0,0 | 3,4 | 1,5 | 0,2 | 10,7 | 9,6 |
| Apiaceae | <i>Pimpinella anisum t</i> | N, P | 4,9 | 0,0 | 0,0 | | | | 0,0 | 1,3 |
| Apiaceae | <i>Thapsia garganica</i> | N, P | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,0 | 0,2 | 0,0 | 4,5 |
| Apiaceae | Other Apiaceae | N, P | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,7 | 0,0 | 0,2 | 0,3 | 0,0 |
| Compositae | <i>Artemisia t</i> | N, P | 11,3 | 0,0 | 0,0 | 0,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Compositae | <i>Carduus t</i> | N, P | 7,7 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,4 | 0,2 |
| Compositae | <i>Centaurea t</i> | N, P | 1,4 | 1,5 | 0,0 | 0,4 | 3,0 | 0,0 | 0,7 | 0,0 |
| Compositae | <i>Chrysanthemum t</i> | N, P | 0,0 | 2,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | | 0,0 |
| Compositae | <i>Scorzonera t</i> | N, P | 0,0 | 0,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,4 | 0,0 |
| Compositae | <i>Taraxacum officinale t</i> | N, P | 0,0 | 0,8 | 0,0 | 0,0 | 0,8 | 0,0 | 0,4 | 0,2 |
| Compositae | <i>Cichorium t</i> | N, P | 0,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 5,1 | 0,0 | 0,0 | 0,4 |
| Compositae | <i>Ambrosia t</i> | N, P | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,3 | 0,0 | 0,0 |
| Compositae | Other Compositae | N, P | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 0,0 |
| Boraginaceae | <i>Borago officinalis</i> | N, P | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,4 | 0,0 |
| Boraginaceae | <i>Echium</i> | N, P | 0,0 | 1,5 | 0,0 | 0,1 | 6,8 | 0,3 | 1,2 | 0,2 |
| Boraginaceae | Other Boraginaceae | N, P | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Brassicaceae | <i>Brassica napus t</i> | N, P | 9,9 | 0,8 | 0,0 | 0,1 | 1,1 | 3,6 | 1,1 | 4,7 |
| Brassicaceae | <i>Sinapis alba t</i> | N, P | 0,0 | 0,8 | 0,0 | 0,9 | 0,0 | 0,3 | 3,2 | 0,0 |
| Brassicaceae | <i>Raphanus rapahnistrum t</i> | N, P | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,6 | | 0,0 |
| Brassicaceae | Other Brassicaceae | N, P | 0,0 | 2,3 | 0,0 | 0,3 | 0,4 | 0,0 | 1,8 | 0,0 |
| Buxaceae | <i>Buxus sempervirens</i> | P | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,8 | 0,0 | 0,4 | 0,0 |
| Caryophyllaceae | <i>Paronychia argentea t</i> | P | 0,0 | 1,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | | 0,0 |
| Casuarinaceae | <i>Casuarina</i> | P | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,2 | | 0,0 |
| Chenopodiaceae | <i>Chenopodium t</i> | N, P | 4,9 | 0,8 | 0,0 | 1,5 | 0,0 | 0,0 | | 0,2 |

| | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------------------------------|------|---------|---------|--------|----------|----------|----------|--------|---------------|
| Cistaceae | <i>Cistus</i> | P | 0,0 | 0,8 | 0,0 | 1,2 | 0,4 | 0,0 | | 0,4 |
| Convolvulaceae | <i>Convolvulus</i> | N, P | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,8 | 0,2 |
| Cucurbitaceae | <i>Bryonia cretica</i> | N, P | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Ephedraceae | <i>Ephedra</i> | N, P | 0,0 | 0,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Euphorbiaceae | <i>Chrozophora tinctoria</i> | N, P | 0,0 | 0,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Euphorbiaceae | <i>Euphorbia t</i> | N, P | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,2 |
| Leguminosae | <i>Acacia</i> | P | 0,0 | 7,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Leguminosae | <i>Ceratonia siliqua</i> | N, P | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,6 | 0,2 | 0,5 | 0,0 | 0,0 |
| Leguminosae | <i>Galega officinalis</i> | N, P | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,1 | 0,0 |
| Leguminosae | <i>Genista t</i> | N, P | 0,0 | 11,5 | 0,0 | 0,6 | 2,6 | 0,0 | 23,2 | 0,9 |
| Leguminosae | <i>Hedysarum coronarium</i> | N, P | | 12,2 | 0,0 | 2,5 | 1,7 | 0,0 | 0,4 | 0,7 |
| Leguminosae | <i>Lotus t</i> | N, P | 0,0 | 0,8 | 4,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | | 0,0 |
| Leguminosae | <i>Melilotus t</i> | N, P | 0,0 | 0,0 | | 0,0 | 0,4 | 0,0 | 3,2 | 2,4 |
| Leguminosae | <i>Trifolium repens t</i> | N, P | 0,0 | 0,0 | 13,0 | 0,0 | 0,6 | 0,2 | 0,0 | 0,4 |
| Leguminosae | <i>Onobrychis</i> | N, P | 0,0 | 0,0 | | 0,0 | 1,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Fagaceae | <i>Quercus</i> | P | 2,1 | 0,0 | | 0,0 | 0,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Lamiaceae | <i>Rosmarinus officinalis t</i> | N, P | 0,0 | 0,0 | | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 0,2 |
| Lamiaceae | <i>Thymus t</i> | N, P | 0,0 | 0,0 | | 0,9 | 0,0 | 0,3 | 0,0 | 1,8 |
| Lamiaceae | Other Lamiaceae | N, P | 0,0 | 0,0 | | 0,0 | 0,0 | 2,6 | 0,0 | 0,0 |
| Asparagaceae | <i>Muscari comosum</i> | N, P | 0,0 | 0,0 | | 0,9 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,4 |
| Myrtaceae | <i>Leptospermum Scoparium</i> | | | | 70,0 | | | | | |
| Myrtaceae | <i>Eucalyptus</i> | N, P | 23,2 | 32,1 | 1,2 | 3,1 | 1,3 | 0,8 | 0,7 | 43,0 |
| Oleaceae | <i>Olea europaea</i> | P | 0,7 | 3,4 | | 5,5 | 4,2 | 0,2 | 19,0 | 0,2 |
| Arecaceae | <i>Chamaerops</i> | P | 0,0 | 0,0 | | 0,9 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,7 |
| Arecaceae | <i>Phoenix dactylifera</i> | P | 0,0 | 2,7 | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,1 | 0,0 |
| Papaveraceae | <i>Papaver rhoeas t</i> | P | 0,0 | 10,8 | | 0,6 | 1,9 | 0,2 | 0,0 | 3,1 |
| Plantaginaceae | <i>Plantago</i> | N, P | 0,0 | 0,0 | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,4 | 1,6 |
| Poaceae | Poaceae | P | 0,0 | 0,0 | | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,4 | 0,0 |
| Lythraceae | <i>Punica granatum</i> | N, P | 0,0 | 0,0 | | 1,5 | 0,0 | 0,0 | 2,1 | 0,4 |
| Rhamnaceae | <i>Ziziphus lotus</i> | N, P | 16,2 | 0,0 | | 59,0 | 41,5 | 75,0 | 1,1 | 12,0 |
| Rosaceae | | N, P | 0,0 | 0,0 | 1,0 | 0,0 | 0,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Rutaceae | <i>Citrus</i> | N, P | 0,0 | 0,0 | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 20,9 | 0,0 |
| Salicaceae | <i>Salix</i> | N, P | 0,0 | 0,0 | 2,3 | 0,0 | 0,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Tamaricaceae | <i>Tamarix</i> | N, P | 0,7 | 0,0 | | 3,6 | 6,2 | 0,3 | 0,6 | 0,2 |
| Nitrariaceae | <i>Peganum harmala</i> | N, P | 0,0 | 0,0 | | 2,4 | 0,0 | 2,4 | 0,0 | 0,0 |
| Boraginaceae | <i>Phacelia</i> | N, P | 0,0 | 0,0 | | 0,0 | 1,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| autres | Autres | N, P | 5,6 | 3,3 | 8,0 | 0,9 | 0,9 | 5,0 | 1,7 | 0,0 |
| | Total (%) | | 100 | 100 | 100,0 | 100 | 100 | 100 | 100,0 | 0,0 |
| | Origine botanique | | Miellat | Miellat | Manuka | Jujubier | Jujubier | Jujubier | Agrume | Toutes fleurs |
| | Nombre de types polliniques | | 15,0 | 21,0 | 7 | 30,0 | 28,0 | 24,0 | 29 | 30,0 |

P : Pollinifères ; N : Nectarifère

Annexe 4

Tableau11: Résultats des analyses physicochimiques

| Miel | pH | Humidité (%) | Conductivité (mS /cm) | HMF (mg/Kg miel) |
|------|-------|--------------|-----------------------|------------------|
| E1 | 4,51 | 15,4 | 1,904 | 10,01 |
| E2 | 4,9 | 20,2 | 0,971 | 4,53 |
| E3 | 4,345 | 16,6 | 0,484 | 3,18 |
| E4 | 4,22 | 13,4 | 0,511 | |
| E5 | 3,93 | 14,8 | 0,649 | 6,50 |
| E6 | 3,835 | 16,2 | 0,636 | 4,56 |
| E7 | 4,045 | 14,6 | 0,953 | |
| E8 | 3,7 | 13 | 0,772 | 7,13 |
| E9 | 4,015 | 15,8 | 0,610 | |
| E10 | 3,675 | 14,6 | 0,634 | 4,67 |
| E11 | 3,555 | 19,4 | 0,597 | 6,20 |
| E12 | 3,4 | 14,6 | 0,515 | 9,67 |
| E13 | 3,995 | 14,2 | 0,700 | |
| E14 | 3,955 | 15,2 | 0,309 | 11,57 |
| E15 | 4,36 | 14,4 | 0,515 | 2,53 |
| E16 | 3,83 | 14,8 | 0,405 | 6,73 |
| E17 | 3,705 | 16,2 | 0,284 | |
| E18 | 3,805 | 15,4 | 0,519 | 7,83 |
| E19 | 3,395 | 14,6 | 0,473 | 12,43 |
| E20 | 4,075 | 16,2 | 0,269 | 74,55 |
| E21 | 4,18 | 14,2 | 0,217 | 32,02 |
| E22 | 4,435 | 14,4 | 0,502 | 0,92 |
| E23 | 3,58 | 14,6 | 0,639 | 28,11 |
| E24 | 3,995 | 16,2 | 0,107 | |