

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة باجي مختار - عنابة

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR – ANNABA

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE BIOCHIMIE



LABORATOIRE DE BIOCHIMIE ET DE TOXICOLOGIE ENVIRONNEMENTALE

THÈSE

En vue de l'obtention du diplôme de DOCTORAT ES SCIENCES

Spécialité : Biochimie

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Thème

**Caractérisations physicochimiques et propriétés  
Biologiques des miels et des produits de la ruche  
(cas de la Numidie Orientale)**

Présentée par : M. CHETTOUM Ahmed

**Membres du Jury**

<b>Président</b>	M. LADJAMA Ali	Professeur, Université Badji Mokhtar - Annaba
<b>Directeur de thèse</b>	M. BOUMENDJEL Mahieddine	Professeur, Université Badji Mokhtar - Annaba
<b>Co-directrice de thèse</b>	Mme FEKNOUS Nesrine	Maître de Conférences A, Université Chadli Bendjedid El-Tarf
<b>Examinatrice</b>	Mme HENNOUNI Nacera	Maître de Conférences A, Université Chadli Bendjedid El-Tarf
<b>Examineur</b>	M. BADOUNA Bahaeddine	Maître de Conférences A, Université Mohamed Cherif Messadia Souk Ahras

Année universitaire : 2024/2025

## Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail de recherche à la mémoire de mes feu-parents qui ont toujours soutenu mes efforts durant mes années d'études et qui ont toujours été un leitmotiv pour tous mes projets professionnels et personnels... Que Dieu les accueille dans son vaste Paradis.*

*Je dédie également ce travail à ma petite famille. À ma chère épouse Nadia, ainsi qu'à nos enfants : Mohamed Takjeddine, Hatem, Zineddine Djamel, Sadjed, Nada El Kaouter. Qu'ils trouvent ici le témoignage de mon profond amour.*

## Remerciements

Avant tout je remercie Allah, le Tout Puissant, le Tout Miséricordieux, de m'avoir donné la force, la patience et le courage de terminer cette thèse de doctorat.

Je remercie mes directeurs de thèse, les Professeurs **BOUMENDJEL Mahieddine** et **FEKNOUS Nesrine**, du Département de Biochimie de l'Université Badji Mokhtar Annaba, de m'avoir orienté et inspiré durant les années de recherche, insufflant de pensées positives dans mon parcours de recherche et m'orientant à bon port pour finaliser cette thèse. Leurs encouragements et leur témérité m'ont été salutaires pour clôturer ce modeste travail. Qu'ils trouvent ici le témoignage de mes plus sincères remerciements.

Je remercie le Professeur **LADJAMA Ali**, professeur au département de biochimie de l'Université Badji Mokhtar Annaba, d'avoir accepté de présider et d'examiner ce travail. Qu'il trouve ici le témoignage de mes profonds respects pour tout ce qu'il a apporté à la science ! Votre encadrement en Magister m'a été d'un grand apport scientifique et méthodologique.

Je remercie également le Docteur **HENNOUNI Nacera**, Maître de Conférences au Département des Sciences Agronomiques de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université Chadli Bendjedid El-Tarf, d'avoir accepté d'examiner mon modeste travail. Je la salue pour sa disponibilité et la remercie d'avoir consacré du temps à la lecture de ma thèse.

Je remercie également le Docteur **BADOUNA Bahaeddine**, Maître de Conférences au Département des Sciences Agronomiques de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université Mohamed Cherif Messadia de Souk Ahras, d'avoir accepté d'examiner mon modeste travail. Je le remercie pour sa disponibilité et le temps consacré à la lecture de ma thèse.

Je remercie également le Professeur **MESSARAH Mahfoud**, Directeur du Laboratoire de Recherche de Biochimie et de Toxicologie Environnementale, de la Faculté des Sciences de l'Université Badji Mokhtar Annaba, d'avoir réveillé en moi le désir de poursuivre mes recherches en thèse de doctorat et de m'avoir accueilli au sein de son laboratoire. Toujours égal à lui-même depuis que nous nous sommes connus jeunes étudiants... son amour pour la science n'a d'égal que ses qualités humaines. Merci cher professeur !

Je remercie enfin toute personne ayant participé ou aidé de près ou de loin à la réalisation de cette thèse. Leur collaboration m'a été d'une grande aide durant mes années de thèse.

## Résumé

Le miel, produit naturel connu depuis l'Antiquité, est apprécié non seulement pour ses qualités nutritionnelles mais aussi pour ses nombreuses vertus thérapeutiques, notamment ses propriétés antibactériennes, antioxydantes et cicatrisantes. Toutefois, des défis subsistent quant à la qualité du miel disponible sur le marché, en raison des risques de fraudes, tels que l'adultération avec des sirops de sucre, et de contaminations par des pesticides. Cette recherche s'inscrit dans cette problématique en évaluant la qualité physicochimique, la composition en bioactifs et l'activité antibactérienne de miels locaux, avec pour objectif d'en confirmer les potentiels thérapeutiques et de vérifier la possibilité de les certifier Bio. Les paramètres physicochimiques ont été mesurés incluant la teneur en eau, le pH, la conductivité électrique et la concentration en sucres. Ces tests permettent de vérifier la conformité du miel aux normes de qualité. Deuxièmement, la chromatographie liquide haute performance (HPLC) a été utilisée pour identifier et quantifier les composés phénoliques, tels que les flavonoïdes, reconnus pour leurs propriétés antioxydantes. Enfin, des tests d'activité antibactérienne ont été réalisés sur différentes souches bactériennes, afin de déterminer la capacité inhibitrice du miel à différentes concentrations. Les miels analysés présentent une teneur en eau variant entre 14 % et 20 %, avec un pH moyen de 3,9, conforme aux standards internationaux. La conductivité électrique moyenne mesurée est de 0,3 mS/cm, indiquant un bon indice de pureté. L'analyse des sucres a révélé une composition majoritairement constituée de fructose (38 %) et de glucose (32 %), ce qui correspond aux valeurs attendues pour un miel de qualité. L'HPLC a permis d'identifier des concentrations élevées de composés phénoliques, avec des niveaux de flavonoïdes allant jusqu'à 70 mg/kg, ces derniers étant fortement corrélés aux propriétés antioxydantes du miel. En ce qui concerne l'activité antibactérienne, les tests ont montré une inhibition significative de la croissance bactérienne. Pour *Staphylococcus aureus*, la zone d'inhibition atteignait 70 % avec une concentration de miel de 50 %, tandis que pour *Escherichia coli*, l'inhibition était de 50 % à la même concentration. Ces résultats confirment l'efficacité du miel en tant qu'agent antibactérien naturel, avec une meilleure efficacité contre les bactéries Gram-positives. L'étude met également en lumière les avantages du miel biologique, qui se distingue par une absence totale de résidus de pesticides, contrairement aux miels conventionnels. Ce constat souligne l'importance des pratiques apicoles durables et des méthodes de certification strictes pour assurer la qualité des produits destinés à la consommation humaine. En conclusion, cette recherche a permis de confirmer les qualités thérapeutiques du miel, en particulier son activité antibactérienne et sa richesse en composés bioactifs, tout en mettant en évidence l'importance de la qualité physicochimique pour garantir ses bienfaits pour la santé. Ces résultats ouvrent des perspectives intéressantes pour le développement de nouveaux produits à base de miel dans les domaines de la santé et de la cosmétique.

**Mot-clés :** Miel, Activité antibactérienne, Propriétés physicochimiques, Flavonoïdes, Chromatographie liquide haute performance (HPLC), Apiculture biologique, Phénols, Qualité alimentaire, Antioxydants, Certification Bio.

## Abstract

Honey, a natural product known since antiquity, is valued not only for its nutritional qualities but also for its numerous therapeutic properties, including antibacterial, antioxidant, and wound-healing effects. However, challenges remain regarding the quality of honey available on the market due to the risks of fraud, such as adulteration with sugar syrups, and contamination by pesticides. This research addresses these concerns by evaluating the physicochemical quality, bioactive composition, and antibacterial activity of local honey, with the aim of confirming its therapeutic potential and verifying its suitability for organic certification. Physicochemical parameters, including water content, pH, electrical conductivity, and sugar concentration, were measured to assess the compliance of the honey with quality standards. Secondly, high-performance liquid chromatography (HPLC) was employed to identify and quantify phenolic compounds, such as flavonoids, known for their antioxidant properties. Finally, antibacterial activity tests were carried out on different bacterial strains, to determine the inhibitory capacity of honey at various concentrations. The analyzed honey samples showed water content ranging from 14% to 20%, with an average pH of 3.9, in line with international standards. The average electrical conductivity was measured at 0.3 mS/cm, indicating a good purity index. Sugar analysis revealed a composition predominantly of fructose (38%) and glucose (32%), which aligns with expected values for high-quality honey. HPLC identified high concentrations of phenolic compounds, with flavonoid levels reaching up to 70 mg/kg, which are strongly correlated with the honey's antioxidant properties. Regarding antibacterial activity, the tests demonstrated significant bacterial growth inhibition. For *Staphylococcus aureus*, the inhibition zone reached 70% with a honey concentration of 50%, while for *Escherichia coli*, inhibition was 50% at the same concentration. These results confirm the efficacy of honey as a natural antibacterial agent, with greater effectiveness against Gram-positive bacteria. The study also highlights the benefits of organic honey, which showed no traces of pesticide residues, unlike conventional honey. This finding underscores the importance of sustainable beekeeping practices and strict certification methods to ensure the quality of honey products for human consumption. In conclusion, this research confirmed the therapeutic qualities of honey, particularly its antibacterial activity and richness in bioactive compounds, while emphasizing the importance of physicochemical quality to guarantee its health benefits. These results open interesting prospects for the development of new honey-based products in the fields of health and cosmetics.

**Keywords:** Honey, Antibacterial activity, Physicochemical properties, Flavonoids, High-performance liquid chromatography (HPLC), Organic beekeeping, Phenols, Food quality, Antioxidants, Organic Bio certification.

## ملخص

العسل، منتج طبيعي معروف منذ العصور القديمة، يُقدَّر ليس فقط لجودته الغذائية ولكن أيضًا لفوائده العلاجية المتعددة، بما في ذلك خصائصه المضادة للبكتيريا، المضادة للأكسدة، والشفافية للجروح. ومع ذلك، تظل هناك تحديات بشأن جودة العسل المتاح في السوق بسبب مخاطر الغش، مثل خلطه بشراب السكر، والتلوث بالمبيدات. تهدف هذه الدراسة إلى معالجة هذه المخاوف من خلال تقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية، وتكوين المركبات الحيوية، والنشاط المضاد للبكتيريا للعسل المحلي، بهدف تأكيد فوائده العلاجية والتحقق من إمكانية تصنيفه كمنتج عضوي. تم قياس المعايير الفيزيائية والكيميائية، بما في ذلك محتوى الماء، ودرجة الحموضة (pH)، والتوصيل الكهربائي، وتركيز السكريات، لتقييم مدى امتثال العسل لمعايير الجودة. ثانيًا، تم استخدام تقنية الكروماتوغرافيا السائلة عالية الأداء (HPLC) لتحديد وقياس المركبات الفينولية مثل الفلافونويدات، المعروفة بخصائصها المضادة للأكسدة. أخيرًا، تم إجراء اختبارات للنشاط المضاد للبكتيريا على سلالات بكتيرية مختلفة، بهدف تحديد القدرة التثبيطية للعسل عند تراكيز مختلفة. أظهرت عينات العسل التي تم تحليلها أن محتوى الماء يتراوح بين 14% و20%، بمتوسط درجة حموضة 3.9، وهو ما يتوافق مع المعايير الدولية. وبلغ متوسط التوصيل الكهربائي 0.3 ميلي سيمنز/سم، مما يدل على مؤشر جيد للنقاء. وكشفت تحليلات السكريات عن تركيبة تحتوي بشكل رئيسي على الفركتوز بنسبة 38% والجلوكوز بنسبة 32%، مما يتماشى مع القيم المتوقعة للعسل ذي الجودة العالية. وأظهرت تقنية HPLC تركيزات عالية من المركبات الفينولية، حيث وصلت مستويات الفلافونويدات إلى 70 ملغ/كغ، وهذه الأخيرة مرتبطة بشكل قوي بخصائص العسل المضادة للأكسدة. وفيما يتعلق بالنشاط المضاد للبكتيريا، أظهرت الاختبارات تثبيطًا ملحوظًا لنمو البكتيريا. بالنسبة لسلسلة *Staphylococcus aureus*، بلغت نسبة التثبيط 70% عند تركيز 50% من العسل، بينما بلغت 50% لسلسلة *Escherichia coli* عند نفس التركيز. تؤكد هذه النتائج فعالية العسل كعامل مضاد للبكتيريا طبيعي، مع فعالية أكبر ضد البكتيريا موجبة الجرام. كما تُبرز الدراسة فوائد العسل العضوي، الذي لم يُظهر أي آثار لمخلفات المبيدات، على عكس العسل التقليدي. ويؤكد هذا الاكتشاف على أهمية ممارسات تربية النحل المستدامة وطرق التصديق الصارمة لضمان جودة منتجات العسل الموجهة للاستهلاك البشري. في الختام، أكدت هذه الدراسة على الخصائص العلاجية للعسل، خاصة نشاطه المضاد للبكتيريا وغناه بالمركبات الحيوية، مشيرةً إلى أهمية الجودة الفيزيائية والكيميائية لضمان فوائده الصحية. وتفتح هذه النتائج آفاقًا جديدة لتطوير منتجات جديدة قائمة على العسل في مجالات الصحة والتجميل.

**الكلمات المفتاحية:** العسل، النشاط المضاد للبكتيريا، الخصائص الفيزيائية والكيميائية، الفلافونويدات، الكروماتوغرافيا السائلة عالية الأداء (HPLC)، تربية النحل العضوية، الفينولات، جودة الغذاء، مضادات الأكسدة، الشهادة العضوية.

## Liste des figures

FIGURE 1. EXEMPLES DE QUELQUES ABEILLES SOLITAIRES PRODUCTRICES DE MIEL .....	6
FIGURE 2. ABEILLES SOCIALES PRODUCTRICES DE MIEL .....	6
FIGURE 3. ORIGINE DU MIEL DE NECTAR DE FLEUR ET DE MIELLAT (PROST, 1987).....	7
FIGURE 4. EXTRACTION DU MIEL PAR PRESSION .....	8
FIGURE 5. EXTRACTION DU MIEL PAR CENTRIFUGATION.....	9
FIGURE 6. SCHEMA DES ORGANES REPRODUCTEURS D'UNE FLEUR.....	9
FIGURE 7. COMPOSITION CHIMIQUE MOYENNE DES MIELS (BRUNEAU, 2002) .....	11
FIGURE 8. PRINCIPAUX GLUCIDES DU MIEL .....	13
FIGURE 9. STRUCTURE DE L'ALPHA-GLUCOSIDASE (A GAUCHE) ET DE L'ALPHA-AMYLASE (A DROITE).....	14
FIGURE 10. PRINCIPAUX POLYPHENOLS DU MIEL .....	15
FIGURE 11. ACIDES ORGANIQUES RETROUVES DANS LE MIEL .....	16
FIGURE 12. STRUCTURE DE L'HYDROXYMETHYLFURFURAL HMF .....	17
FIGURE 13. REFRACTOMETRE UNIVERSEL D'ABBE MODERNE.....	20
FIGURE 14. POLARIMETRE DE LAURENT.....	20
FIGURE 15. REACTION CATALYSEE PAR LA GLUCOSE OXIDASE ET GENERATION DE PEROXIDE D'HYDROGENE.....	28
FIGURE 16. STRUCTURE CHIMIQUE DE METHYLGLYOXAL (MGO) .....	29
FIGURE 17. PRODUCTION DE MIEL NATUREL A TRAVERS LE MONDE (FAO, 2024).....	31
FIGURE 18. PRODUCTION DU MIEL NATUREL EN AFRIQUE DU NORD.....	32
FIGURE 19. PRODUCTION DE MIEL NATUREL EN ALGERIE.....	33
FIGURE 20. LOCALISATION DES EXPLOITATIONS APICOLES DANS CINQ REGIONS DE COLLO .....	55
FIGURE 21. SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA COMMUNE DE SERAÏDI, WILAYA D'ANNABA .....	56
FIGURE 22. COUVERTURE VEGETALE DANS LA ZONE DE BUTINAGE DES ABEILLES D'EXPLOITATION DE ZRIBA .....	56
FIGURE 23. ABEILLES <i>APIS MELLIFERA INTERMISSA</i> SUR UNE CADRE.....	57
FIGURE 24. LOGO DE L'UNION EUROPEEN (RCE, 2018).....	59
FIGURE 25. LOGO D'AGRICULTURE BIOLOGIQUE D'USA (A) ; LOGO DE NOP (B).....	59
FIGURE 26. LOGO DE PRODUCTION BIOLOGIQUE AUSTRALIEN (ACOS STANDARD, 2017) .....	60
FIGURE 27. LOGO DE DEMETER (HERAULT, 2018).....	60
FIGURE 28. LOGO DE NATURE & PROGRES (NATURE ET PROGRES, 2016).....	61
FIGURE 29. LOGO DE BIO COHERENCE (BIO COHERENCE , 2018).....	61
FIGURE 30. LOGO DE BIO BOURGEON.....	62
FIGURE 31. LOGO DE BIO SUISSE (BIO SUISSE, 2019) .....	62
FIGURE 32. GRILLE D'AUDIT DES EXPLOITATIONS APICOLES .....	63
FIGURE 33. CADRES DE MIEL MATURE DANS LA HAUSSE .....	63
FIGURE 34. DESOPERCULATION UN CADRE DU MIEL MATURE .....	64
FIGURE 35. OPERATION D'EXTRACTION DU MIEL PAR EXTRACTEUR CENTRIFUGEUSE .....	64
FIGURE 36. RECUPERATION DU MIEL (A) ET SA FILTRATION (B).....	65
FIGURE 37. REFRACTOMETRE UNIVERSEL D'ABBE .....	68
FIGURE 38. OBSERVATION DE L'INDICE DE REFRACTION (BRIX) DANS LA LUNETTE DE VISEE DU REFRACTOMETRE .....	68
FIGURE 39. MESURE DE LA DENSITE DES MIELS (MOHAMED ET AZZEDINE, 2021) .....	70
FIGURE 40. VALEURS DE PH DES MIELS DE SKIKDA.....	78
FIGURE 41. VALEURS DE TENEUR EN EAU MOYENNE DES MIELS DE SKIKDA.....	79
FIGURE 42. VALEURS DE DENSITE MOYENNE DES MIELS DE SKIKDA.....	80
FIGURE 43. VALEURS DE BRIX DES MIELS DE SKIKDA.....	80
FIGURE 44. VALEURS DE TAUX DE SACCHAROSE DES MIELS DE SKIKDA.....	81
FIGURE 45. VALEURS DE CONDUCTIVITE ELECTRIQUE (MS/CM) DES MIELS DE SKIKDA .....	82
FIGURE 46. VALEURS DES INDICE DE REFRACTION DES MIELS DE SKIKDA .....	82

FIGURE 47. VALEURS D'ACIDITE DES MIELS DE SKIKDA .....	83
FIGURE 48. PLANTES IDENTIFIEES – PARTIE 1.....	88
FIGURE 49. PLANTES IDENTIFIEES – PARTIE 2.....	89
FIGURE 50. RESULTATS D'AUDIT D'EMPLACEMENT DES RUCHES.....	101
FIGURE 51. RESULTATS D'AUDIT SUR L'ORIGINE DES ABEILLES, CONSTITUTION ET RENOUVELEMENT DU CHEPTEL BIOLOGIQUE.....	103
FIGURE 52. RESULTATS D'AUDIT SUR L'ORIGINE DE LA CIRE UTILISABLE EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE.....	104
FIGURE 53. RESULTATS D'AUDIT SUR LES CARACTERISTIQUES DES RUCHES ET MATERIAUX UTILISES DANS L'APICULTURE BIOLOGIQUE.....	105
FIGURE 54. RESULTATS D'AUDIT LE NOURISSEMENT BIOLOGIQUE.....	106
FIGURE 55. RESULTATS D'AUDIT SUR LE NETTOYAGE ET DESINFECTION DES RUCHES.....	107
FIGURE 56. RESULTATS D'AUDIT LA PROPHYLAXIE ET SOINS VETERINAIRES .....	108
FIGURE 57. RESULTATS D'AUDIT SUR LES PRATIQUES D'ELEVAGES.....	109
FIGURE 58. RESULTATS D'AUDIT LES PROCEDES DE PREPARATION DU MIEL ET DES PRODUITS DE LA RUCHE .....	110
FIGURE 59. RESULTATS D'AUDIT SUR LES ENREGISTREMENTS ADMINISTRATIFS.....	111
FIGURE 60. RESULTATS D'AUDIT SUR L'ETAT DE LA CONFORMITE GENERAL .....	112

## Liste des tableaux

TABLEAU I. COMPOSITION MOYENNE DES MIELS D'EUROPE .....	11
TABLEAU II. VITAMINES PRESENTES DANS LE MIEL.....	16
TABLEAU III. SELS MINERAUX ET OLIGO-ELEMENTS DU MIEL.....	17
TABLEAU IV. METHODES D'ANALYSES DES MIELS POUR IDENTIFIER LEUR ORIGINE BOTANIQUE OU GEOGRAPHIQUE .....	23
TABLEAU V. CARACTERISTIQUES ET INDICATIONS DE CERTAINS MIELS MONOFLORAUX.....	24
TABLEAU VI. ACTIVITES ANTIBACTERIENNES DES MIELS SELON LES SOURCES FLORALES.....	25
TABLEAU VII. INVENTAIRE VEGETAL DE LA REGION D'ETUDE .....	84
TABLEAU VIII. ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES DES ECHANTILLONS D'ANNABA .....	90
TABLEAU IX. PROFIL CHROMATOGRAPHIQUE PAR HPLC DES MIELS DE LA REGION D'ANNABA .....	92
TABLEAU X. ANALYSES BACTERIOLOGIQUES DES MIELS D'ANNABA (UFC/G) .....	94
TABLEAU XI. ANALYSES FONGIQUES DES MIELS D'ANNABA .....	96
TABLEAU XII. ACTIVITES ANTIMICROBIENNES DES MIELS D'ANNABA .....	98

## Liste des annexes

ANNEXE 1. RESULTATS BRUTES DES INVESTIGATIONS LORS DE L'AUDIT DE L'EXPLOITATION .....	137
ANNEXE 2. TABLEAU DE CONVERSION ENTRE L'INDICE DE REFRACTION ET LA TENEUR D'EAU .....	139
ANNEXE 3. ARTICLE DE THESE PARU SUR FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY.....	140

## Liste des abréviations

<b>ACOS :</b>	<i>Australian Certified Organic Standard</i>
<b>AFNOR :</b>	Association française de normalisation
<b>AOAC :</b>	<i>Association of Official Analytical Chemists</i>
<b>BHA :</b>	<i>Butylated Hydroxy Anisole</i>
<b>BHT :</b>	<i>Butylated Hydroxy Toluene</i>
<b>Bio Bourgeon :</b>	Label biologique suisse délivré par <i>Bio Suisse</i>
<b>Bio Cohérence :</b>	Label français indépendant de certification biologique
<b>Bio européen :</b>	Label de l'agriculture biologique de l'Union européenne (Règlement CE n° 834/2007)
<b>Bio Fédéral :</b>	Label biologique reconnu par les autorités fédérales suisses
<b>CGRFA :</b>	Commission des Ressources Génétiques pour l'Alimentation et l'Agriculture
<b>CI :</b>	Capacité de capture des radicaux libres
<b>CND :</b>	Centre National de Documentation
<b>Demeter :</b>	Label international pour l'agriculture biodynamique
<b>DNM :</b>	Dosage des Nouveaux Médicaments
<b>DPPH :</b>	<i>1,1-Diphényl-2-picrylhydrazyl</i>
<b>DRS :</b>	Développement Rural et Solidaire
<b>FAO :</b>	<i>Food and Agriculture Organization</i>
<b>HMF :</b>	Hydroxyméthylfurfural
<b>INRAA :</b>	Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie
<b>M :</b>	Molarité
<b>Nature et Progrès:</b>	Label français pour l'agriculture biologique et écologique
<b>NOP/NOSB :</b>	<i>National Organic Program / National Organic Standards Board</i> (États-Unis)
<b>PNDAR :</b>	Programme National de Développement Agricole et Rural
<b>RSD :</b>	<i>Relative Standard Deviation</i>
<b>SPSS :</b>	<i>Statistical Package for the Social Sciences</i>
<b>TAC :</b>	Teneur en Antioxydants Totaux
<b>TPC :</b>	Teneur en Polyphénols Totaux
<b>WHO :</b>	<i>World Health Organization</i>

# Table des matières

RESUME .....	I
ABSTRACT .....	II
ملخص.....	III
LISTE DES FIGURES .....	IV
LISTE DES TABLEAUX .....	VI
LISTE DES ANNEXES .....	VII
LISTE DES ABREVIATIONS .....	VIII
TABLE DES MATIÈRES .....	IX
INTRODUCTION .....	1
<b>1 CHAPITRE I. GENERALITES SUR LE MIEL .....</b>	<b>5</b>
1.1 DEFINITION DU MIEL.....	5
1.2 ESPECES PRODUCTRICES DE MIEL.....	5
1.3 ORIGINE ET FORMATION DU MIEL .....	7
1.4 MODE D'EXTRACTION DU MIEL .....	8
1.4.1 <i>Extraction par pression</i> .....	8
1.4.2 <i>Extraction par écoulement</i> .....	8
1.4.3 <i>Extraction par centrifugation</i> .....	8
1.5 CLASSIFICATION DES MIELS.....	9
1.5.1 <i>Miel de nectar de fleurs</i> .....	9
1.5.1.1 Composition du nectar .....	10
1.5.1.2 Différents types du miel de nectar de fleurs .....	10
1.5.1.2.1 Origine florale .....	10
1.5.1.2.1.1 ➤ Miels mono floraux .....	10
1.5.1.2.1.2 ➤ Miels poly floraux.....	10
1.5.2 <i>Miel du miellat</i> .....	10
1.5.2.1.1 Composition du miellat .....	11
1.6 COMPOSITION CHIMIQUE DU MIEL .....	11
1.6.1 <i>Eau</i> .....	12
1.6.2 <i>Sucres</i> .....	12
1.6.2.1 Rapport fructose/glucose .....	12
1.6.2.2 Saccharose.....	12
1.6.2.3 Maltose.....	12
1.6.2.4 Mélézitose (trisaccharides).....	13

1.6.3	<i>Protéines</i> .....	14
1.6.4	<i>Enzymes</i> .....	14
1.6.5	<i>Colloïdes du miel</i> .....	15
1.6.6	<i>Composés aromatiques</i> .....	15
1.6.7	<i>Composés phénoliques</i> .....	15
1.6.8	<i>Vitamines</i> .....	16
1.6.9	<i>Acides organiques</i> .....	16
1.6.10	<i>Hydroxyméthylfurfural (HMF)</i> .....	16
1.6.11	<i>Lipides</i> .....	17
1.6.12	<i>Sels minéraux et oligoéléments</i> .....	17
1.7	CARACTERES ORGANOLEPTIQUES.....	18
1.7.1	<i>La couleur</i> .....	18
1.7.2	<i>L'arôme</i> .....	18
1.7.3	<i>La saveur</i> .....	18
1.7.4	<i>La texture et la consistance</i> .....	18
1.7.5	<i>La cristallisation</i> .....	18
1.8	PROPRIETES PHYSIQUE DU MIEL.....	20
1.8.1	<i>Indice de réfraction</i> .....	20
1.8.2	<i>Pouvoir rotatoire</i> .....	20
1.8.3	<i>Conductivité</i> .....	21
1.8.4	<i>pH et acidité</i> .....	21
1.8.5	<i>Densité</i> .....	21
1.8.6	<i>Viscosité</i> .....	21
1.8.7	<i>Chaleur massique</i> .....	21
1.8.8	<i>Conductivité thermique</i> .....	21
1.8.9	<i>Turbidité</i> .....	21
1.8.10	<i>Fluorescence</i> .....	21
1.9	LA FRAUDE SUR LE MIEL.....	22
1.9.1	<i>Fraudes de nature physico-chimique</i> .....	22
1.9.2	<i>Fraudes de nature botanique et géographique</i> .....	22
1.10	PROPRIETES THERAPEUTIQUES.....	24
1.10.1	<i>Les facteurs de l'activité antibactérienne des miels et leurs modes d'action</i> .....	27
1.10.1.1	Le pH acide.....	27
1.10.1.2	La pression osmotique.....	28
1.10.1.3	Le peroxyde d'hydrogène (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ).....	28

1.10.1.4	Le méthylglyoxal (MGO) .....	28
1.10.1.5	La défensine-1 .....	29
1.10.1.6	Les polyphénols .....	29
<b>2</b>	<b>CHAPITRE II. GENERALITES SUR L'APICULTURE ET LA PRODUCTION DE MIEL BIO .....</b>	<b>31</b>
2.1	L'APICULTURE A TRAVERS LE MONDE .....	31
2.2	L'APICULTURE EN AFRIQUE DU NORD .....	32
2.3	L'APICULTURE EN ALGERIE .....	33
2.4	AGRICULTURE BIOLOGIQUE .....	35
2.4.1	<i>Définition</i> .....	35
2.4.2	<i>Rappel historique</i> .....	35
2.5	PRODUCTION BIOLOGIQUE .....	35
2.5.1	<i>Définition</i> .....	35
2.5.2	<i>Le rôle de la production biologique</i> .....	35
2.5.3	<i>Les principes de la production biologique</i> .....	36
2.5.4	<i>Les objectifs de la production biologique</i> .....	36
2.6	APICULTURE BIOLOGIQUE .....	36
2.6.1	<i>Définition</i> .....	36
2.6.2	<i>Principes de l'apiculture biologique</i> .....	36
2.7	LA MIXITE EN APICULTURE BIOLOGIQUE .....	37
2.7.1	<i>La mixité en cas d'espèces distinctes</i> .....	37
2.7.2	<i>Les cas de dérogation</i> .....	37
2.8	LA CONVERSION EN AGRICULTURE ET EN APICULTURE BIOLOGIQUE .....	37
2.8.1	<i>Définition</i> .....	37
2.8.2	<i>Règles de conversion applicables à l'apiculture biologique</i> .....	37
2.8.3	<i>Après la conversion</i> .....	37
<b>3</b>	<b>CHAPITRE III. CAHIER DES CHARGES DE PRODUCTION BIOLOGIQUE DU MIEL .....</b>	<b>39</b>
3.1	CONSTITUTION ET RENOUVELLEMENT DU CHEPTEL BIOLOGIQUE .....	39
3.1.1	<i>Génétique de l'abeille</i> .....	39
3.1.2	<i>La préservation de la biodiversité</i> .....	39
3.1.3	<i>Les capacités d'adaptation aux conditions locales et la résistance aux maladies</i> .....	39
3.1.4	<i>Origine et renouvellement du cheptel</i> .....	40
3.1.4.1	Origine et achat des abeilles .....	40
3.1.4.2	Renouvellement du cheptel .....	40
3.1.4.2.1	Statut de renouvellement annuel .....	40
3.1.4.2.2	Statut des dérogations pour fortes mortalités .....	41

3.2	ENVIRONNEMENT ET EMPLACEMENT DU RUCHER .....	41
3.2.1	<i>Principe de sédentarité des ruches</i> .....	41
3.2.1.1	Adaptation des abeilles à leur milieu .....	41
3.2.1.2	Réduction du stress .....	41
3.3	AIRE DE BUTINAGE .....	41
3.3.1	<i>Environnement agricole et sources de nectar et de pollen</i> .....	42
3.3.1.1	Sources de nectar et de pollen .....	42
3.3.1.2	Éloignement des sources de pollution.....	42
3.3.1.2.1	En période de floraison .....	42
3.3.1.2.2	En période de sommeil (hivernage) ou absence de floraison .....	43
3.3.1.2.3	Cas spécifiques de la pollinisation .....	43
3.3.2	<i>Sources de nectar et de pollen exemptes de pollution</i> .....	44
3.3.2.1	Justification des zones de butinage auprès de l'organisme certificateur .....	44
3.3.2.2	Les analyses de confirmation .....	44
3.3.2.2.1	Origines florales .....	44
3.3.2.2.2	Pesticides ou contaminants .....	44
3.3.2.2.3	Cas du miel de lavande.....	45
3.4	CIRE D'ABEILLE UTILISABLE EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE.....	45
3.4.1	<i>Origine de la cire</i> .....	45
3.4.1.1	Cas normal.....	45
3.4.2	<i>Renouvellement et remplacement de la cire durant la conversion</i> .....	45
3.4.3	<i>Cas exceptionnel d'indisponibilité de cire "utilisable en agriculture biologique"</i> .....	46
3.5	NOURRISSEMENT BIOLOGIQUE.....	47
3.5.1	<i>Cas général</i> .....	47
3.5.1.1	Période de production.....	47
3.5.1.2	Période de sommeil.....	47
3.5.2	<i>Règles particulières</i> .....	47
3.5.2.1	Origine biologique du nourrissage.....	47
3.5.2.1.1	Nourrissage liquide.....	48
3.5.2.1.2	Nourrissage solide .....	48
3.5.2.2	Nourrissage de complément en apiculture biologique.....	48
3.5.2.2.1	Colonies d'abeilles.....	48
3.5.2.2.2	Essaims en cours de développement .....	49
3.5.3	<i>Règles exceptionnelles</i> .....	49
3.5.3.1	Prophylaxie .....	49
3.5.4	<i>Cas interdits</i> .....	49

3.5.4.1	Nourrissement protéique .....	49
3.5.4.2	Nourrissement de stimulation .....	49
3.6	CARACTERISTIQUES DES RUCHES ET DES MATERIAUX UTILISES DANS L'APICULTURE BIOLOGIQUE .....	49
3.6.1	<i>Les types de ruches</i> .....	49
3.6.2	<i>Nature et composition des ruches</i> .....	50
3.6.2.1	L'intérieur des ruches .....	50
3.6.2.2	L'extérieur des ruches .....	50
3.6.2.3	Extraction et Transfert .....	51
3.6.2.3.1	Matériel de miellerie .....	51
3.6.2.3.2	Processus d'extraction .....	51
3.6.2.3.3	Conditionnement intermédiaire .....	52
3.6.2.3.4	Filtration, ensemencement et autres procédés technologiques .....	52
3.6.2.3.5	Stockage du miel .....	52
<b>4</b>	<b>MATERIEL ET METHODES</b> .....	<b>54</b>
4.1	OBJECTIF DU TRAVAIL .....	54
4.2	METHODOLOGIE DE RECHERCHE .....	54
4.3	ECHANTILLONNAGE DES MIELS .....	54
4.3.1	<i>Echantillonnage des miels de la région de Skikda</i> .....	54
4.3.2	<i>Echantillonnage des miels de la région d'Annaba</i> .....	55
4.4	INVENTAIRES VEGETAUX .....	56
4.4.1	<i>Echantillonnage des miels commerciaux</i> .....	57
4.5	LA RACE D'ABEILLE DE L'EXPLOITATION .....	57
4.6	AUDIT DE L'EXPLOITATION .....	58
4.7	LES CAHIERS DES CHARGES .....	58
4.7.1	<i>La réglementation de l'union européen</i> .....	58
4.7.2	<i>National Organic Program</i> .....	59
4.7.3	<i>Australian Certified Organic Standard</i> .....	59
4.7.4	<i>Demeter</i> .....	60
4.7.5	<i>Nature et Progrès</i> .....	60
4.7.6	<i>Bio Cohérence</i> .....	61
4.7.7	<i>Bio Bourgeon</i> .....	61
4.7.8	<i>Bio Fédéral</i> .....	62
4.8	LA CONFORMITE DES CULTURES .....	63
4.8.1	<i>Échantillon de l'exploitation</i> .....	63
4.8.1.1	Désoperculation des cadres .....	64
4.8.1.2	Extraction du miel par centrifugation .....	64

4.8.1.3	Maturation après centrifugation .....	64
4.9	ANALYSE DE LA QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DES MIELS .....	66
4.9.1	<i>Préparation des échantillons</i> .....	66
4.9.2	<i>Analyse chromatographique des miels</i> .....	66
4.9.2.1	Préparation des échantillons .....	66
4.9.2.2	Système chromatographique .....	66
4.9.2.3	Colonne utilisée .....	66
4.9.3	<i>Acidité libre</i> .....	66
4.9.4	<i>Potentiel Hydrogène (pH)</i> .....	67
4.9.4.1	Principe.....	67
4.9.4.2	Appareillage (NF T 90-008) .....	67
4.9.4.3	Mode opératoire (NF V 05-406) .....	67
4.9.5	<i>Conductivité électrique à 20°C</i> .....	67
4.9.6	<i>Indice de Réfraction et Degré Brix</i> .....	67
4.9.6.1	Substances analysables par réfractométrie.....	67
4.9.6.2	Appareillage.....	68
4.9.6.3	Mode opératoire .....	69
4.9.6.4	Expression des résultats .....	69
4.9.7	<i>Teneur en eau</i> .....	69
4.9.8	<i>Taux de cendres</i> .....	69
4.9.9	<i>Densité</i> .....	70
4.9.9.1	Technique .....	70
4.9.10	<i>Densité pycnométrique</i> .....	70
4.10	ANALYSE DE LA QUALITE MICROBIOLOGIQUE DES MIELS.....	71
4.10.1	<i>Préparation de la suspension mère</i> .....	71
4.10.1.1	Technique .....	71
4.10.2	<i>Préparation des dilutions décimales</i> .....	71
4.10.2.1	Technique .....	71
4.10.3	<i>Recherche et dénombrement des coliformes fécaux (NF V 08-060)</i> .....	71
4.10.3.1	Technique .....	71
4.10.3.2	Lecture et expression des résultats .....	71
4.10.4	<i>Recherche des Salmonelles (Norme ISO 6579)</i> .....	72
4.10.4.1	Etape de pré-enrichissement .....	72
4.10.4.2	Etape de l'enrichissement .....	72
4.10.4.3	Etape de l'ensemencement et d'identification.....	72
4.10.4.4	Lecture.....	72

4.10.5	<i>Recherche et dénombrement de Bacillus cereus (NF XP V 08-058)</i> .....	73
4.10.5.1	Technique .....	73
4.10.5.2	Lecture et expression des résultats .....	73
4.10.6	<i>Dénombrement en anaérobiose des bactéries sulfito-réductrices (NF T 90-415 1985)</i> .....	73
4.10.6.1	Technique .....	73
4.10.6.2	Lecture et expression des résultats .....	73
4.10.7	<i>Recherche et Dénombrement de Staphylococcus aureus (ISO 6888-1:1999/Amd 1:2003)</i> .....	74
4.10.7.1	Technique .....	74
4.10.7.2	Lecture.....	74
4.10.7.3	Test de la coagulase .....	74
4.10.8	<i>Recherche et dénombrement des levures et moisissures (JORA N°39, 02 Juillet 2017)</i> .....	74
4.10.8.1	Technique .....	74
4.10.8.2	Expression des résultats .....	75
4.11	ÉTUDE DE L'ACTIVITE ANTIBACTERIENNE DES MIELS.....	76
4.11.1	<i>Technique</i> .....	76
4.11.2	<i>Lecture et interprétation</i> .....	76
<b>5</b>	<b>RESULTATS ET DISCUSSION</b> .....	<b>78</b>
5.1	ANALYSES PHYSICOCHIMIQUES DES MIELS DE SKIKDA.....	78
5.1.1	<i>Le potentiel Hydrogène (pH)</i> .....	78
5.1.2	<i>La teneur en eau</i> .....	78
5.1.3	<i>La densité</i> .....	79
5.1.4	<i>Le Brix</i> .....	80
5.1.5	<i>Les taux de saccharose</i> .....	81
5.1.6	<i>La conductivité électrique</i> .....	81
5.1.7	<i>Indice de réfraction</i> .....	82
5.1.8	<i>Acidité</i> .....	82
5.2	INVENTAIRE VEGETAL DE LA REGION D'ANNABA .....	84
5.3	ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES DES MIELS D'ANNABA.....	90
5.3.1	<i>pH</i> .....	90
5.3.2	<i>Acidité libre</i> .....	90
5.3.3	<i>Conductivité électrique</i> .....	90
5.3.4	<i>Degré Brix</i> .....	91
5.3.5	<i>Densité</i> .....	91
5.3.6	<i>Teneur en eau</i> .....	91
5.3.7	<i>Indice de réfraction</i> .....	91

5.3.8	<i>Teneur en cendres</i> .....	91
5.4	PROFIL GLUCIDIQUE DES MIELS D'ANNABA .....	92
5.4.1	<i>Monosaccharides</i> .....	92
5.4.2	<i>Disaccharides</i> .....	93
5.4.3	<i>Trisaccharides</i> .....	93
5.5	RESULTATS DES ANALYSES BACTERIOLOGIQUES.....	94
5.6	RESULTATS DES ANALYSES FONGIQUES .....	96
5.7	RESULTATS DES ACTIVITES ANTIBACTERIENNES .....	98
5.8	L'AUDIT D'EXPLOITATION.....	101
5.8.1	<i>Emplacement des ruches</i> .....	101
5.8.2	<i>Origine des abeilles, Constitution et renouvellement du cheptel biologique</i> .....	102
5.8.3	<i>Cire d'abeille utilisable en agriculture biologique</i> .....	103
5.8.4	<i>Caractéristiques des ruches et matériaux utilisé dans l'apiculture biologique</i> .....	104
5.8.5	<i>Nourrissement biologique</i> .....	106
5.8.6	<i>Nettoyage et désinfection des ruches</i> .....	107
5.8.7	<i>Prophylaxie et soins vétérinaires</i> .....	108
5.8.8	<i>Les pratiques d'élevages</i> .....	109
5.8.9	<i>Précèdes de préparation du miel et des produits de la ruche</i> .....	109
5.8.10	<i>Enregistrement administratif</i> .....	110
5.8.11	<i>Etat de conformité général</i> .....	111
	<b>CONCLUSION</b> .....	<b>113</b>
	<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b> .....	<b>115</b>
	<b>ANNEXES</b> .....	<b>136</b>

## Introduction

L'alimentation humaine a toujours été au centre des préoccupations de l'humanité, influençant non seulement la survie et la santé, mais aussi les aspects culturels, économiques et sociaux des civilisations (Charoukh et Boumendjel, 2012). Depuis les temps anciens, l'homme a cherché à diversifier son alimentation en incorporant des produits naturels aux vertus nutritionnelles et médicinales reconnues. Parmi ces produits, le miel occupe une place de choix en raison de ses multiples bienfaits pour la santé. Utilisé depuis des millénaires, le miel est apprécié non seulement pour son goût agréable, mais aussi pour ses propriétés thérapeutiques largement documentées.

Le miel, produit par les abeilles à partir du nectar des fleurs, est un aliment unique en son genre. Sa consommation remonte à plusieurs milliers d'années, avec des preuves archéologiques de son usage dans les anciennes civilisations égyptienne, grecque et romaine. Ces civilisations attribuaient au miel des propriétés curatives, en plus de l'utiliser comme édulcorant naturel. Aujourd'hui encore, le miel continue de jouir d'une réputation de superaliment, grâce à sa composition complexe et à ses effets bénéfiques sur la santé humaine.

La composition chimique du miel est variée et complexe, comprenant des sucres simples tels que le fructose et le glucose, mais aussi des acides aminés, des vitamines, des minéraux, des enzymes, et une multitude de composés bioactifs. Ces composants confèrent au miel des propriétés antioxydantes, antimicrobiennes, anti-inflammatoires, et cicatrisantes, qui font l'objet de nombreuses études scientifiques. Par exemple, des recherches récentes ont démontré que le miel pourrait jouer un rôle dans la réduction des risques de maladies chroniques comme le diabète, les maladies cardiovasculaires, et certains types de cancers (Da Silva et al., 2016; Bogdanov, 2017).

Sur le plan économique, le miel représente un marché mondial significatif. Selon l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), la production mondiale de miel est en constante augmentation, atteignant plus de 1,8 million de tonnes en 2020 (FAO, 2021). Cette croissance est alimentée par une demande accrue de produits naturels et biologiques, ainsi que par les préoccupations croissantes des consommateurs concernant la qualité et l'origine des aliments qu'ils consomment.

Le marché du miel est également marqué par une grande diversité, avec des centaines de types de miels disponibles, chacun possédant des caractéristiques organoleptiques et des propriétés thérapeutiques spécifiques. Parmi ces types, on distingue le miel de fleurs, le miel de forêt, le miel de montagne, et le miel monofloral, chaque variété étant influencée par la flore locale et les conditions climatiques. La qualité du miel dépend de plusieurs facteurs, dont la pureté, la fraîcheur, la conservation, et l'absence de contaminants. En conséquence, la production d'un miel de haute qualité est essentielle non seulement pour répondre aux

exigences des consommateurs, mais aussi pour garantir la pérennité de l'apiculture et la santé des populations.

Un aspect crucial de la qualité du miel est son caractère biologique. Le miel biologique est produit selon des normes strictes qui interdisent l'utilisation de pesticides synthétiques, d'antibiotiques, et d'autres substances chimiques. En outre, les ruches doivent être situées dans des zones exemptes de pollution industrielle ou agricole pour assurer la pureté du produit final. Ce type de production, bien que plus coûteux et complexe, répond à une demande croissante pour des produits respectueux de l'environnement et de la santé humaine. Les consommateurs sont de plus en plus conscients des enjeux liés à la sécurité alimentaire et à la durabilité, ce qui pousse le marché du miel bio à croître de manière exponentielle.

Malgré tous ces aspects positifs, la production et la commercialisation du miel font face à plusieurs défis. Parmi ceux-ci, on peut citer la contamination par des résidus de pesticides, la fraude alimentaire (comme l'adultération du miel avec des sirops de sucre), et les effets du changement climatique sur la disponibilité des ressources florales pour les abeilles. Ces problématiques sont d'une importance capitale, car elles affectent non seulement la qualité du miel, mais aussi la santé des consommateurs et la viabilité des populations d'abeilles, essentielles pour la pollinisation et la biodiversité (Muli et al., 2014; Blacquière et al., 2018).

Dans ce contexte, il est primordial de se pencher sur la qualité du miel et de proposer des solutions pour améliorer sa production et sa certification. La présente thèse vise à explorer les différentes dimensions de la qualité du miel, en mettant l'accent sur les critères de pureté, l'authenticité, les méthodes de détection des contaminants, et les pratiques apicoles durables. De plus, cette recherche s'intéressera spécifiquement au miel biologique, en analysant les standards de certification, les défis liés à sa production, et les attentes des consommateurs.

La problématique de cette thèse s'inscrit donc dans un cadre plus large de préservation de la qualité des aliments naturels et de promotion de l'apiculture durable. En effet, garantir un miel de qualité supérieure est non seulement essentiel pour la santé des consommateurs, mais aussi pour la protection de l'environnement et la sauvegarde des écosystèmes. Les conclusions de cette étude devraient ainsi contribuer à une meilleure compréhension des enjeux entourant la production du miel et à l'élaboration de recommandations pour les acteurs du secteur apicole, les décideurs politiques, et les consommateurs.

Cette thèse est structurée en plusieurs chapitres qui explorent successivement les aspects théoriques et pratiques de la qualité du miel :

- Le premier chapitre est consacré à une revue de la littérature sur les bienfaits du miel et ses usages traditionnels.
- Le deuxième chapitre traite des méthodes d'analyse de la qualité du miel, avec un focus particulier sur les techniques modernes de détection des contaminants.

- Le troisième chapitre aborde les défis et opportunités du marché du miel biologique, en examinant les standards de certification et les attentes des consommateurs.
- Enfin, le dernier chapitre propose des recommandations pour améliorer la qualité du miel et soutenir le développement d'une apiculture durable.

Ainsi, cette introduction sert de cadre pour comprendre les enjeux complexes liés à la production et à la qualité du miel, un produit dont l'importance pour la santé humaine et l'environnement ne cesse de croître. L'étude proposée se veut une contribution significative aux recherches sur le miel, en offrant une analyse approfondie et actualisée des défis et des perspectives de ce secteur essentiel.

# Chapitre 1 : Généralités sur le miel

# 1 Chapitre I. Généralités sur le miel

## 1.1 Définition du miel

Selon le *Codex Alimentarius*, le miel est défini comme une substance sucrée naturelle produite par l'abeille (*Apis mellifera*), à partir du nectar des plantes ou des sécrétions d'insectes se trouvant sur les parties vivantes de celles-ci. Les abeilles butinent ces matières premières, les mélangent à des substances spécifiques qu'elles sécrètent elles-mêmes, les déposent dans les rayons de la ruche, les déshydratent, puis laissent le produit s'affiner et mûrir. Le miel ainsi produit est ensuite stocké dans les alvéoles de la ruche pour être utilisé ultérieurement (Codex, 2001).

Le miel est défini dans le dictionnaire Le Robert comme ceci : « *Substance sirupeuse et sucrée, de couleur ambrée, élaborée par les abeilles avec le nectar des fleurs* ».

Le Larousse, quant à lui, le définit comme suit : « *Substance sucrée produite par les abeilles mellifères à partir du nectar des fleurs, qu'elles emmagasinent dans les rayons de la ruche pour ensuite en nourrir leurs larves* ».

Le Saint Coran mentionne ses bienfaits dans la sourate Les abeilles (En Nahl) : « [Et voilà] ce que ton seigneur enseigna aux abeilles : Prenez des demeures dans les montagnes, les arbres et les treillages que les hommes font ; Puis mangez de toute espèce de fruits, et suivez les sentiers de votre Seigneur, rendus faciles pour vous. De leur ventre, sort une liqueur, aux couleurs variées, dans laquelle il y a une guérison pour les gens. Il y a vraiment là une preuve pour les gens qui réfléchissent ». Versets 68 et 69 de sourate En Nahl.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وَأَوْحَىٰ رَبُّكَ إِلَى النَّحْلِ أَنْ اتَّخِذِي مِنَ الْجِبَالِ بُيُوتًا وَمِنَ الشَّجَرِ وَمِمَّا يَعْرِشُونَ (68) ثُمَّ كُلِي مِن كُلِّ الثَّمَرَاتِ فَاسْلُكِي سُبُلَ رَبِّكِ ذُلُلًا يَخْرُجُ مِنْ بُطُونِهَا شَرَابٌ مُّخْتَلِفٌ أَلْوَانُهُ فِيهِ شِفَاءٌ لِّلنَّاسِ إِنَّ فِي ذَٰلِكَ لَآيَةً لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ (69)

## 1.2 Espèces productrices de miel

Le miel est un produit naturel sucré élaboré par différents genres d'Hyménoptères, tels que les abeilles et certains types de guêpes et de fourmis, mais seules certaines espèces d'abeilles sociales produisent du miel en quantité suffisante pour nourrir leurs colonies sur le long terme. Ces insectes mélangent souvent le miel au pollen, formant ainsi des pelotes de "pain d'abeille", sur lesquelles un œuf est pondu. Les abeilles solitaires, telles que celles des genres *Megachilidae*, *Megachila*, *Osmia*, et *Xylocopa*, suivent un processus similaire. Toutefois, seules certaines espèces sociales d'Apidae, telles que les bourdons (*Bombus*) et les abeilles des genres *Trigonini* et *Melipona*, produisent du miel en grande quantité pour la nutrition du couvain. Parmi ces espèces, les abeilles du genre *Apis*, en particulier *Apis mellifera*, sont les plus couramment domestiquées pour la production de miel à grande échelle (Maurizio, 1958 ; Crane, 1976).



**Figure 1. Exemples de quelques abeilles solitaires productrices de miel**

**Légende :** de gauche à droite : *Megachile pluto*<sup>1</sup> ; *Osmia conjuncta*<sup>2</sup> ; *Xylocopa valga*<sup>3</sup>

Ces abeilles évoluent dans des environnements variés, allant des biotopes fermés, comme les forêts, aux biotopes ouverts, comme les plaines et savanes, et elles prospèrent sous des climats divers, à l'exception des régions polaires (Louveaux et al., 1970).

En Europe, l'espèce *Apis mellifera* est prédominante, bien qu'il existe plusieurs sous-espèces adaptées à des environnements spécifiques. L'abeille italienne (*Apis mellifera ligustica*) a été introduite pour ses performances accrues dans le butinage des fleurs, au détriment des espèces locales (Lobreau-Callen et Viry, 1993). Cette variété, ainsi que d'autres formes hybrides, menace la diversité génétique des populations locales. Dans d'autres parties du monde, comme l'Asie et les Amériques, d'autres espèces d'abeilles du genre *Apis* dominent la production de miel. En Amérique latine, par exemple, l'hybridation d'abeilles domestiques avec des espèces locales a engendré des populations très agressives, compliquant leur gestion pour les apiculteurs locaux (Roubik, 1989).



**Figure 2. Abeilles sociales productrices de miel**

**Légende :** de gauche à droite : *Apis mellifera ligustica* & *Apis mellifera intermissa*

Outre les abeilles du genre *Apis*, d'autres abeilles sans dard, comme celles du genre *Meliponini*, produisent du miel régulièrement consommé dans les régions tropicales. Ces abeilles, bien que moins productives, sont adaptées à des environnements spécifiques et contribuent de manière significative à la biodiversité (Roubik, 1989).

Cependant, la production de miel en Europe peut être fortement impactée par plusieurs parasites et maladies. Parmi les principaux pathogènes affectant les colonies d'abeilles européennes, on trouve le protozoaire *Nosema apis* ainsi que des bactéries telles que

<sup>1</sup> *Megachile pluto* (adult, frontal view) : Preserved specimen number RMNH.INS.108875 from Naturalis Biodiversity Center - Zoology and Geology catalogues (nl) collected in North-West Obi Moluccas on 1953-10-19 by Wegner, A. [https://fr.wikipedia.org/wiki/Megachile\\_pluto#/media/Fichier:Megachile\\_pluto\\_-\\_frontal\\_view\\_-\\_Naturalis\\_Biodiversity\\_Center\\_\(1953\).jpg](https://fr.wikipedia.org/wiki/Megachile_pluto#/media/Fichier:Megachile_pluto_-_frontal_view_-_Naturalis_Biodiversity_Center_(1953).jpg)

<sup>2</sup> *Osmia conjuncta*, F, MD, back. By Eastern Ecological Science Center December 17, 2019. <https://www.usgs.gov/media/images/osmia-conjuncta-f-md-back>

<sup>3</sup> Femelle d'abeille charpentière (*Xylocopa valga*), butinant une glycine (*Wisteria chinensis*) à Lyon. Hugues Moutet 17 mai 2006. [http://denbourge.free.fr/Insectes\\_hymenoptera\\_apocrita\\_apidae\\_Xylocopa\\_valga.htm](http://denbourge.free.fr/Insectes_hymenoptera_apocrita_apidae_Xylocopa_valga.htm)

*Bacillus larvae*, responsable de la loque américaine, et *Bacillus alvei*, causant la loque européenne (Faucon et al., 1999). D'autres menaces incluent des acariens comme *Varroa destructor*, un parasite originaire d'Asie, qui affaiblit les abeilles et rend les colonies plus vulnérables à d'autres infections (Faucon et al., 1997).

### 1.3 Origine et formation du miel

Le miel provient essentiellement des plantes, plus précisément de leur sève, qui peut être extraite de deux façons :

1. par les nectaires qui produisent le **nectar**.
2. par les excréments d'insectes parasites sous forme de **miellat**.

Les abeilles butineuses récoltent le nectar et le miellat, auxquels elles ajoutent une enzyme appelée invertase (ou saccharase), laquelle amorce la transformation du saccharose en un mélange de glucose et de fructose.

Une fois de retour à la ruche, les abeilles distribuent leur récolte aux autres ouvrières qui continuent le processus de transformation des sucres via la trophallaxie (échange de nourriture entre les abeilles). Ensuite, elles déposent le miel dans les alvéoles de la ruche pour le faire déshydrater, et au bout de quelques jours, le produit atteint un taux de concentration en sucres de 70 à 80 %, tout en perdant entre 14 et 25 % de son eau.

Lorsque le miel est mûr, les alvéoles sont scellées par un opercule de cire. Ce miel peut alors être récolté par l'apiculteur, tandis qu'une partie reste stockée dans la ruche pour les besoins hivernaux des abeilles (Bogdanov et al., 2004).

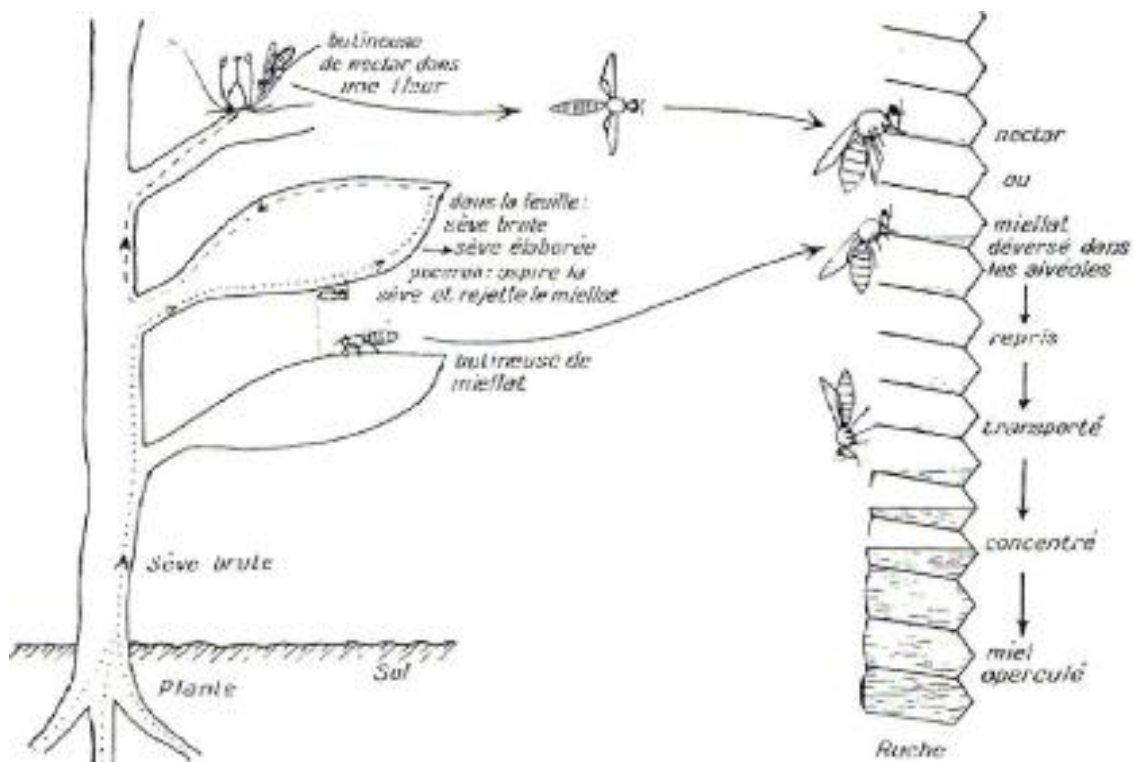


Figure 3. Origine du miel de nectar de fleur et de miellat (Prost, 1987)

## 1.4 Mode d'extraction du miel

Quelle que soit l'espèce d'abeille productrice de miel, qu'il soit stocké dans des cellules de rayons (comme chez les *Apis*) ou dans des urnes (chez les *Meliponidae*), l'extraction de ce produit est nécessaire.

Actuellement, trois méthodes principales sont utilisées pour l'extraction du miel :

### 1.4.1 Extraction par pression

Cette méthode traditionnelle, largement employée jusqu'au XIXe siècle en Europe et encore utilisée aujourd'hui dans de nombreuses régions du tiers-monde, consiste à presser le contenu des rayons après avoir asphyxié les abeilles.

Lors de cette extraction, le miel est mélangé à divers éléments comme la propolis, le pollen stocké, la gelée royale, ainsi que des fragments de couvain et parfois même des abeilles avec leur venin.

En Europe, depuis le début du XXe siècle, le miel pressé ne doit plus contenir ni couvain, ni gelée royale, ni insectes.



Figure 4. Extraction du miel par pression

### 1.4.2 Extraction par écoulement

Utilisée dans les pays tropicaux, cette méthode consiste à ouvrir le nid après avoir asphyxié les abeilles, puis à désoperculer les rayons exempts de couvain. Les rayons sont ensuite placés sur une couche de fougères couvrant un récipient. Le miel s'écoule lentement, selon la température ambiante, sans qu'aucun autre produit de la ruche ne soit mélangé.

### 1.4.3 Extraction par centrifugation

Utilisée dans les pays industrialisés, cette méthode consiste à extraire le miel des rayons désoperculés par centrifugation. Cette technique permet de laisser tous les produits solides

de la ruche (pollen, propolis) dans les cellules. Après centrifugation, le miel est filtré puis laissé à décanter pendant un minimum de deux semaines pour permettre aux impuretés de se déposer. Ces méthodes permettent d'obtenir des miels de qualité variable selon le procédé utilisé, influençant leur pureté et leur conservation.



Figure 5. Extraction du miel par centrifugation

## 1.5 Classification des miels

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

### 1.5.1 Miel de nectar de fleurs

Le nectar, qui est en générale la source principale de miel, est le liquide sucré sécrété par les glandes dites nectarifères, présentes sur de nombreuses plantes. Les nectaires (**Figure 5**) qui abritent ces glandes sont situés le plus souvent dans les fleurs, mais peuvent aussi se trouver à la base de certaines feuilles (**Marchenay et Berard, 2007**).

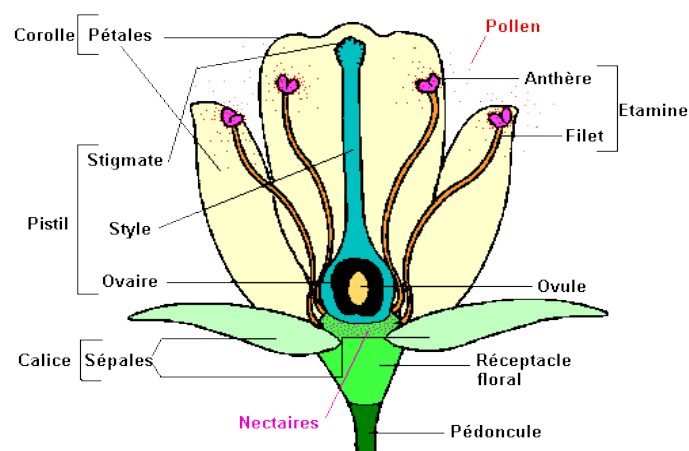


Figure 6. Schéma des organes reproducteurs d'une fleur

### 1.5.1.1 Composition du nectar

Les principaux constituants du nectar sont l'eau et les sucres (saccharose, fructose, glucose); la teneur en eau est fortement variable de 20 à 95 %. Le nectar contient aussi des acides organiques, des acides aminés, des protéines, des enzymes des vitamines et des substances aromatiques (**Schweitzer, 2004**). Le nectar est composé de trois sucres principaux : le saccharose, le glucose et le fructose. Les proportions de ces trois sucres varient d'une plante à une autre et influent sur la qualité du miel d'après **Schweitzer, (2005)** les nectars contiennent plus ou moins de saccharose. On les classe en :

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

### 1.5.1.2 Différents types du miel de nectar de fleurs

#### 1.5.1.2.1 Origine florale

La majorité des miels proviennent d'une flore bien diversifiée. Il est courant que les abeilles visitent à la fois une dizaine ou une vingtaine d'espèces végétales fleurissant en même temps dans leur secteur de butinage. **Emmanuelle et al. (1996)** indiquent que chaque abeille est intéressée par une seule espèce végétale, mais en considère l'ensemble de la population d'une ruche, qui comporte des milliers de butineuses. Le miel peut avoir une origine florale ou animale. Par exemple, la présence de mélézitose est caractéristique du miellat, absente chez les miels de fleurs (**Blanc, 2010**). On distingue 2 types de miels d'origine florale :

##### 1.5.1.2.1.1 ➤ Miels mono floraux

Les miels mono floraux sont élaborés à partir du nectar et/ou du miellat provenant d'une seule espèce végétale et cela nécessite d'installer les ruches à proximité de la plante recherchée. Par exemple ; le miel d'Acacia, d'Oranger et de la Lavande (**Rossant, 2011**).

##### 1.5.1.2.1.2 ➤ Miels poly floraux

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

### 1.5.2 Miel du miellat

Selon **Biri (1999)**, le miellat est un liquide sucré produit par plusieurs espèces d'insectes parasites vivants sur les feuilles de nombreuses plantes. Il est difficile d'observer les abeilles effectuer ce type de butinage. Il a été montré qu'en présence d'une grande quantité de nectar, elles délaissent le miellat. Cependant, lorsque les conditions climatiques défavorables, le miellat peut représenter une source nutritive intéressante (**Clément, 2006**).

### 1.5.2.1.1 Composition du miellat

D'après **Bogdanov et al., (2005)** le miellat est composé généralement des sucres d'où la composition est très différente des nectars avec présence de glucose, de tri holoside comme les mélézitose. Le miellat contient aussi dextrine, gommés, protéines, acides aminés, vitamines telles que la thiamine et la biotine et d'acides organiques (acide nitriques et acide maliques). la charge minérale est également très importantes (**Bruneau, 2004**).

## 1.6 Composition chimique du miel

Il est principalement composé de sucres tels que le fructose, le glucose, ainsi que d'une proportion variable d'eau. Il contient également des acides organiques (libres ou combinés sous forme de lactones), des protéines, et des substances minérales (Oudjet, 2012).

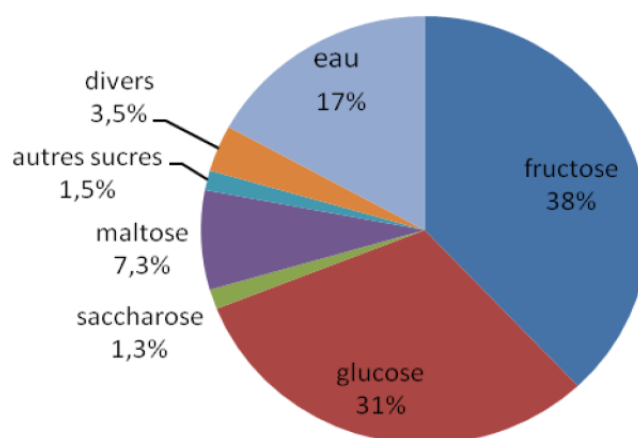


Figure 7. Composition chimique moyenne des miels (Bruneau, 2002)

Différentes méthodes sont utilisées pour l'évaluation des paramètres physico-chimiques, métrologiques, microbiologiques, organoleptiques et palynologiques peuvent être engagées pour la classification du miel (Tab. II).

Tableau I. Composition moyenne des miels d'Europe

Composition	Pourcentage total	Types de composés	Principaux composants
Eau	15 à 20 % (moyenne 17 %)		
Hydrates de carbone	75 à 80 %	Monosaccharides	Glucose (33 %) Fructose (39 %)
		Disaccharides	Maltose (0,9 %), isomaltose, saccharose (2,3 %)
		Polysaccharides	Erllose, raffinose, (mélézitose), (kajibiose), (dextrantriose), (mélibiose)
Substances diverses	1 à 5 %	Acides (0,1 à 0,5 %)	gluconique (0,1 à 0,4 %), (maléique), (succinique), (oxalique), (glutamique), (pyroglutamique), (citrique), (glucuronique), formique (0,01 à 0,05 %)
		Protéines et acides aminés (0,2 à 2 %)	Matières albuminoïdes, matières azotées, (proline), (tyrosine), (leucine), (hystidine), (alanine), (glycine), (méthionine), (acide aspartique)
		Vitamines	B, C (A, D et K)
		Enzymes provenant des glandes hypopharyngiennes	Amylases $\alpha$ , $\beta$ , gluco-invertase, glucose-oxydase (activité antiseptique)
		Enzymes provenant du nectar	(Catalase), (amylases), (phosphatases acides)
		Minéraux (0,05 à 1,5 %) :	K, Ca, Na, Mg, Mn, Fe, Cu, (Co), (B), (Si), (Cr), (Ni), (Au), (Ag), (Ba), (P), (Cs)
Arômes		Esters	Méthylantranilate ( <i>Citrus</i> , lavande...), acétates, méthyléthylcétone...
		Aldéhydes et acétones	Formaldéhyde, acétaldéhyde (colza, trèfle...)...
		Alcools	Méthanol, éthanol, isobutanol, 2-phényléthanol...
Flavones			Flavanol, catéchine, quercétine
(Lipides)	Traces	(Acides gras)	(Acides palmitique, butyrique, caprique, caproïque, valérique)

(Lobreau-Callen & Clément, 2000)

### 1.6.1 Eau

La teneur en eau est une caractéristique déterminante pour la qualité et la conservation du miel. En général, les miels sont operculés lorsque leur teneur en eau atteint en moyenne 17 à 18 % (Bogdanov et al., 2005). La teneur en eau varie entre 15 et 20 g pour 100 g de miel, bien que certains types, comme le miel de Callune, peuvent avoir une teneur plus élevée, dépassant les 23 %. Un excès d'eau accroît le risque de fermentation, augmentant la prolifération des levures dans le miel. En effet, une augmentation d'1 g/100 g d'eau dans le miel multiplie par cinq la teneur en levures (Terrab et al., 2002). Les miels à teneur élevée en eau sont souvent le résultat d'une récolte précoce ou d'un climat particulièrement humide (Bogdanov et al., 2004).

### 1.6.2 Sucres

Les sucres constituent entre 95 et 99 % de la matière sèche du miel. Chaque type de miel contient divers types de sucres, y compris des mono-, di-, tri-, et polysaccharides. Les sucres représentent environ 80 % du poids total du miel, les principaux étant le fructose et le glucose (Gleiter et al., 2006). Toutefois, leur proportion varie selon l'origine du miel, influencée par la composition des nectars butinés par les abeilles (Miriam et al., 2005).

#### 1.6.2.1 Rapport fructose/glucose

Les hexoses (fructose et glucose) sont les principaux sucres du miel, et leur rapport constitue une caractéristique importante pour certains types de miels. En général, le fructose domine légèrement, mais dans les miels produits par des abeilles butinant principalement une espèce végétale unique, le rapport fructose/glucose peut être plus marqué. Par exemple, les miels riches en fructose, comme ceux de *Robinia pseudoacacia* ou de *Castanea sativa* Mill, ont un rapport F/G de 1,5 à 1,7. Ces miels ont tendance à rester liquides longtemps, parfois plusieurs années avant de cristalliser (Dailly, 2008). À l'inverse, les miels riches en glucose, comme ceux de pissenlit ou de colza, cristallisent rapidement après la récolte (Polus, 2008).

#### 1.6.2.2 Saccharose

Des analyses récentes ont montré que la teneur en saccharose des miels naturels est généralement faible, souvent en dessous de 10 %, bien que certains miels, comme ceux de châtaignier (*Castanea sativa*), de tilleul, ou de fleur d'oranger, puissent être plus riches en saccharose (Guler et al., 2007). En revanche, l'abeille possède la capacité de convertir le saccharose en glucose et fructose grâce à l'enzyme invertase. La relation entre l'activité de l'invertase et la teneur en saccharose résiduel est étroite ; des colonies faibles présentent des teneurs plus élevées en saccharose (Allipi, 2000).

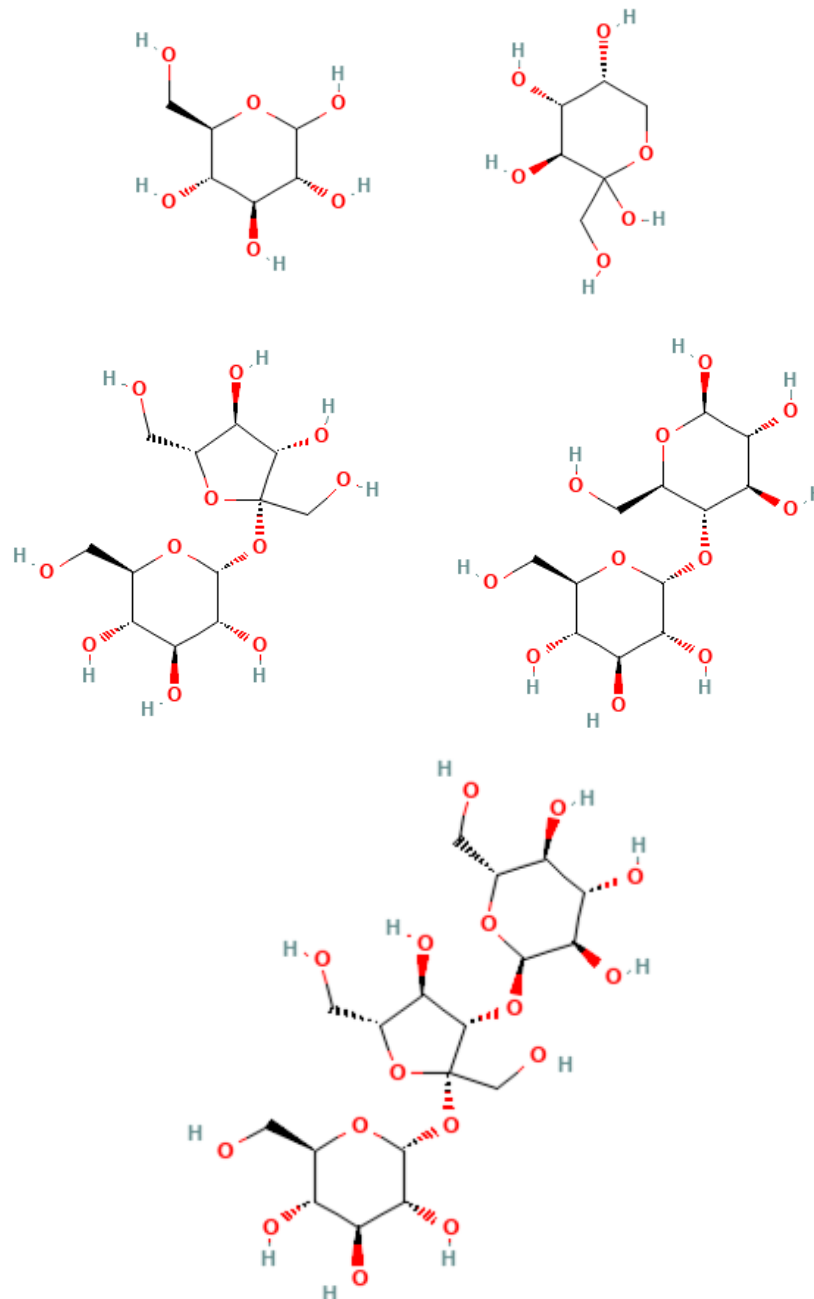
#### 1.6.2.3 Maltose

Le maltose est un sucre présent en quantité plus élevée que le saccharose, surtout dans les miels de miellat. Certains miels peuvent contenir jusqu'à 10 % de maltose et d'iso-maltose (Cavia et al., 2006).

#### 1.6.2.4 Mélézitose (trisaccharides)

La mélézitose est caractéristique des miels de miellat, atteignant parfois jusqu'à 16 % de la matière sèche. Ce sucre favorise la cristallisation rapide du miel, même lorsqu'il est encore dans les rayons, rendant sa récolte difficile.

Certains miels de miellat, tels que ceux produits à partir du miellat de mélèze ou de tilleul, contiennent des taux de mélézitose pouvant atteindre 15 à 18 % (Kayacier et Karaman, 2008).



**Figure 8. Principaux glucides du miel**

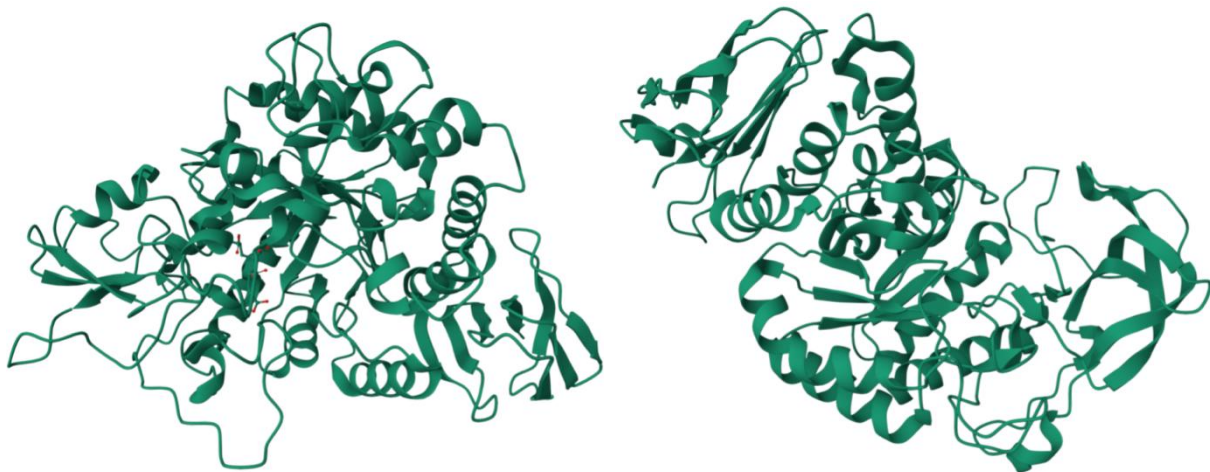
**Légende :** de gauche à droite et de haut en bas : Glucose ; Fructose ; Sucrose (saccharose) ; Maltose ; Mélézitose

### 1.6.3 Protéines

Les protéines sont présentes en faibles quantités dans le miel (0,26 %) et la teneur en azote est très faible, avoisinant 0,041 %. Ces protéines comprennent principalement des peptones, des albumines, des globulines et des nucléoprotéines provenant soit des plantes (nectars, grains de pollen), soit des sécrétions des abeilles. De plus, de petites quantités d'acides aminés tels que la proline, la trypsine, l'histidine, l'alanine, la glycine, et la méthionine sont également présentes. La proline est l'acide aminé le plus abondant et sa concentration donne une indication sur la qualité du miel, qui ne doit pas être inférieure à 183 mg/kg (Meda et al., 2005). La teneur en protéines varie avec la quantité de grains de pollen présents dans les miels, qui sont généralement pauvres en protéines. Les protides du miel se composent de protéines et d'acides aminés libres. Les recherches récentes ont révélé la présence de 10 acides aminés libres différents (Meda, 2005), certains constants, d'autres accidentels. La teneur en protéines dans les miels varie de 0,20 % à 0,6 %, bien qu'elle puisse atteindre 2 % naturellement dans le miel de bruyère (Callune) (Anklam, 1998).

### 1.6.4 Enzymes

Les enzymes dans le miel proviennent à la fois du nectar et des sécrétions salivaires des abeilles (Louveaux, 1980). Le nectar contient dès sa récolte des enzymes agissant sur les sucres, et les abeilles y ajoutent des enzymes provenant de leurs glandes pharyngiennes. Les principales enzymes dans le miel incluent l'invertase ( $\alpha$ -1,4-glucosidase), l'amylase ( $\alpha$ -amylase, diastase), la glucose oxydase, la catalase et la phosphatase, la plupart provenant des abeilles. L'invertase et l'amylase sont particulièrement importantes pour évaluer la qualité du miel (Serrano et al., 2007).



**Figure 9. Structure de l'alpha-glucosidase (à gauche) et de l'alpha-amylase (à droite)**

Les enzymes du miel sont largement étudiées en raison de leur utilisation comme indicateurs de chauffage. Leur destruction est proportionnelle à la température et à la durée du chauffage (Persano Oddo et al., 1999). Lobreau-Callen et al. (1999) rapportent que l' $\alpha$ -amylase, la  $\beta$ -amylase et la diastase, enzymes impliquées dans la digestion de l'amidon, sont présentes en quantités variables selon l'origine du miel. Les invertases transforment le

saccharose en peroxyde d'hydrogène (eau oxygénée) et gluconolactone. Ces trois types d'enzymes sont sensibles à la chaleur : elles peuvent se conserver pendant des années à 10°C, mais seulement quelques heures à 20°C. Ainsi, pour maintenir la naturalité du miel, il ne doit pas être chauffé. D'autres enzymes, comme la catalase et la phosphatase acide, sont également présentes.

### 1.6.5 Colloïdes du miel

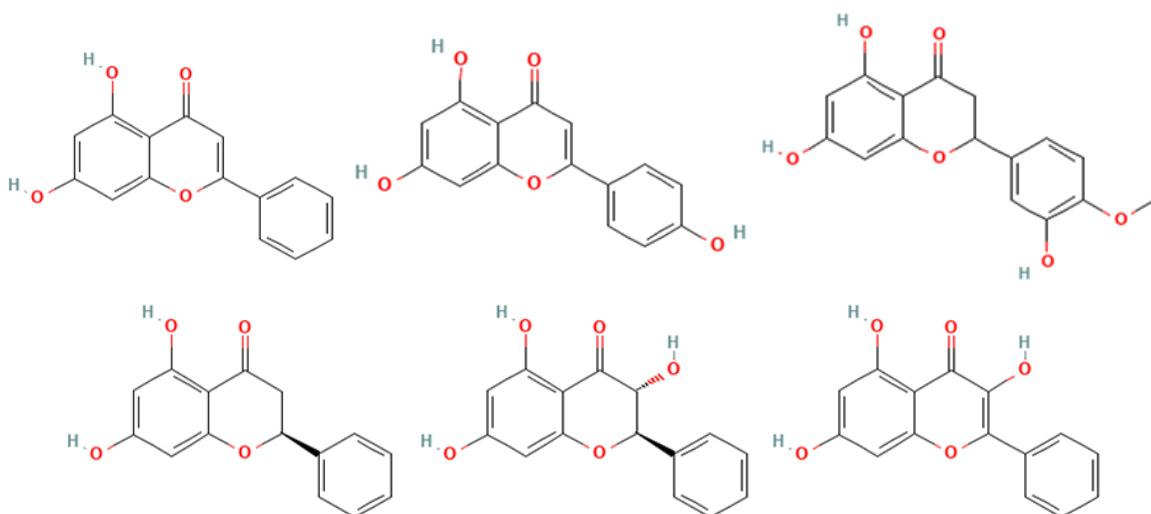
La teneur en colloïdes dans le miel varie de 0,1 % à 1 %, les miels plus foncés étant plus riches en colloïdes. Ces derniers sont principalement constitués de protéines, ainsi que de substances cireuses, de pigments et de pentosanes (Guillén et al., 2011).

### 1.6.6 Composés aromatiques

L'arôme est un facteur clé de la qualité du miel. Il dépend des substances volatiles, influencées par la composition du nectar et l'origine florale. Les miels monofloraux ont une valeur nutritionnelle élevée (Cuevas-Glorie et al., 2007). Le miel contient des traces de nombreuses substances responsables de son arôme (Bousetta et al., 1992), et la proportion de ces composés varie en fonction de la provenance du miel (Guler et al., 2007).

### 1.6.7 Composés phénoliques

Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires, principalement dérivés des sécrétions végétales. Parmi eux figurent les acides phénoliques (benzoïques et cinnamiques) et les flavonoïdes (flavones et flavanones) en proportions variables (Al-Mamary et al., 2002). Les phénols influencent la couleur, notamment via les flavonoïdes qui donnent au miel sa teinte jaune (Amiot et al., 1989). Les flavonoïdes les plus courants dans le miel incluent la chrysrine, l'apigénine, l'hésperétine, la pinocembrine, la pinobanksine et la galangine (Marquele et al., 2005 ; Meda, 2005). Ces composés phénoliques présentent des activités biologiques intéressantes telles que des propriétés germicides, bactériostatiques et anti-inflammatoires (Amiot et al., 1989).



**Figure 10. Principaux polyphénols du miel**

**Légende :** de gauche à droite et de haut en bas : chrysrine, apigénine, hésperétine, pinocembrine, pinobanksine, galangine

### 1.6.8 Vitamines

Le miel contient peu de vitamines comparé à d'autres aliments. Parmi les vitamines identifiées, on trouve principalement les vitamines du groupe B (B1, B2, B3, B5, B6) ainsi que la vitamine C, bien que ces quantités soient insuffisantes pour couvrir les besoins journaliers (Donadieu, 1984).

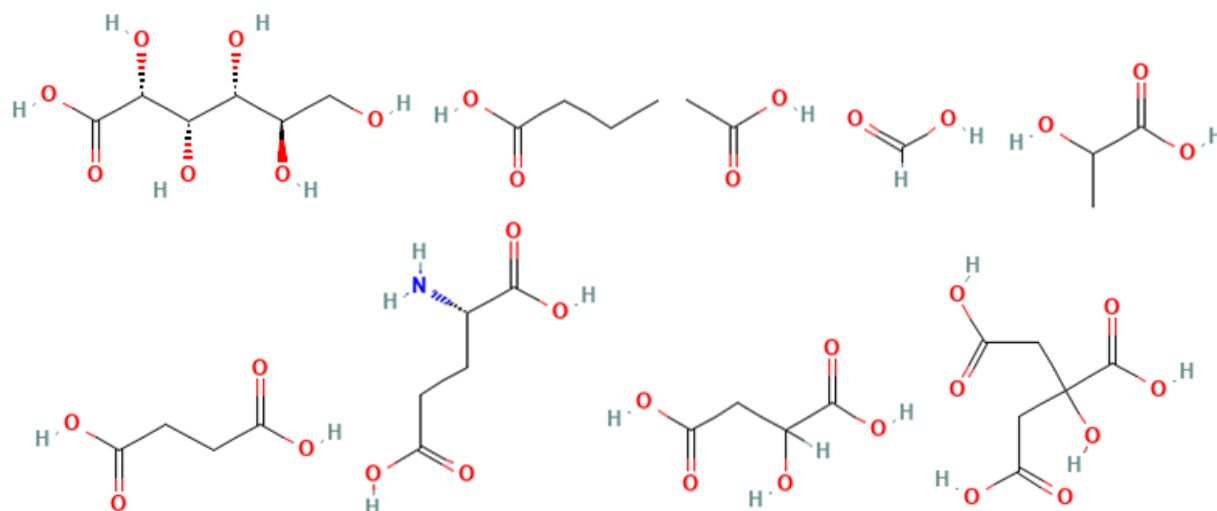
**Tableau II. Vitamines présentes dans le miel**

Vitamines	Quantités (mg/100g)
Thiamine (B1)	0.00-0.01
Riboflavine (B2)	0.02-0.01
Niacine (B3)	0.10-0.20
Acide pantothénique (B5)	0.02-0.11
Pyridoxine (B6)	0.01-0.23
Acide ascorbique (vitamine C)	202-2.5
Phyloquinone (vitamine K)	0.25

(Bogdanov et Matzke, 2003)

### 1.6.9 Acides organiques

Les acides présents dans le miel incluent l'acide gluconique (issu du glucose), ainsi que les acides butyrique, acétique, formique, lactique, succinique, pro-glutamique, malique et citrique. L'acidité totale est la somme des acides libres et des lactones (Lequet, 2010). Législativement, elle ne doit pas dépasser 50 milliéquivalents par kg, sauf pour les miels industriels où la limite est de 80 milliéquivalents (Décret n°2003-587 du 30 juin 2003).



**Figure 11. Acides organiques retrouvés dans le miel**

**Légende de la figure** (gauche à droite et de haut en bas) : A. gluconique ; A. butyrique ; A. acétique ; A. formique ; A. lactique ; A. succinique ; A. glutamique ; A. malique ; A. citrique

### 1.6.10 Hydroxyméthylfurfural (HMF)

L'hydroxyméthylfurfural (HMF) se forme dans le miel au fil du temps, particulièrement lorsqu'il est conservé à des températures normales (entre 15 et 20°C) (Küçük et al., 2007). Le

taux de HMF augmente graduellement, se multipliant par 1,10 après six mois et par 2 après un an. Ce processus est plus rapide dans les miels à pH faible (compris entre 3 et 3,5) (Gonnet, 1999). La température influence fortement la formation de HMF. Un chauffage modéré (35 à 40°C) pendant plusieurs jours peut avoir le même effet que quelques heures à 50°C ou quelques minutes à 80°C (Tosi et al., 2004). La teneur en HMF est mesurée par la coloration rouge formée à une longueur d'onde spécifique, et elle est exprimée en mg/kg. La limite légale est actuellement de 40 mg/kg, et un miel de bonne qualité ne devrait pas dépasser 25 mg/kg de HMF (Downey et al., 2005 ; Zappala et al., 2005).

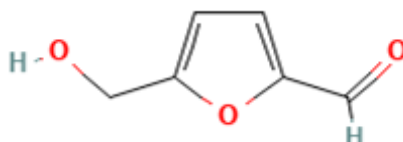


Figure 12. Structure de l'HydroxyMethylFurfural HMF

### 1.6.11 Lipides

Le miel est pauvre en lipides, ces derniers étant essentiellement des microparticules de cire qui échappent à la filtration (Khmiri, 2008). Si l'on considère la définition d'un lipide : « toute molécule organique insoluble dans l'eau »

### 1.6.12 Sels minéraux et oligoéléments

Le miel contient quelques sels minéraux ainsi que des traces d'oligoéléments. Ces quantités dépendent de l'origine du miel et définissent généralement sa couleur. Les miels de fleurs contiennent entre 0,1 et 0,35 g de sels minéraux et oligo-éléments pour 100 g de miel, tandis que certains miels de miellat, tels que le miel de châtaignier, en contiennent plus de 1 g/100 g (Oudjet, 2012). De récentes études ont confirmé la présence de ces éléments dans des miels variés, avec des taux dépendant des conditions environnementales et des types de plantes butinées (Tornuk et al., 2013 ; Sahinler et Gul, 2020). Actuellement, la conductivité électrique du miel est préférée à la détermination de la teneur en matière minérale (cendre), car elle est plus facilement mesurable. Elle est principalement utilisée pour caractériser les miels monofloraux (Nanda et al., 2003). La teneur en matière minérale et la conductivité électrique varient selon l'origine botanique et géographique des miels (Nair, 2006). Un lien linéaire existe entre ces deux paramètres, permettant d'estimer la teneur en matière minérale à partir de la conductivité électrique (Bogdanov et al., 2004b).

Tableau III. Sels minéraux et oligo-éléments du miel

Les minéraux	Quantité en mg/kg	Les minéraux	Quantité en mg/kg
Potassium	200-1500	Manganèse	0.2-10
Sodium	16-170	Chrome	0.1-0.3
Calcium	40-300	Cobalt	0.01-0.5
Magnésium	7-130	Nickel	0.3-1.3
Fer	0.3-40	Aluminium	60
Zinc	0.5-20	Cuivre	0.2-6
Plomb	<0.02-0.8	Cadmium	<0.005-0.15

(Mores et al., 1980)

## 1.7 Caractères organoleptiques

Ce sont des critères essentiels pour évaluer la qualité du miel, et qui influencent considérablement la perception du consommateur. Ces critères dépendent de l'origine florale du nectar, de la région géographique et des pratiques apicoles.

### 1.7.1 La couleur

La couleur du miel peut varier du presque incolore au brun très foncé, selon la source florale. Par exemple, le miel d'acacia est généralement clair à l'état liquide, tandis que le miel de sarrasin est presque noir. La couleur du miel peut également être utilisée pour indiquer son vieillissement ou la présence de minéraux. En France, la couleur des miels est mesurée à l'aide de l'échelle de Pfund, tandis que la cristallisation et la limpidité sont également prises en compte pour déterminer la qualité du produit (Lobreau-Callen & Clément, 2000).

### 1.7.2 L'arôme

L'arôme du miel est principalement déterminé par les substances volatiles présentes dans le nectar des fleurs butinées par les abeilles. Chaque type de miel a un profil aromatique distinct en fonction de l'origine botanique. Les miels de lavande, par exemple, ont un parfum floral délicat, tandis que ceux de thym dégagent une odeur plus épicée (Lobreau-Callen & Clément, 2000). Les analyses sensorielles permettent de classer les arômes en fonction de leur intensité et de leur nature (végétale, florale, ou fruitée).

### 1.7.3 La saveur

La saveur du miel dépend principalement de la teneur en sucres, notamment en glucose et fructose, ainsi que de la présence d'acides organiques. Chaque type de miel présente une saveur unique : le miel d'acacia est réputé pour sa douceur, tandis que le miel de châtaignier est plus amer et persistant en bouche. Les composés phénoliques présents dans certains miels contribuent également à une légère amertume, en particulier dans les miels plus foncés (Maurizio, 1958 ; Lobreau-Callen & Clément, 2000).

### 1.7.4 La texture et la consistance

La texture du miel peut être liquide, cristallisée ou granuleuse, en fonction de sa teneur en glucose et en fructose. Les miels riches en glucose, tels que ceux de colza, cristallisent plus rapidement, tandis que ceux riches en fructose, comme le miel d'acacia, restent liquides plus longtemps. La consistance est également influencée par la teneur en eau, qui affecte la viscosité du miel (Faucon et al., 1997). Ces caractéristiques organoleptiques jouent un rôle primordial dans l'appréciation du miel par les consommateurs et sont utilisées pour classer les miels selon leur origine botanique et leur qualité.

### 1.7.5 La cristallisation

La cristallisation du miel est un processus naturel, sa vitesse dépend surtout de la teneur en glucose du miel. Les miels dont la teneur en glucose est  $< 28$  g/100 g ou dont le rapport glucose/eau est  $< 1,7$  restent plus longtemps liquides. Les miels à cristallisation rapide se

crystallisent le plus souvent très finement, alors que les miels à cristallisation lente ont tendance à avoir une cristallisation grossière (**Bogdavov et al., 2003**). La cristallisation se fait à partir de cristaux primaires de glucose qui sont présents dès la récolte et faciles à mettre en évidence en lumière polarisée sous le microscope. La croissance de ces cristaux aboutit à la formation de 2 phases : une phase solide constituée de glucose cristallisé et une phase liquide enrichie en eau. La cristallisation est la plus rapide à la température de 14°C. Les basses températures retardent la croissance des cristaux. Les hautes températures entraînent la dissolution des cristaux qui disparaissent totalement à 78°C (**Emmanuelle et al., 1996**).

## 1.8 Propriétés physique du miel

### 1.8.1 Indice de réfraction

Il varie proportionnellement avec la température et la teneur en eau (de 1,5041 à 1,4915 pour une teneur en eau de 13 à 18 %, donc pour la plupart des miels, et atteint 1,4789 pour les miels de callune avec 23 % d'eau). L'utilisation d'un réfractomètre permet ainsi de connaître la teneur en eau des divers échantillons.



Figure 13. Réfractomètre universel d'Abbe moderne

### 1.8.2 Pouvoir rotatoire

Selon la nature de l'ensemble des sucres contenus dans les miels, la lumière polarisée est fréquemment déviée à gauche dans la plupart des échantillons ou, plus rarement, à droite.



Figure 14. Polarimètre de Laurent

Le réfractomètre se distingue du polarimètre du fait qu'il donne une lecture à partir d'une graduation en indice de réfraction ou en degrés saccharimétriques, au lieu d'un angle de rotation. Aussi, le réfractomètre ne polarise pas la lumière en lui donnant un seul sens de passage à travers l'échantillon. La source de lumière est donc naturelle.

### 1.8.3 Conductivité

Elle est d'autant plus élevée que le miel est riche en substances ionisables, telles les matières minérales. Cette mesure, exprimée en  $10^{-4}$  S/cm, se fait dans une solution standard à 20 % de matière sèche (cendres). Elle est d'autant plus élevée que le miel est foncé par la présence de matières minérales (miels de miellats).

### 1.8.4 pH et acidité

La plupart des miels ont un pH relativement bas (acide). Cependant, ce dernier est d'autant plus élevé et proche de 7 que le miel est jeune, fraîchement récolté et contient d'abondants sels minéraux.

### 1.8.5 Densité

Pour une teneur moyenne en eau de 17,2 % à 20 °C, la densité moyenne est de 1,42 et varie généralement de 1,39 à 1,44 selon la nature des miels analysés.

### 1.8.6 Viscosité

Elle dépend de la teneur en eau, de la température et, à un degré moindre, de la composition de l'échantillon étudié. À 35 °C, tous les miels sont fluides. Certains sont thixotropes comme ceux d'Erica et surtout de Calluna, et ont une viscosité anormale, leur consistance étant celle d'un gel. Pour rompre cet état, il suffit de remuer le miel avec une spatule ou une pointe dans chacune des cellules avant extraction par centrifugation.

### 1.8.7 Chaleur massique

À la température de 20 °C et avec une teneur de 17 % d'eau, la chaleur massique du miel est de 0,54 fois celle de l'eau dans les mêmes conditions. Il faut donc pratiquement deux fois moins d'énergie pour chauffer un miel que pour chauffer la même masse d'eau.

### 1.8.8 Conductivité thermique

Elle varie avec la teneur en eau et la température de l'échantillon. En moyenne, à 20 °C et avec une teneur en eau de 17 % :  $\lambda = 540 \times 10^{-3}$  W/m.

K contre  $580 \times 10^{-3}$  W/m · K pour l'eau.

### 1.8.9 Turbidité

Elle est très variable car le miel contient de nombreuses particules solides et (ou) des matières colloïdales en suspension, en quantités très variables.

### 1.8.10 Fluorescence

Toujours faible.

## 1.9 La fraude sur le miel

Le miel est un produit naturel récolté par les abeilles dans lequel il est impossible d'extraire ou d'ajouter quoi que ce soit (**Lobreau-Callen et al., 2000**) et propre à chaque pays . Cependant, plusieurs pays exportateurs et quelques producteurs peu scrupuleux n'hésitent pas à transgresser les règlements en modifiant et en falsifiant ce produit naturel afin de tenter d'en augmenter la valeur marchande. Les principaux types de fraudes à envisager sont de natures physico-chimique, botanique ou géographique.

### 1.9.1 Fraudes de nature physico-chimique

Les plus simples consistent à mettre sur le marché des miels « sales », avec de nombreuses traces minérales tels argiles, cristaux, loess, terres, des débris d'épidermes ainsi que de cellules renfermant de l'amidon, des restes d'insectes, des levures inactivées pouvant même former de véritables tapis, un indice diastasique inférieur à 8, des oxydes de fer, des résidus de produits chimiques divers, en particulier de traitements insecticides ou fongicides et autres substances de protection des végétaux, de la pollution atmosphérique ou de traitements vétérinaires des ruches normalement à faire en période de repos des abeilles (**Lobreau-Callen et al., 2000**). L'addition de sirop ou de sucre de canne est aisément détectée par la présence de cellules et de débris de cellules végétales observés en microscopie. Les techniques d'analyses pour détection d'une falsification suite à l'ajout des sucres et des sirops purs sont complexes et ne peuvent être réalisées que dans des laboratoires spécialisés (**Lobreau-Callen et al., 2000**). Un miel qui renferme un taux d'humidité trop élevé est généralement un produit récolté soit trop tôt, avant operculation et maturation dans la ruche, soit dans des régions tropicales humides, surtout à la saison des pluies. De tels miels sont riches en levures et fermentent très rapidement. L'eau peut être éliminée par déshumidification industrielle ; l'action des levures peut être stoppée par des inhibiteurs chimiques, ce qui est interdit. Un autre type de fraude consiste à ajouter dans des miels de qualité moindre des essences et parfum, rapidement décelables par de simples analyses chimiques. Les miels devraient être mis en pots avec un taux de HMF inférieur à 10 mg/kg et, après conditionnement et stockage, il ne faudrait pas qu'ils contiennent plus de 40 mg/kg. Un miel trop vieux ou trop chauffé soit à la récolte, soit avant conditionnement renferme un taux très élevé de HMF et un indice diastasique trop faible.

### 1.9.2 Fraudes de nature botanique et géographique

Les analyses sporo-polliniques sont réalisées pour déterminer ou contrôler l'origine géographique des miels. Toute élimination des particules solides des miels, tels le pollen et les spores, est interdite, de même que leur addition. Cependant, un miel de médiocre qualité peut être ultra centrifugé et filtré et du pollen de toutes sortes de taxons introduit (lavande, thym...). La technique employée permet la distinction entre le pollen incorporé dans du miel à maturité de celui présent au moment de son élaboration par les abeilles (**Lobreau-Callen et al., 2000**). Certaines techniques permettent de déterminer son origine botanique (Tableau ci-dessous)

**Tableau IV. Méthodes d'analyses des miels pour identifier leur origine botanique ou géographique**

Tableau 1 – Méthodes d'analyses des miels pour identifier leur origine botanique ou géographique (1)				
Analyses chimiques	Technique	Origine botanique	Origine géographique	Autres substances détectées
Mono- et disaccharides	Chromatographie en phase gazeuse			Adjonctions de sirop (possible)
	Chromatographie en couche mince			Adjonction de sucre
	Chromatographie liquide à haute performance			Adjonction de sucre
	Conductivité Réfractométrie Titrimétrie			
Oligosaccharides	Chromatographie en phase gazeuse Chromatographie ionique possible	Indications possibles	Indications possibles	Sirop de maïs à forte teneur en fructose
Humidité	Réfractométrie Gravimétrie			
Azote total	Kjeldahl			Adjonction de sucre (possible)
Acides aminés	Chromatographie en phase gazeuse	Indications possibles	Indications possibles	
	Chromatographie liquide à haute performance	Indications possibles	Indications possibles	
Protéines	Électrophorèse sur gel de polyamide	Indications possibles	Indications possibles	
Flavonoïdes	Chromatographie en phase gazeuse	Bonnes indications	Indications possibles	
	Chromatographie liquide à haute performance	Bonnes indications	Indications possibles	
	Chromatographie électrocinétique micellaire	Bonnes indications	Indications possibles	
Acides phénoliques	Chromatographie en phase gazeuse	Indications possibles		
	Chromatographie liquide à haute performance	Indications possibles		
Esters phénoliques	Chromatographie liquide à haute performance	Indications possibles		
Composés hydrocarbonés aromatiques	Chromatographie en phase gazeuse	Bonnes indications		
Acides organiques aliphatiques	Chromatographie en phase gazeuse	Indications possibles		
Acidité	Titrimétrie			
Rapport isotopique d'hydrocarbone stable	Résonance magnétique nucléaire			Adjonction de sucre (possible)
	Spectrométrie de masse à rapport isotopique			
Rapport deutérium/hydrogène	Résonance magnétique nucléaire	Indications possibles ( <i>Citrus</i> )		Adjonction de sucre (possible)
Minéraux et éléments à l'état de traces	Spectrophotométrie d'absorption atomique			
	Spectrophotométrie d'absorption atomique à atomisation électrothermique			
	Spectrométrie de masse à ionisation couplée à une torche à plasma			
Résidus	Chromatographie liquide à haute performance			
	Analyse par réaction immuno-enzymatique Spectrophotométrie			Traitements (possibles)
Activité enzymatique	Spectrophotométrie			Traitement à chaud
Hydroxyméthylfurfural (HMF)	Spectrophotométrie Chromatographie liquide haute performance			Addition de sucre inverti (possible) Traitement à chaud
Composés marqueurs particuliers	Méthodes diverses	Bonnes indications		
Composés aromatiques	Distillation extractive simultanée	Bonnes indications	Indications possibles	
	Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse	Bonnes indications	Indications possibles	
	Analyse par dilution isotopique	Bonnes indications	Indications possibles	
Composants multiples	Techniques diverses	Bonnes indications		
Bactéries	Cultures			
Pollen et spores	Observations en microscopie photonique et (ou) en microscopie électronique à balayage	Bonnes indications	Bonnes indications	
	Observations en microscopie électronique à transmission			Pollens frais ou pelotes écrasées introduits dans le miel

(1) D'après [17], complété par Moussa (inéd), pour les analyses chimiques et Lobreau-Callen pour les pollens et spores.

(Lobreau-Callen & Clément, 2000)

## 1.10 Propriétés thérapeutiques

Le miel a de précieuses propriétés thérapeutiques pouvant être répertoriées comme suit :

- Action dynamique et augmentation de la résistance générale de l'organisme.
- Action antibactérienne à laquelle on donne le nom global d'inhibine. Du fait de l'inhibition du développement des bactéries, cette action bactériostatique du miel est à l'origine de quelques propriétés médicinales qui lui sont attribuées.
- Action fébrifuge.
- Propriétés antiseptiques (Usage extrême du miel comme antiseptique sur les plaies et les blessures).
- Propriétés anti-anémique.
- Le miel possède des propriétés régénératrices de certaines fonctions de l'organisme par la présence de catalyseurs tels que les enzymes et les vitamines. **(Darrigol, 1979 et Philipe, 1980).**

On constate que le miel a souvent les mêmes vertus médicinales que la plante dont il provient. Le nectar qui est de la sève élaborée contiendrait donc les substances actives de la plante dont il est issu **(Darrigol, 1979).**

**Tableau V. Caractéristiques et indications de certains miels monofloraux**

Nature des miels	Caractéristiques habituelles	Indications particulières
Miel d'eucalyptus	Ambré très aromatique Saveur assez prononcée.	Antiseptique pulmonaire, intestinal. Calmant de la toux.
Miel d'oranger	Faiblement ambré. Saveur agréable Consistance pâteuse. Très doux	Antispasmodique, Sédatif utilisé en cas de migraine.
Miel de lavande	Blanc à doré. Parfumé et onctueux.	Bactéricide. Calmant. Application externe en cas de blessures. Plus efficace contre la diarrhée
Miel de sapin	Foncé. Saveur exquise. Fortement aromatique.	Excellent antiseptique respiratoire, contre les bronchites et anti-infectieux (Toute nature)
Miel de romarin	Pâle presque blanc. Odeur subtile.	Puissant stimulant de l'état général. Combat les colites miel des hépatiques.
Miel de thym	Assez foncé. Aromatique. Saveur forte.	Antiseptique contre les maladies vermifuges.

**(Darrigol, 1979)**

Ces origines ont une influence réelle sur les propriétés antibactériennes des miels comme le démontre le tableau de synthèse suivant :

**Tableau VI. Activités antibactériennes des miels selon les sources florales**

Origine du miel	Plantes de pâturage	Microorganismes	References
<b>Afrique du Sud</b>	<i>Eucalyptus cladocalyx</i> <i>Myrica cordifolia</i>	<i>Candida albicans</i> strain 3118	Frans et al. 2001
<b>Algérie</b>	<i>Ziziphus lotus</i> <i>Euphorbia bupleuroides</i>	<i>Escherichia coli</i> (ATCC 25922), <i>Staphylococcus aureus</i> (ATCC 25923), <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (ATCC 9027)	Haderbache et al. 2020
<b>Arabie Saoudite</b>	<b>Monofloral:</b> <i>Ziziphus nummularia</i> <i>Ziziphus spina-christi</i> <i>Blepharis ciliaris</i> <i>Thymus serpyllum</i> <b>Polyfloral:</b> <i>Acacia asak</i> <i>Acacia origena</i> <i>Acacia negrii</i> <i>Acacia senegal</i> <i>Anisotes trisulcus</i> <i>Ziziphus spina-christi</i>	<i>Staphylococcus aureus</i> (ATCC 25923), <i>Escherichia coli</i> (ATCC 35218), <i>Proteus vulgaris</i> (ATCC 13315), <i>Citrobacter diversus</i> (ATCC 13315) <i>Salmonella enterica</i> (ATCC 700931).	Hegazi et al. 2020
<b>Australie</b>	<i>Eucalyptus marginata</i>	<i>Trichophyton rubrum</i>	Guttentag et al. 2021
<b>Brésil</b>	<i>Eucalyptus</i> sp.	<i>Staphylococcus aureus</i> methicilline resistant S21 <i>Pseudomonas aeruginosa</i> P28	Proaño et al. 2021
<b>Chili</b>	<i>Eucryphia cordifolia</i>	<i>Escherichia coli</i> ATCC 35218, <i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 27853 <i>Staphylococcus aureus</i> methicilline resistant ATCC 43300	Sherlock et al. 2010
<b>Danemark</b>	<i>Mentha aquatica</i> <i>Tilia cordata</i> <i>Crataegus monogyna</i> <i>Erica tetralix</i> <i>Trifolium repens</i> <i>Hudsonia tomentosa</i> <i>Calluna vulgaris</i> <i>Rubus odoratus</i> <i>Brassica napus</i>	<i>Staphylococcus aureus</i> CCUG 1800; <i>Staphylococcus aureus</i> 1094-7; <i>Staphylococcus epidermidis</i> CCUG 39508; <i>Pseudomonas aeruginosa</i> SKN 1317; <i>Escherichia coli</i> K 12	Matzen et al. 2018
<b>Egypte</b>	<i>Cassia javanica</i>	<i>Epidermophyton microsporum</i>	El-Gendy, 2010
	<i>Citrus reticulata</i>	<i>Trichophyton</i> sp.	El-Gendy, 2010
<b>Iran</b>	<i>Petro selinum sativum</i> , <i>Nigella sativa</i> , <i>Citrus sinensis</i> , <i>Zataria multiflora</i> , <i>Citrus aurantium</i> , <i>Zizyphus mauritiana</i>	anti-HIV-1 activity	Behbahani, 2014
<b>Malaisie</b>	<i>Koompassia excelsa</i> (tualang tree)	<i>A.baumannii</i> <i>Stenotrophomonas maltophilia</i> .	Hern et al. 2009
<b>Nouvelle Zélande</b>	<i>Leptospermum scoparium</i>	<i>Enterococcus</i> sp., <i>Streptococcus mutans</i> , <i>Streptococcus sobrinus</i> , <i>Streptococcus</i> <i>pyogenes</i> , <i>Streptococcus agalactiae</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>staphylococcus</i> sp., <i>Staphylococcus methicilline</i> resistant, <i>Actinomyces viscosus</i> , <i>Enterobacter</i> <i>cloacae</i> , <i>Shigella sonnei</i> , <i>Salmonella</i> <i>typhi</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Burkholderia</i> <i>capacia</i> , <i>Helicobacter pylori</i> , <i>Campylobacter</i> spp., <i>Porphyromonas</i>	Ahmed and Othman, 2013

		<i>gingivalis Stenotrophomonas matophili, Acinetobacter baumannii, Pseudomonas aeruginosa, Proteus mirabilis, Shigella flexneri, Escherichia coli, Salmonella enterica serovar typhi.</i>	
<b>Pakistan</b>	<i>Ziziphus jujuba Acacia modesta Eucalyptus spp. Carissa opaca Helianthus annuus Trifolium alexandrium Plectranthus rugosus wall Prosopis spp. Nigella sativa</i>	MDR-Salmonella typhi	Hussain et al. 2015
<b>Pologne</b>	<i>Melilotus albus Melilotus officinalis</i>	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923 <i>Escherichia coli</i> ATCC 25922, <i>Klebsiella pneumoniae</i> ATCC 700600, <i>Salmonella</i> spp	Sowa et al. 2017
<b>Portugal</b>	<i>Castanea sativa mill Eucalytus globulus Citrus sinensis Lavandula stoechas Erica cinerea</i>	<i>Candida tropicalis.</i> <i>Candida</i> biofilms <i>Staphylococcus aureus</i> <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Fernandes et al. 2020
	<i>Erica sp</i>	<i>Candida albicans,</i> <i>Candida krusei,</i> <i>Cryptococcus neoformans.</i>	Feás et Estevinho, 2011
	<i>Lavandula stoechas</i>	<i>Candida albicans</i> (CECT 1394), <i>Candida krusei</i> (ESA 11) <i>Cryptococcus neoformans</i> (ESA 3).	Maria et al. 2011
<b>Ukraine</b>	<i>Helianthus</i> spp.	<i>Staphylococcus aureus</i> CCM 4223, <i>Listeria monocytogenes</i> ATCC 7644, <i>Salmonella enterica</i> serovar Typhimurium CCM 3807 <i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	Giovanni et al. 2020
	<i>Robinia</i> spp	<i>Staphylococcus aureus</i> CCM 4223, <i>Listeria monocytogenes</i> ATCC 7644, <i>Salmonella enterica</i> serovar typhimurium CCM 3807 <i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	Giovanni et al. 2020

### (Feknous et Boumendjel, 2022)

Le miel a démontré une activité antimicrobienne contre une large variété de micro-organismes, notamment plus de 60 espèces bactériennes à Gram positif et Gram négatif (Molan et al., 1992).

Les bactéries à Gram positif, telles que *Streptococcus pyogenes* et *Mycobacterium tuberculosis*, sont plus sensibles à l'action antibactérienne du miel que les bactéries à Gram négatif, en raison de la membrane externe présente chez ces dernières qui empêche la pénétration des agents antimicrobiens (Mandal et Mandal, 2011; Madigan et al., 2015).

Des études ont également révélé que le miel est efficace contre des bactéries résistantes aux antibiotiques, telles que *Staphylococcus aureus* résistant à la méthicilline et *Pseudomonas aeruginosa* résistant au carbapénem (Cooper et al., 2014; Dimitrios et al., 2018).

En médecine vétérinaire, le miel est utilisé comme remède alternatif contre les infections des mamelles, telles que les mammites, en raison de son efficacité contre des pathogènes tels que *Klebsiella pneumoniae* et *Staphylococcus aureus* (Allen et Molan, 1997).

Par ailleurs, le miel a des propriétés antivirales avérées, notamment contre des virus tels que la grippe, le virus de la dengue, l'hépatite virale, et même le virus de la COVID-19 (Filipe, 2020; Farshid et al., 2021).

De plus, Behbahani (2014) a démontré que le méthylglyoxal (MGO), présent en grande concentration dans certains miels, possède une activité anti-VIH-1.

Les propriétés antifongiques du miel ont également été largement documentées, avec une efficacité notable contre des espèces des genres *Aspergillus* et *Penicillium* (Brady et al., 1997). Le miel a également montré des effets inhibiteurs contre diverses espèces de *Candida*, notamment *C. albicans*, qui affectent les patients immunodéprimés (Mulu et al., 2010). Guttentag et al. (2021) ont démontré que certains miels australiens inhibent la germination des conidies et endommagent la structure des hyphes de *Trichophyton rubrum*, un agent pathogène fongique.

En outre, le miel possède des propriétés antiparasitaires. Il a été démontré qu'il est actif contre *Entamoeba histolytica*, *Giardia lamblia*, et *Leishmania tropica*, des parasites responsables de graves infections chez l'homme (Mohammed et al., 2017; Aksoy et al., 2020).

Enfin, le miel est utilisé dans l'industrie agro-alimentaire, notamment en tant qu'édulcorant naturel dans les aliments probiotiques. Il stimule la croissance des bactéries lactiques tout en inhibant les bactéries pathogènes, contribuant ainsi à la conservation des aliments et à la protection des consommateurs (Sanz et al., 2005; Bansal et al., 2005).

### **1.10.1 Les facteurs de l'activité antibactérienne des miels et leurs modes d'action**

De nombreuses études ont été menées pour identifier les facteurs responsables de l'activité antibactérienne du miel.

Bogdanov (1997) a mis en évidence plusieurs facteurs, tels que l'osmolarité, le pH acide, et les inhibines, termes introduits par Dodd et al. (1937), qui incluent le peroxyde d'hydrogène et des systèmes non-péroxydes, ainsi que d'autres composés bioactifs (Bruneau, 2006 ; Olofsson et al., 2016).

Ces différents facteurs peuvent agir de manière synergique ou indépendante pour inhiber la croissance bactérienne (Alvarez-Suarez et al., 2010).

#### **1.10.1.1 Le pH acide**

Tous les miels sont acides, en raison de la présence de 30 acides organiques, dont le principal est l'acide gluconique, qui confère au miel un pH bas (Bansal et al., 2005 ; Bogdanov et al., 2008).

Les miels de nectar ont un pH compris entre 3,5 et 4,5, tandis que les miels de miellat ont un pH entre 5 et 5,5 (Mbogning, 2011). Cette acidité inhibe la croissance des bactéries pathogènes, dont le pH optimal de croissance se situe entre 7,2 et 7,4 (Osmojasola, 2002).

### 1.10.1.2 La pression osmotique

Le miel a une activité de l'eau comprise entre 0,56 et 0,62 et une osmolarité élevée due à sa concentration en sucres (Belhadj et al., 2015).

Cette hypertonicité empêche la croissance des micro-organismes en réduisant l'eau disponible, ce qui déshydrate et lyse les cellules bactériennes (Bogdanov et al., 2001 ; Olaitan et al., 2007).

### 1.10.1.3 Le peroxyde d'hydrogène (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)

Le peroxyde d'hydrogène (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) est un puissant antiseptique présent dans tous les miels à des concentrations variables (Di Girolamo et al., 2012 ; Chua et al., 2015).

Produit par la glucose oxydase lors de l'oxydation du glucose (Kus et al., 2016), il est la principale inhibine dans la majorité des miels (Kerkvliet, 1996). Cependant, ce composé est actif principalement dans les miels non mûrs et sa production diminue au cours du mûrissement (Bogdanov et al., 2001).

Le peroxyde d'hydrogène est sensible à la chaleur et à la lumière, ce qui réduit son efficacité au fil du temps (Brudzynski et Lannigan, 2012).

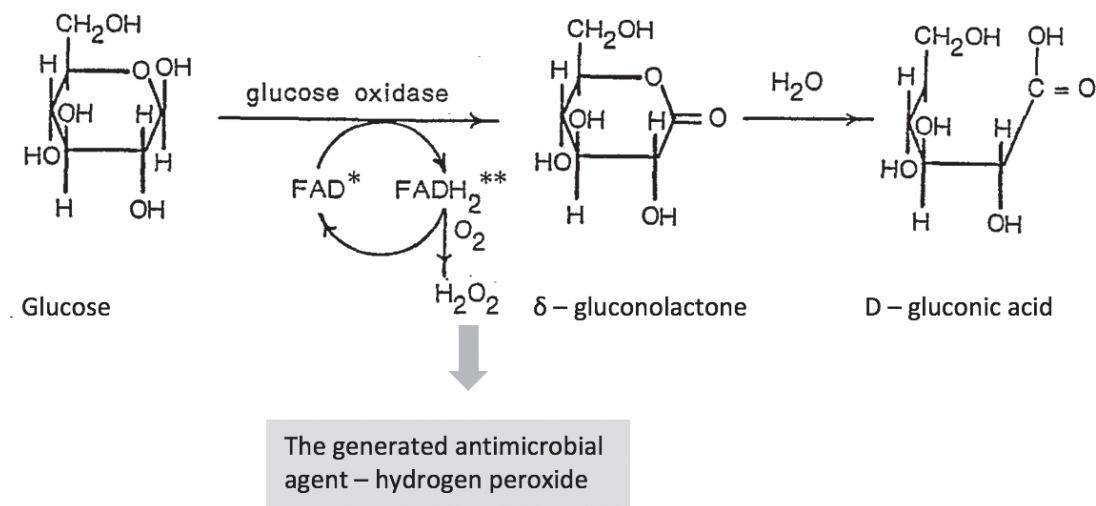


Figure 15. Réaction catalysée par la glucose oxydase et génération de peroxyde d'hydrogène

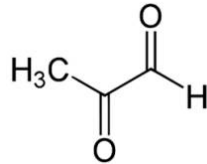
(Piotr Szweda, 2017)

### 1.10.1.4 Le méthylglyoxal (MGO)

Le MGO est un agent antibactérien présent principalement dans le miel de Manuka (*Leptospermum scoparium*), où sa concentration est jusqu'à 100 fois supérieure à celle des autres miels (Atrott & Henle, 2009).

Identifié par Henle en 2008, le MGO inhibe la formation de biofilms bactériens et altère les flagelles des bactéries, empêchant ainsi leur adhésion (Kilty et al., 2011).

De plus, il a une activité antivirale, notamment contre le virus de la grippe (Charyasriwong et al., 2015).



**Figure 16. Structure chimique de Méthylglyoxal (MGO)**

(Alvarez-Suarez et al. 2014)

#### **1.10.1.5 La défensine-1**

La défensine-1, également connue sous le nom de royalisine, est un peptide antimicrobien présent dans la gelée royale et le miel, sécrété par les glandes hypopharyngiennes des abeilles (Fujiwara et al., 1990 ; Kwakman et al., 2010).

Ce peptide a une activité bactéricide contre *Staphylococcus aureus* et *Bacillus subtilis* (Bulet et al., 1999 ; Kwakman & Zaat, 2012), et a également montré une activité antifongique contre *Candida albicans* et *Aspergillus* spp. (Chernysh et al., 1999).

#### **1.10.1.6 Les polyphénols**

Les polyphénols, issus du nectar et des sécrétions végétales, contribuent également à l'activité antibactérienne du miel. Ces composés, tels que les acides phénoliques et les flavonoïdes, inhibent la croissance d'une large gamme de bactéries et possèdent des propriétés antioxydantes importantes (Khan et al., 2017 ; Waheed et al., 2018).

# **Chapitre 2 :**

## **Généralités sur**

### **l'apiculture et la**

#### **production de miel bio**

## 2 Chapitre II. Généralités sur l'apiculture et la production de miel bio

### 2.1 L'apiculture à travers le monde

La production de miel est presque mondiale. Tous les continents en produisent à des volumes différents, dépendamment de leur biodiversité végétale, de leur climat, des espèces d'abeilles, des techniques de production, des politiques économiques...etc.

La figure ci-dessous décrit la production de Miel Naturel à travers le monde depuis 1961.

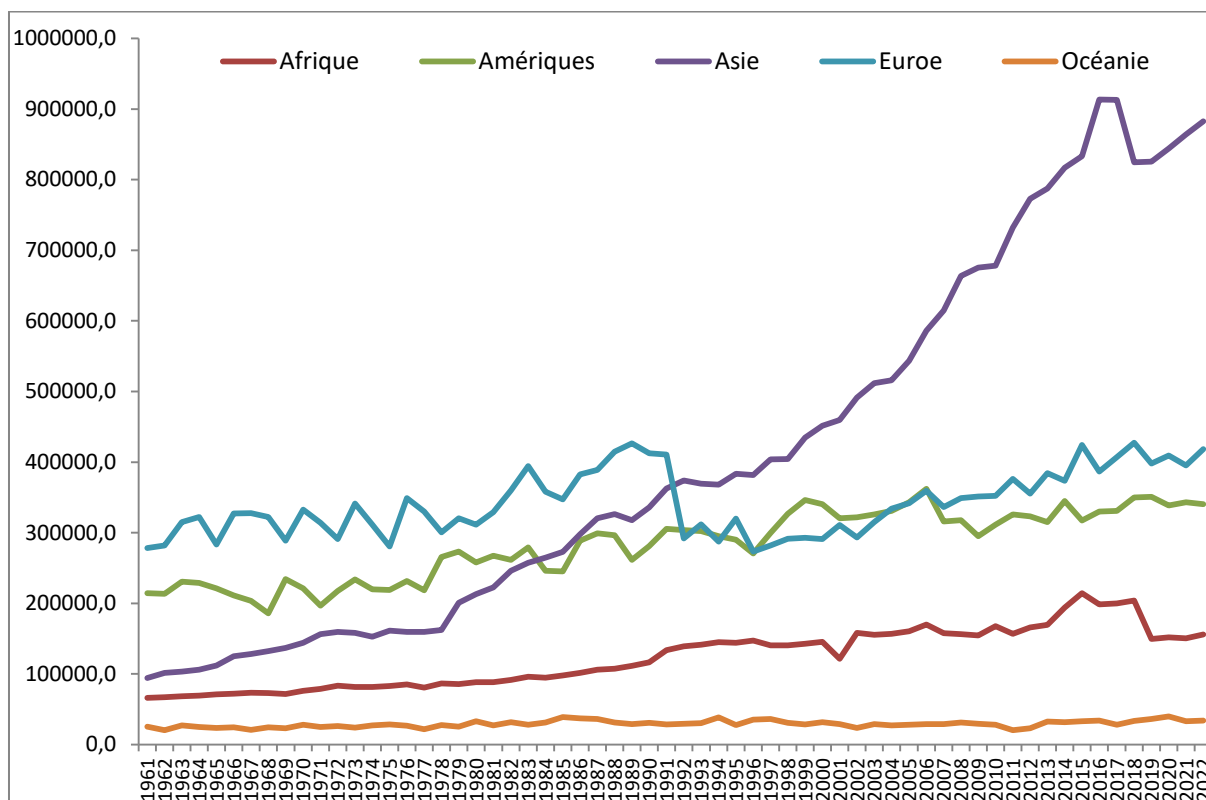


Figure 17. Production de miel naturel à travers le monde (FAO, 2024)

Les données de la FAO révèlent une tendance générale à la hausse, malgré des fluctuations annuelles. En 1961, la production mondiale s'élevait à 678 750,5 tonnes, atteignant 1 830 767,9 tonnes en 2022, soit une augmentation d'environ 170% sur six décennies. Cette croissance n'a pas été uniforme entre les régions. L'Asie a connu la progression la plus marquée, passant de 94 430 tonnes en 1961 à 882 455,4 tonnes en 2022, soit une augmentation de plus de 830%. Cette hausse spectaculaire positionne l'Asie comme le principal producteur mondial de miel à partir des années 2000. L'Europe et les Amériques, initialement les plus gros producteurs, ont connu des croissances plus modérées. L'Europe est passée de 278 299 tonnes à 418 330,4 tonnes (+50%), tandis que les Amériques sont passées de 214 400 tonnes à 340 173,6 tonnes (+59%). L'Afrique a vu sa production augmenter de 66 172 tonnes à 155 833,1 tonnes (+135%), tandis que l'Océanie, malgré des fluctuations, a maintenu une croissance stable, passant de 25 449,5 tonnes à 33 975,5

tonnes (+33%). Il est à noter des périodes de stagnation ou de déclin, notamment dans les années 1970 et au début des années 1990, probablement dues à des facteurs environnementaux, économiques ou politiques. Cependant, la tendance générale à long terme reste à la hausse, reflétant potentiellement des améliorations dans les techniques apicoles, une demande croissante, et possiblement une expansion des zones de production.

## 2.2 L'apiculture en Afrique du Nord

Le 22 mai 2023, à l'occasion de la Journée Mondiale des Abeilles, le bureau sous-régional de la FAO a lancé un projet visant à promouvoir l'apiculture en Afrique du Nord. Ce projet, réalisé en collaboration avec l'Union du Maghreb Arabe et les cinq ministères de l'agriculture de la région, bénéficie d'un financement de 500 000 USD. Il s'inscrit dans le cadre d'une stratégie visant à renforcer l'apport millénaire de l'apiculture à la biodiversité et à l'économie rurale. L'apiculture, joue un rôle crucial dans la pollinisation des plantes et la préservation des écosystèmes. L'apiculture symbolise fertilité et durabilité, avec une importance particulière en Afrique du Nord, où la diversité des climats et des paysages crée des conditions favorables à la production apicole. L'apiculture, présente en Afrique du Nord depuis des générations, représente une priorité pour le développement rural. Malgré des fluctuations récentes, la production de miel en 2020 a atteint 5376 tonnes en Algérie, 8334 tonnes au Maroc, et 3645 tonnes en Tunisie (FAO, 2021). Le projet vise à renforcer les pratiques durables, améliorer l'accès aux marchés et développer une stratégie cohérente pour une apiculture durable en Afrique du Nord. La figure ci-dessous décrit cette production dans la région d'Afrique du Nord.

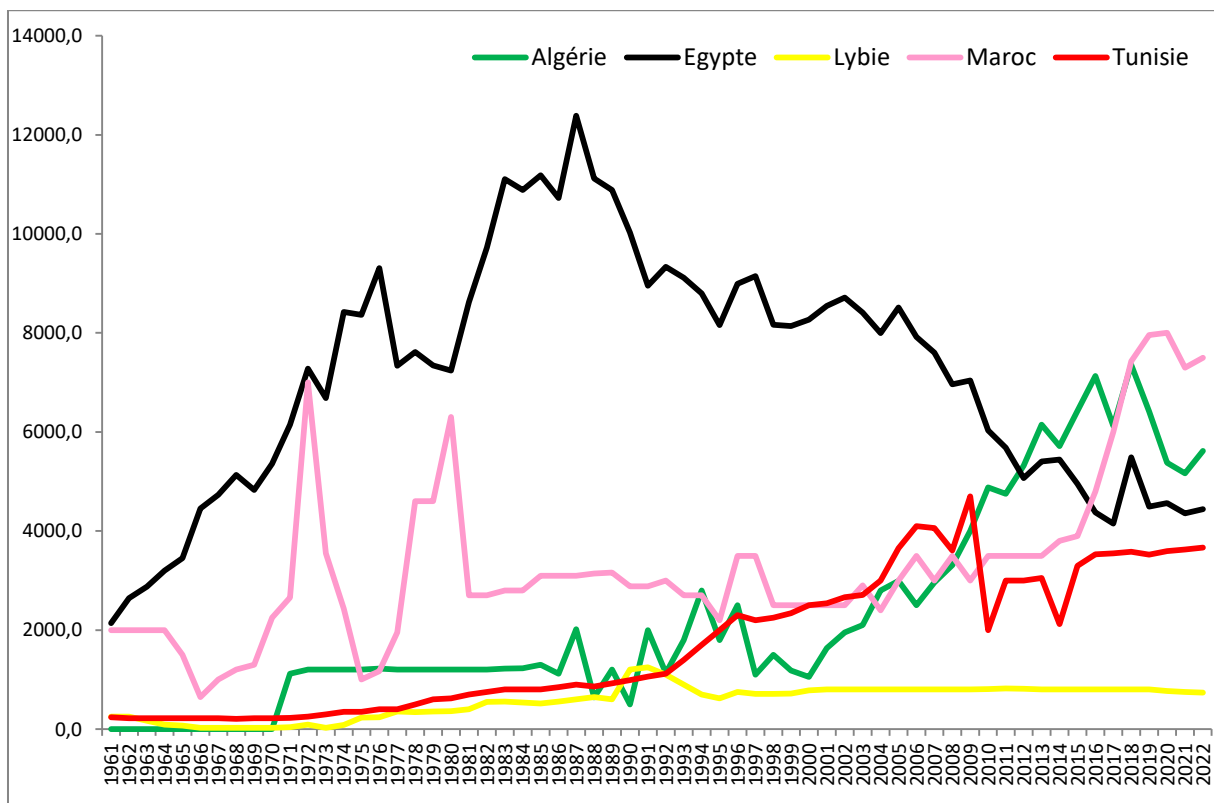


Figure 18. Production du miel naturel en Afrique du Nord

L'analyse des données de production de miel naturel en Afrique du Nord de 1961 à 2022 révèle des tendances distinctes pour chaque pays étudié : l'Algérie, l'Égypte, la Libye, le Maroc et la Tunisie. L'Égypte, initialement le plus grand producteur de la région, a connu une croissance modérée mais irrégulière. Sa production est passée de 2 140 tonnes en 1961 à un pic de 12 384 tonnes en 1987, avant de diminuer progressivement pour atteindre 4 439,9 tonnes en 2022. Le Maroc a connu une croissance significative et relativement constante, passant de 2 000 tonnes en 1961 à 7 500 tonnes en 2022, avec des fluctuations notables, notamment un pic à 7 960 tonnes en 2019. L'Algérie, sans production enregistrée jusqu'en 1970, a connu la croissance la plus spectaculaire. Sa production est passée de 1 120 tonnes en 1971 à 5 617,3 tonnes en 2022, faisant du pays le deuxième producteur de la région. La Tunisie a également connu une augmentation constante, passant de 240 tonnes en 1961 à 3 664,5 tonnes en 2022, montrant une progression régulière sur toute la période. La Libye, en revanche, a maintenu une production relativement stable et modeste, passant de 250 tonnes en 1961 à 739,2 tonnes en 2022, avec un pic à 1 250 tonnes en 1991. Globalement, la production totale de la région est passée d'environ 4 630 tonnes en 1961 à 21 960,9 tonnes en 2022, soit une augmentation de plus de 370%. Cette croissance reflète probablement des améliorations dans les techniques apicoles, une demande accrue, et potentiellement des politiques favorables au développement de l'apiculture dans la région.

### 2.3 L'apiculture en Algérie

Les statistiques officielles fournies par la FAO sont présentées sur la figure ci-dessous :

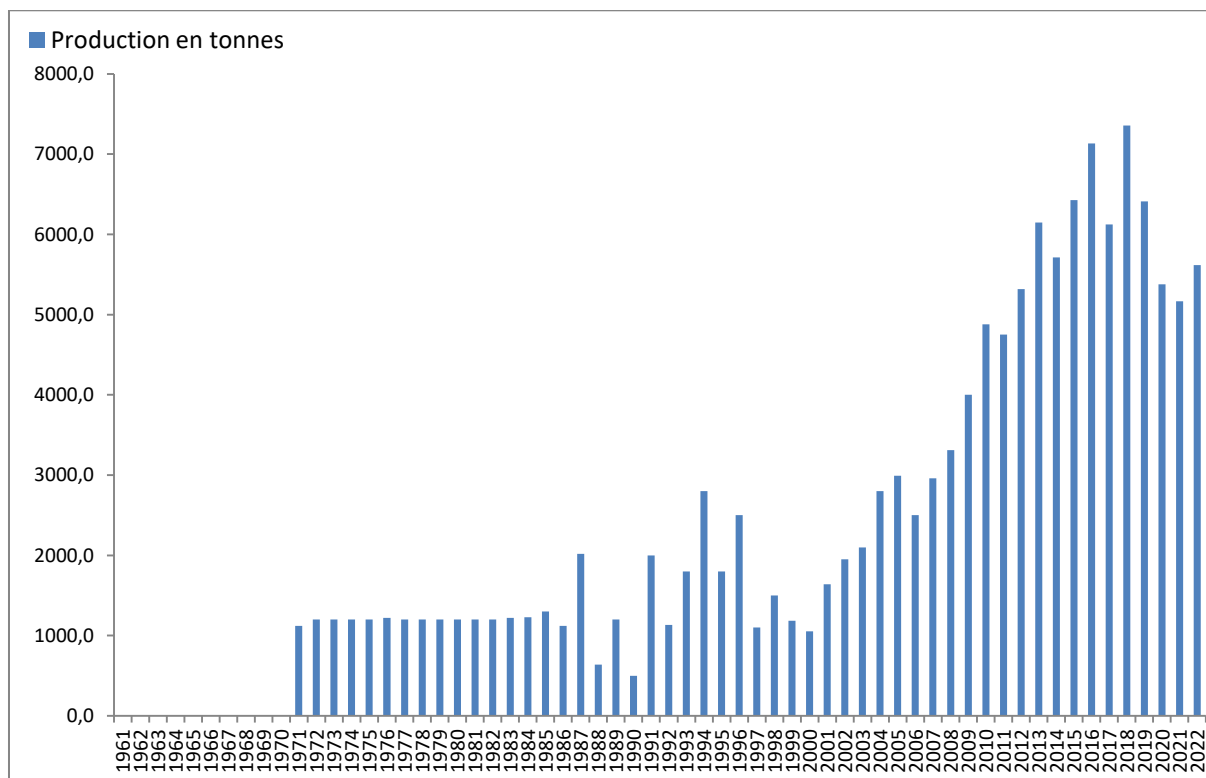


Figure 19. Production de miel naturel en Algérie

L'examen des données de production de miel naturel en Algérie de 1961 à 2022 révèle une évolution remarquable, caractérisée par plusieurs phases distinctes. De 1961 à 1970, aucune production n'est enregistrée, suggérant soit une absence de données, soit une production négligeable durant cette période. La production débute en 1971 avec 1 120 tonnes, marquant le commencement d'une phase de stabilité relative. De 1971 à 1986, la production oscille entre 1 120 et 1 300 tonnes par an, avec une moyenne d'environ 1 206 tonnes. À partir de 1987, on observe une période de fluctuations importantes. La production atteint un pic de 2 018 tonnes en 1987, suivi d'une chute à 640 tonnes en 1988, puis remonte à 2 800 tonnes en 1994. Ces variations pourraient être attribuées à des facteurs climatiques, économiques ou politiques. De 2000 à 2022, on constate une tendance générale à la hausse, malgré quelques fluctuations. La production passe de 1 054 tonnes en 2000 à un maximum historique de 7 356 tonnes en 2018, soit une augmentation de près de 600% sur cette période. Les dernières années (2019-2022) montrent une légère baisse et une stabilisation autour de 5 000-6 000 tonnes par an, avec 5 617,3 tonnes produites en 2022. Cette évolution globalement positive, en particulier depuis 2000, pourrait refléter des améliorations dans les techniques apicoles, des politiques de soutien au secteur, une demande croissante, ou une combinaison de ces facteurs. Cependant, les fluctuations observées soulignent la sensibilité de la production aux conditions externes, nécessitant des études plus approfondies pour en identifier les causes précises.

L'apiculture en Algérie est pratiquée surtout dans le nord du pays où la flore mellifère fournit une miellée pendant presque toute l'année. Dans le sud algérien, il y a plus d'un million de palmiers dattiers sur lesquelles les abeilles peuvent butiner (**Ratia, 2002**). Les principales espèces mellifères sont les agrumes, le tournesol et les nombreuses plantes sauvages. La principale miellée s'étend de février à mai (**Faveaux, 1984**).

Selon **Oudjet, (2012)** l'apiculture en Algérie n'est pas trop répondue et ça est dû aux facteurs suivants :

- L'absence de législation régissant l'activité apicole Algérienne ;
- La cherté et parfois l'absence des médicaments vétérinaires utilisés pour les abeilles ;
- Le non-respect des programmes de prophylaxie des pathologies des abeilles ;
- La perte de la flore mellifère (incendies, construction dans les zones agricoles...), ajoutée aux conditions climatiques défavorables et instables (la sécheresse...);
- La transhumance non pratiquée ;
- Le problème de circuit de commercialisation pour le miel ([http://www.cacqe.org/fichier\\_etude/2.pdf](http://www.cacqe.org/fichier_etude/2.pdf)).

## 2.4 Agriculture Biologique

### 2.4.1 Définition

L'agriculture biologique est un système global de production agricole qui vise à optimiser la santé et la productivité des écosystèmes agricoles, y compris les organismes humains. Selon le Codex Alimentarius, l'agriculture biologique privilégie les pratiques de gestion écologique, biologique et mécanique plutôt que le recours à des intrants chimiques de synthèse. Elle se fonde sur des méthodes naturelles pour maintenir l'équilibre des sols, des végétaux et des animaux, tout en préservant l'intégrité environnementale (Codex Alimentarius, 2003).

### 2.4.2 Rappel historique

L'agriculture biologique trouve ses origines au début du XXe siècle, avec des figures comme Rudolph Steiner, qui ont prôné une approche globale de l'agriculture, réconciliant l'homme et la nature. Ce mouvement est une réponse à la spécialisation croissante de l'agriculture industrielle, caractérisée par l'utilisation excessive de produits chimiques de synthèse. Depuis les années 1920, ce modèle agricole a évolué pour intégrer des pratiques respectueuses de l'environnement et du bien-être animal, en réaction aux pratiques agricoles intensives dominantes (Corabio, 2015). Les premiers standards de certification pour l'agriculture biologique sont apparus dans les années 1970 et 1980, notamment en Europe. Le cadre réglementaire européen, établi en 1991, a permis de structurer le secteur en définissant les règles précises encadrant les pratiques agricoles biologiques (RCE, 1991). Les contrôles portent principalement sur les méthodes de production, avec une attention particulière à l'absence de produits chimiques de synthèse, assurant une meilleure valorisation des produits agricoles (ITAB, 2015).

## 2.5 Production Biologique

### 2.5.1 Définition

La production biologique est définie comme un système de gestion durable visant à intégrer des pratiques environnementales respectueuses de la biodiversité, du climat et des ressources naturelles. Elle privilégie l'utilisation de procédés naturels et de haute qualité en réponse à la demande croissante des consommateurs pour des produits issus de pratiques respectueuses de l'environnement (RCE, 2018). Un produit biologique se distingue par le fait qu'il provient d'un système de production en conversion ou conforme aux règles de l'agriculture biologique.

### 2.5.2 Le rôle de la production biologique

La production biologique joue un double rôle crucial. D'une part, elle satisfait une demande croissante pour des produits plus sains, et d'autre part, elle contribue à des objectifs sociétaux importants tels que la protection de l'environnement, la promotion de la biodiversité et le bien-être animal (RCE, 2007). La production biologique favorise également

le développement rural, soutenant les petites exploitations agricoles à travers des circuits courts de distribution et la préservation des espèces locales (RCE, 2018).

### **2.5.3 Les principes de la production biologique**

La production biologique repose sur plusieurs principes fondamentaux. Il s'agit notamment de maintenir et d'améliorer la santé des sols, des végétaux et des animaux en utilisant des ressources naturelles locales, de limiter le recours aux intrants extérieurs, et de garantir l'intégrité des produits tout au long de la chaîne de production. Ce système de gestion met l'accent sur la préservation des paysages naturels et sur la production de denrées alimentaires de haute qualité, sans nuire à l'environnement ni à la santé humaine et animale (RCE, 2018).

### **2.5.4 Les objectifs de la production biologique**

La production biologique vise à atteindre plusieurs objectifs généraux, notamment :

- La protection de l'environnement et du climat.
- La préservation de la fertilité à long terme des sols.
- L'augmentation de la biodiversité.
- La promotion de normes élevées de bien-être animal.
- Le développement de circuits courts de distribution et la préservation des races locales menacées d'extinction (RCE, 2018).

## **2.6 Apiculture Biologique**

### **2.6.1 Définition**

L'apiculture biologique est une activité clé pour la préservation de l'environnement et des systèmes agricoles grâce à l'action pollinisatrice des abeilles. Elle respecte les principes de l'agriculture biologique en évitant l'usage de produits chimiques de synthèse, en privilégiant des pratiques d'élevage naturelles et en préservant la santé des abeilles (RCE, 1991 ; Codex, 2003).

### **2.6.2 Principes de l'apiculture biologique**

Les principes de l'apiculture biologique incluent :

- L'élevage de races d'abeilles adaptées aux conditions locales.
- La sélection naturelle des colonies d'abeilles en fonction de leur vitalité.
- L'hivernage des colonies avec des réserves suffisantes de miel et de pollen.
- Le nourrissage des abeilles avec du miel et des aliments biologiques.
- L'utilisation de matériaux naturels pour les ruches et la lutte contre les maladies à l'aide de substances naturelles (FIBL, 2017).

Ces principes visent à minimiser l'impact environnemental tout en maintenant un haut niveau de qualité dans les produits apicoles.

## **2.7 La mixité en apiculture biologique**

### **2.7.1 La mixité en cas d'espèces distinctes**

L'agriculture biologique autorise, dans certains cas, la présence simultanée d'animaux biologiques et non biologiques au sein d'une même exploitation, à condition que les unités de production soient clairement séparées et qu'il s'agisse d'espèces distinctes. Cette dérogation permet aux exploitations mixtes de respecter les normes biologiques tout en conservant certaines activités non biologiques (RCE, 2007 ; 2008).

### **2.7.2 Les cas de dérogation**

Dans des circonstances exceptionnelles, des dérogations permettent à un apiculteur d'exploiter des ruches biologiques et non biologiques sur la même exploitation. Par exemple, dans le cadre de traitements vétérinaires allopathiques ou à des fins de pollinisation, ces ruches peuvent coexister sous réserve de respecter des règles strictes de séparation et de traçabilité (Ecocert, 2017).

## **2.8 La conversion en agriculture et en apiculture biologique**

### **2.8.1 Définition**

La conversion en agriculture biologique est le processus de transition d'un système de production non biologique vers un système conforme aux exigences de l'agriculture biologique. Ce processus inclut des périodes de conversion spécifiques en fonction du type de production agricole antérieur (RCE, 2007 ; 2018).

### **2.8.2 Règles de conversion applicables à l'apiculture biologique**

La conversion des ruches en production biologique commence dès que l'apiculteur déclare son activité aux autorités compétentes. La période de conversion pour l'apiculture biologique dure généralement 12 mois, au cours desquels l'apiculteur doit appliquer toutes les règles de production biologique, y compris l'utilisation de cire biologique et la séparation des produits obtenus pendant la conversion des produits biologiques (Ecocert, 2017).

### **2.8.3 Après la conversion**

Une fois la conversion achevée, les produits de la ruche, tels que le miel, le pollen et la propolis, peuvent être commercialisés comme produits biologiques, sous réserve du respect strict des règles de production biologique (Codex, 2003).

**Chapitre 3 :**  
**Cahier de charge de**  
**production biologique**  
**de miel**

### 3 Chapitre III. Cahier des charges de production biologique du miel

La certification d'un miel Bio passe par un ensemble de vérifications minutieuses qui permettent de vérifier si l'itinéraire, les processus, les méthodes, le milieu et les matériaux utilisés sont également au niveau requis. Plusieurs organismes de certification existent et se basent plus ou moins sur les mêmes critères, tels que :

- La constitution et le renouvellement du cheptel biologique
- L'environnement et l'emplacement du rucher
- L'aire de butinage
- La cire d'abeille utilisable en agriculture biologique
- Le nourrissage biologique
- Les caractéristiques des ruches et des matériaux utilisés dans l'apiculture biologique

#### 3.1 Constitution et renouvellement du cheptel biologique

##### 3.1.1 Génétique de l'abeille

Toutes les races d'abeilles peuvent être élevées en agriculture biologique (FNAB, 2018). Cependant, dans le cadre de l'apiculture biologique, la priorité est donnée à l'utilisation d'*Apis mellifera* ainsi que de ses écotypes locaux (Règlement (CE) n° 834/2007, Codex Alimentarius, 2003 ; RCE, 2008 ; 2018). Ce choix repose sur deux principes majeurs.

##### 3.1.2 La préservation de la biodiversité

Avec l'augmentation des échanges mondiaux, les concepts de souches et d'écotypes locaux chez les abeilles sont altérés par le brassage génétique : l'introduction de reines étrangères, la diminution des colonies sauvages d'*Apis mellifera* et l'hybridation généralisée compliquent la gestion des espèces locales et de la diversité génétique de cette espèce (FNAB, 2018). L'introduction massive de reines non indigènes menace la persistance des réservoirs génétiques d'abeilles sauvages, entraînant une hybridation accrue. Toutefois, la cessation de ces introductions permettrait à l'abeille locale de retrouver sa place dans l'environnement, grâce à la sélection naturelle (Nature et Progrès, 2020).

##### 3.1.3 Les capacités d'adaptation aux conditions locales et la résistance aux maladies

Lors du choix des races ou des souches, les apiculteurs privilégient celles présentant une grande diversité génétique (RCE, 2018) et ayant démontré une capacité d'adaptation aux conditions locales (Codex Alimentarius, 2003 ; RCE, 2008 ; 2018). Ces souches sont également sélectionnées pour leur valeur génétique, leur longévité, leur vitalité, ainsi que leur résistance naturelle aux maladies (RCE, 1991 ; Codex Alimentarius, 2003 ; RCE, 2008 ; 2018), tout en respectant le bien-être animal (RCE, 2018). Les souches indigènes sont particulièrement favorisées, car elles sont mieux adaptées à la résistance contre certaines maladies présentes dans les élevages intensifs (RCE, 2018).

Dans le cadre de l'agriculture biologique, l'accent est mis sur la robustesse et la résilience des systèmes apicoles. Par conséquent, les abeilles recherchées ne doivent pas seulement être productrices de miel, mais également capables de produire de la cire biologique, tout en respectant les cycles naturels (Besnard, 2022). Cependant, pour des raisons techniques, l'utilisation d'autres races ou croisements est envisageable (Arnaud et al., 2016).

### 3.1.4 Origine et renouvellement du cheptel

#### 3.1.4.1 Origine et achat des abeilles

En apiculture biologique, les animaux doivent provenir d'unités de production biologique, sauf dérogation (RCE, 2018). Les ruchers peuvent être constitués par division de colonies ou par l'achat d'essaims ou de ruches provenant d'exploitations biologiques (RCE, 1991). La constitution ou le renouvellement d'un cheptel se fait avec des ruches, des reines, ou des essaims produits dans la même exploitation ou provenant d'une exploitation apicole biologique (Ecocert, 2013 ; Arnaud et al., 2014 ; Besnard, 2018). Les colonies d'abeilles peuvent être converties à la production biologique, et il est recommandé que les abeilles proviennent d'unités biologiques, si disponibles (*Codex Alimentarius*, 2003). En cas d'indisponibilité, les ruchers existants peuvent être convertis sous certaines conditions, avec une période de conversion d'un an et l'obligation de convertir l'ensemble des ruches de l'exploitation (FRAB, 2012). Lors de l'achat d'essaims ou de reines, l'hygiène est un critère essentiel, notamment avec l'utilisation du test du couvain congelé pour évaluer la capacité de nettoyage des abeilles (Besnard, 2018).

#### 3.1.4.2 Renouvellement du cheptel

Le renouvellement des colonies en apiculture biologique repose sur l'utilisation d'essaims issus de l'exploitation elle-même, limitant les introductions extérieures (ITAB, 2010). Toutefois, l'achat d'animaux non biologiques est possible si les essaims biologiques sont indisponibles en nombre suffisant (Ecocert, 2017), avec un plafond de 10 % d'introduction par an d'essaims ou de reines conventionnels. En cas de catastrophes naturelles, une dérogation peut être accordée pour l'achat d'abeilles non biologiques (INAO, 2019).

##### 3.1.4.2.1 Statut de renouvellement annuel

Lorsque les essaims biologiques ne sont pas disponibles, jusqu'à 10 % des ruchers peuvent être renouvelés avec des reines et des essaims non biologiques, à condition que ces derniers soient installés sur des cadres conformes à la production biologique (RCE, 1991 ; 2008 ; INAO, 2019). Les essaims non bio sur cadre doivent être transférés sur des cadres et cires biologiques, faute de quoi une période de conversion d'un an s'applique (INAO, 2019). Les essaims sauvages capturés près des ruchers biologiques sont considérés comme issus de ces ruchers et ne comptent pas dans le quota de renouvellement non biologique (Arnaud et al., 2014).

#### 3.1.4.2.2 Statut des dérogations pour fortes mortalités

En cas de mortalité élevée due à des maladies ou à des catastrophes naturelles, des abeilles non biologiques peuvent être introduites pour reconstituer les ruchers (RCE, 1991 ; 2008 ; Ecocert, 2017), sans période de conversion si elles sont placées sur des cires biologiques (INAO, 2019). Dans ce cas, aucune limite maximale n'est appliquée pour le renouvellement (CERTIPAQ BIO, 2014).

Un texte adopté en 2018 permet désormais le renouvellement jusqu'à 20 % par an de reines et d'essaims non biologiques dans l'unité de production biologique, à condition que les cires proviennent d'unités de production biologique (RCE, 2018).

## 3.2 Environnement et emplacement du rucher

### 3.2.1 Principe de sédentarité des ruches

En apiculture biologique, la sédentarité des ruches est privilégiée comme modèle idéal pour plusieurs raisons :

#### 3.2.1.1 Adaptation des abeilles à leur milieu

La sédentarité permet aux abeilles de s'adapter à leur environnement, favorisant ainsi le développement d'écotypes locaux adaptés aux conditions spécifiques de l'écosystème (Nature et Progrès, 2016). Chaque race d'abeille reflète l'aboutissement d'un équilibre progressif avec son écosystème, ce qui renforce l'importance de minimiser les déplacements (ITAB, 2010).

#### 3.2.1.2 Réduction du stress

Les transhumances fréquentes exposent les colonies à un stress important, en raison de la proximité avec d'autres cheptels et des conditions de transport souvent précaires. Ce stress est particulièrement mal toléré par des abeilles déjà affaiblies (ITAB, 2010). Il est donc recommandé de limiter ces déplacements pour préserver la santé des colonies, avec une préférence pour les ruches sédentaires ou un nombre de transhumances limité (Arnaud et al., 2014).

Bien que la transhumance puisse valoriser les différentes miellées successives, elle doit être raisonnée pour éviter de fatiguer prématurément les colonies. Ainsi, bien que la transhumance soit acceptée, il est recommandé de ne pas en abuser pour préserver les abeilles (Nature et Progrès, 2016 ; Arnaud et al., 2014).

## 3.3 Aire de butinage

La taille exacte de la zone de butinage n'est pas clairement définie dans les règlements de l'apiculture biologique ni dans le guide de l'INAO (Arnaud et al., 2014). Cependant, cette zone peut couvrir une vaste superficie, qui varie en fonction de l'attractivité des différentes floraisons (Nature et Progrès, 2016).

Les organismes de certification peuvent imposer une zone de butinage dans laquelle les abeilles peuvent accéder à une nourriture appropriée, en accord avec les directives biologiques (Codex, 2003). Cette zone doit être suffisamment grande pour fournir aux abeilles une quantité suffisante de nectar, de pollen et un accès à l'eau (Codex, 2003).

Le rayon souvent retenu par les organismes certificateurs est de 3 km autour de l'emplacement du rucher, ce qui équivaut à une surface d'environ 2800 hectares (RCE, 1991 ; 2008 ; Arnaud et al., 2014). Cependant, il est important de noter qu'en cas de disette, les abeilles peuvent aller bien au-delà de cette zone. L'apiculteur a la responsabilité de veiller à ce que ses abeilles évoluent dans un environnement sain, avec des sources suffisantes de nectar, de pollen et d'eau (Nature et Progrès, 2016).

### **3.3.1 Environnement agricole et sources de nectar et de pollen**

Le cahier des charges de l'apiculture biologique repose sur deux principes clés :

#### **3.3.1.1 Sources de nectar et de pollen**

Elles doivent provenir principalement de cultures biologiques, de flore spontanée ou de cultures peu traitées où les abeilles butinent.

#### **3.3.1.2 Éloignement des sources de pollution**

Les ruchers doivent être situés loin des zones de pollution susceptibles de contaminer les produits apicoles ou de nuire à la santé des abeilles.

##### **3.3.1.2.1 En période de floraison**

Durant la floraison, il est essentiel de garantir que les abeilles disposent de sources naturelles suffisantes de nectar, de miellat, de pollen, et aient un accès régulier à l'eau (RCE, 1991). La disponibilité de ces ressources sur un site détermine le nombre maximal de ruches pouvant y être implantées (Demeter, 2016). Les sources de nectar et de pollen doivent être principalement issues de cultures biologiques, de flore sauvage ou de cultures traitées avec des méthodes respectueuses de l'environnement (RCE, 2008 ; 2018).

Les cultures non biologiques ne sont acceptées que si les traitements appliqués ont une faible incidence sur l'environnement. Pour être considérées comme biologiques, les cultures doivent respecter une période de conversion minimale :

- Cultures annuelles : Conversion de deux ans avant l'ensemencement.
- Pâturages et fourrages pérennes : Conversion de deux ans avant l'utilisation des produits comme aliments pour animaux.
- Cultures pérennes (autres que les fourrages) : Conversion de trois ans avant la première récolte de produits biologiques (RCE, 2018).

Pour les terres liées à la production animale biologique, notamment pour les abeilles, les règles de conversion s'appliquent à la totalité de l'unité de production, mais la période peut

être réduite à un an pour les pâturages et espaces de plein air utilisés par des espèces non herbivores (RCE, 2008).

Lorsque les abeilles butinent en zones sauvages, il est important de tenir compte des populations d'insectes indigènes (Codex, 2003). Ces dispositions ne s'appliquent pas en l'absence de floraison ou pendant l'hivernage des ruches (RCE, 2008).

Les miels provenant de fleurs conventionnelles ne peuvent pas être certifiés en bio (Ecocert, 2013). Si des plantes non conformes sont présentes dans la zone de butinage, elles doivent représenter moins de 50 % de la zone ou ne pas être en floraison pendant la présence des ruches (Arnaud et al., 2014 ; INAO, 2019).

Le terme « essentiellement » signifie que 50 % ou plus des zones de butinage doivent être conformes au règlement bio. Les cultures non conformes doivent donc représenter moins de 50 % de la zone ou ne pas être en floraison lors de la présence des ruches (INAO, 2019).

#### 3.3.1.2.2 En période de sommeil (hivernage) ou absence de floraison

Les dispositions précédentes ne s'appliquent pas pendant les périodes de sommeil ou d'absence de floraison (RCE, 1991 ; 2008). Les cultures ne fournissant pas de sources de nectar ou de pollen, comme les céréales, ne sont pas prises en compte si elles ne sont pas en floraison pendant la présence des ruches (Ecocert, 2013).

#### 3.3.1.2.3 Cas spécifiques de la pollinisation

Lorsque plusieurs unités apicoles sont exploitées par un même opérateur dans une même zone, toutes les unités doivent respecter les règles de la production biologique (RCE, 1991). Toutefois, une dérogation est prévue permettant, sous certaines conditions, d'exploiter à la fois des unités apicoles biologiques et non biologiques dans le cadre d'actions de pollinisation, à condition que toutes les exigences relatives à la production biologique soient respectées, à l'exception des règles concernant l'emplacement des ruchers (RCE, 2008).

Bien que cette pratique présente des avantages, elle comporte également des risques, notamment en raison de l'utilisation d'insecticides néonicotinoïdes sur des cultures telles que le colza. Ces substances sont présentes dans le pollen et le nectar, et sont ainsi consommées par les abeilles, affectant toute la colonie, avec des effets délétères observés depuis plus de 20 ans (Besnard, 2018). En pollinisation, il est possible de placer des colonies d'abeilles bio à proximité de cultures conventionnelles, telles que le colza ou le tournesol, sous réserve de tracer et de séparer les miels bio et conventionnels (Arnaud et al., 2014 ; INAO, 2019). Dans ce cas, le miel et le pollen récoltés dans les zones non conformes doivent être déclassés et ne peuvent être vendus comme produits biologiques (Ecocert, 2017 ; INAO, 2019).

Une même colonie peut ainsi produire des miellées biologiques et non biologiques au cours d'une saison, en fonction des emplacements où elle est installée (Arnaud et al., 2014). Toutefois, cette pratique reste délicate à mettre en œuvre en raison des décalages de floraison entre cultures biologiques et conventionnelles (Nature et Progrès, 2016). Dans tous

les cas, l'apiculteur doit conserver des documents prouvant la conformité à ces dispositions et notifier les déplacements des ruchers (RCE, 2008 ; INAO, 2019).

La certification du miel de lavande issu de cultures conventionnelles est possible sous réserve d'une analyse prouvant l'absence de résidus de pesticides, cette analyse étant réalisée à la demande de l'organisme de certification (Ecocert, 2017).

### **3.3.2 Sources de nectar et de pollen exemptes de pollution**

Les zones très polluées, telles que les carrières ou les zones industrielles à risque, sont strictement interdites pour l'installation des ruchers, car elles affectent non seulement la production de miel mais également la survie des colonies d'abeilles (Nature et Progrès, 2016 ; Arnaud et al., 2014 ; Ecocert, 2017). Les ruchers doivent donc être placés à distance suffisante de ces sources de pollution (RCE, 1991 ; RCE, 2007 ; RCE, 2018), afin de garantir la qualité du butinage et la santé des abeilles.

Pendant la période de butinage, les ruchers doivent être éloignés de zones urbaines, industrielles, et d'infrastructures telles que les autoroutes, qui posent un risque de contamination par les métaux lourds (INAO, 2019 ; Ecocert, 2017).

#### **3.3.2.1 Justification des zones de butinage auprès de l'organisme certificateur**

L'apiculteur doit fournir des documents justifiant l'emplacement des ruchers, y compris une carte des zones de butinage et des informations sur les sources de nectar à disposition des abeilles (RCE, 1991 ; RCE, 2008). En cas de transhumance ou de changement de site, l'apiculteur doit en informer son organisme certificateur et consigner ces déplacements dans un registre (Ecocert, 2017 ; FNAB, 2018).

#### **3.3.2.2 Les analyses de confirmation**

Des analyses du miel et des cires peuvent être réalisées pour vérifier leur conformité à la certification biologique, notamment en cas de doute sur l'origine florale ou la présence de contaminants. Ces analyses, effectuées par l'organisme de contrôle, sont à la charge de l'apiculteur (Arnaud et al., 2014 ; Ecocert, 2017).

##### **3.3.2.2.1 Origines florales**

Si des incertitudes existent quant aux origines florales, des analyses polliniques et organoleptiques sont réalisées pour déterminer la provenance des miellées. En cas de dominance d'une flore non conforme, le miel ne peut être certifié biologique (Nature et Progrès, 2016 ; FNAB, 2018).

##### **3.3.2.2.2 Pesticides ou contaminants**

Des analyses supplémentaires peuvent être exigées pour détecter d'éventuelles traces de pesticides ou autres contaminants dans le miel ou le pollen. Ces analyses permettent de garantir que la zone de butinage n'affecte pas la qualité biologique du produit (FNAB, 2018).

### 3.3.2.2.3 Cas du miel de lavande

Pour le miel de lavande et de lavandin issu de cultures conventionnelles, une dérogation est possible, à condition que des analyses prouvent l'absence de résidus chimiques dans le produit final (Ecocert, 2017 ; FNAB, 2018).

## 3.4 Cire d'abeille utilisable en agriculture biologique

La qualité de la cire d'abeille joue un rôle central dans la santé des colonies et la qualité des produits de la ruche. Des résidus présents dans la cire peuvent influencer à la fois le couvain et le pain d'abeille (Besnard, 2018). En apiculture, la cire est considérée comme un intrant technique essentiel (FNAB, 2018). Bien qu'elle ne soit pas classée comme un produit agricole, elle doit tout de même répondre aux critères de conformité pour être utilisable en agriculture biologique (UAB) (FNAB, 2016 ; INAO, 2019). Cela signifie qu'elle doit provenir d'exploitations certifiées en agriculture biologique (Arnaud et al., 2014) et être compatible avec l'espèce d'abeilles utilisée (INAO, 2018).

### 3.4.1 Origine de la cire

#### 3.4.1.1 Cas normal

Dans le cadre de l'apiculture biologique, les exigences réglementaires stipulent que, dès l'engagement dans la production biologique, l'apiculteur doit utiliser de la cire issue d'exploitations biologiques (FNAB, 2016 ; INAO, 2019). Toute cire utilisée pour les nouveaux cadres doit provenir d'unités certifiées en agriculture biologique (RCE, 1991 ; 2008 ; 2018). Cette exigence s'applique également aux feuilles de cire gaufrée, qui doivent être produites selon les principes de l'agriculture biologique, une obligation dans le renouvellement des cadres pour les hausses et les corps de ruche (FNAB, 2016 ; INAO, 2019 ; Codex Alimentarius, 2003). Lors du renouvellement du rucher, les essaims sur cadres non bio (jusqu'à 10 % du cheptel) doivent être transférés sur des cires biologiques (FNAB, 2016). Toutefois, lorsque des colonies biologiques sont utilisées pour la pollinisation sur des parcelles non certifiées bio, les cires d'opercules produites peuvent encore être utilisées dans l'exploitation (CERTIPAQ BIO, 2014 ; FNAB, 2016 ; Ecocert, 2017 ; INAO, 2019), sous réserve qu'aucun produit interdit n'ait été utilisé (*Codex Alimentarius*, 2003).

### 3.4.2 Renouvellement et remplacement de la cire durant la conversion

Pendant la période de conversion vers l'agriculture biologique, la cire destinée aux nouveaux cadres doit provenir d'unités de production biologiques (Ecocert, 2017). Le remplacement des cires dans les corps et hausses des ruches se fait progressivement en fonction des contraintes matérielles et en l'absence de couvain (INAO, 2019). Par exemple, pour une ruche type "Dadant", il est recommandé de remplacer environ 20 % des cadres par an, soit deux cadres, avec de la cire d'origine biologique (Arnaud et al., 2014). Si le remplacement complet de la cire est impossible en une année, la période de conversion peut être prolongée avec l'approbation de l'organisme de certification (*Codex Alimentarius*, 2003).

Les cires produites pendant la conversion peuvent être réutilisées pour le façonnage de nouvelles cires alvéolées ou transformées par l'apiculteur à l'aide d'un gaufrier, sous contrôle de l'organisme de certification (Arnaud et al., 2014). En revanche, les cires issues de l'apiculture conventionnelle, telles que la cire non fondue ou les cadres bâtis, ne peuvent pas être utilisées après l'engagement en bio, sauf en cas de dérogation, et doivent être retirées de l'exploitation dans l'année suivant l'agrément (FNAB, 2016 ; INAO, 2019). Il est recommandé de ne pas utiliser ou vendre les vieux cadres, ceux-ci devant être marqués pour éviter toute réintroduction dans le circuit biologique. Une option couramment adoptée consiste à transformer ces cires en bougies (FNAB, 2018). Toutes les opérations relatives à la préparation de la cire doivent être soumises à un contrôle strict (INAO, 2019).

### **3.4.3 Cas exceptionnel d'indisponibilité de cire "utilisable en agriculture biologique"**

La production de cire d'opercule, directement liée à la production de miel, connaît une régression marquée depuis plusieurs années en raison de la diminution de la production de miel (INAO, 2019). Cette baisse de production rend l'approvisionnement en cire biologique de plus en plus difficile, avec une disponibilité très limitée sur le marché (FNAB, 2018). Le stock de cire bio est insuffisant pour répondre aux besoins croissants liés à l'extension du cheptel et à la conversion des ruchers (INAO, 2019). De plus, la cire biologique présente un surcoût par rapport à la cire conventionnelle, et des circuits d'approvisionnement sécurisés et traçables restent à structurer (Arnaud et al., 2014 ; Besnard, 2018). Il est aujourd'hui impossible de trouver sur le marché une cire exempte de résidus, ce qui soulève des préoccupations en matière de santé des abeilles et de qualité de la cire (INAO, 2019).

Pour pallier cette pénurie, il est proposé d'établir des conditions spécifiques pour l'utilisation de cire non biologique, en tenant compte des objectifs de protection de la santé des abeilles et des consommateurs, ainsi que de la qualité de la cire (INAO, 2019). Le cahier des charges prévoit un système de dérogation permettant l'utilisation de cire conventionnelle dans des cas spécifiques, comme pour les nouvelles installations ou durant la période de conversion. Ces dérogations peuvent être accordées par l'autorité compétente ou l'organisme de contrôle, sous certaines conditions (RCE, 2008 ; 2018) :

- Lorsque la cire biologique n'est pas disponible sur le marché ;
- Lorsqu'il a été prouvé qu'elle est exempte de substances non autorisées en production biologique ;
- À condition qu'elle provienne des opercules des cellules.

L'apiculteur doit prouver qu'il respecte ces conditions en fournissant des attestations de non-disponibilité de la cire biologique provenant de ses fournisseurs et en effectuant, à ses frais, des analyses sur les cires conventionnelles utilisées (FNAB, 2016). Une analyse multi-résidus doit également être réalisée pour garantir l'absence d'adultération et de contamination par des pesticides (Da Cunha, 2017 ; Besnard, 2018).

Les « nouvelles installations » désignent ici l'introduction de nouvelles ruches pour l'augmentation du cheptel ou sa reconstitution à la suite d'une mortalité importante (INAO,

2018 ; 2019). Par conséquent, des cires conventionnelles stockées sur l'exploitation avant le début de la conversion peuvent être utilisées si les conditions dérogatoires sont remplies, sous réserve de l'acceptation de la dérogation (INAO, 2018). L'utilisation de cire conventionnelle nécessite l'approbation de l'organisme de certification via une demande écrite avant toute utilisation (Ecocert, 2017 ; INAO, 2019). L'organisme de contrôle veille à ce que les conditions prévues par la réglementation soient respectées (INAO, 2019).

Enfin, la cire microcristalline, considérée comme une huile de paraffine autorisée, est également permise dans certaines circonstances (INAO, 2019).

### **3.5 Nourrissement biologique**

Le cahier des charges de l'agriculture biologique insiste sur l'importance de respecter le comportement naturel des abeilles, et recommande d'éviter autant que possible de les nourrir artificiellement (FNAB, 2018). Des problèmes d'alimentation fréquents peuvent indiquer une inadéquation génétique des abeilles à leur environnement. Les colonies doivent ainsi croître en fonction de leurs propres réserves (Nature et Progrès, 2016). Cependant, dans certaines situations, l'apiculteur doit impérativement apporter de la nourriture aux colonies pour leur survie, notamment en période de disette.

#### **3.5.1 Cas général**

Le nourrissement biologique se limite à des apports contrôlés de miel et de pollen, ainsi qu'à de petites quantités de sucre, afin de minimiser les prélèvements de l'apiculteur sur les réserves des colonies (ITAB, 2010). Le cahier des charges précise que ce nourrissage doit respecter certaines règles pour garantir le bien-être des abeilles (Besnard, 2018).

##### **3.5.1.1 Période de production**

Durant la période de production, les ruchers doivent être situés dans des zones offrant des ressources suffisantes en eau, nectar et pollen pour garantir la survie des colonies sans recours à un nourrissage artificiel (RCE, 1991).

##### **3.5.1.2 Période de sommeil**

Pendant l'hivernage, l'apiculteur doit s'assurer que les ruches disposent de réserves suffisantes en miel et pollen pour permettre aux abeilles de passer la saison froide sans nourrissage supplémentaire (RCE, 1991 ; 2008 ; 2018).

#### **3.5.2 Règles particulières**

Le nourrissage artificiel est autorisé uniquement dans certaines conditions :

##### **3.5.2.1 Origine biologique du nourrissement**

Les apports alimentaires doivent être composés de miel biologique, de préférence issu de la même exploitation (RCE, 1991). En cas de conditions climatiques défavorables, les autorités compétentes peuvent autoriser l'utilisation de sirop ou de mélasse biologiques en remplacement du miel biologique pour éviter la cristallisation (RCE, 1991).

#### 3.5.2.1.1 Nourrissement liquide

Le nourrissement peut être effectué à l'aide de miel, de sirop de sucre ou de sucre biologiques (RCE, 2008 ; 2018). Cependant, les miels déclassés, même issus de la même exploitation, ne peuvent pas être utilisés pour le nourrissement s'ils proviennent de zones de butinage non conformes (INAO, 2018). En raison du coût élevé et de la rareté du sirop biologique sur le marché, certains apiculteurs fabriquent leur propre sirop à base de sucre bio (Arnaud et al., 2014). Si une autre forme d'alimentation devient nécessaire, la ruche concernée doit être retirée de la production biologique pour une période de 12 mois (CARTV, 2015).

#### 3.5.2.1.2 Nourrissement solide

Le nourrissement solide, généralement sous forme de "candy", est disponible en version biologique mais à un coût environ deux fois supérieur à celui du conventionnel. Il est également possible de le fabriquer soi-même, mais il convient de surveiller les températures de fabrication pour éviter la formation de HMF, une substance toxique pour les abeilles (Arnaud et al., 2014). En moyenne, le nourrissement solide d'une ruche représente environ 2,5 kg de sucre par an.

### 3.5.2.2 *Nourrissement de complément en apiculture biologique*

Le nourrissement de complément, visant à assurer la survie des colonies d'abeilles, est strictement encadré en apiculture biologique. Ce type de nourrissement est autorisé uniquement dans des situations exceptionnelles, en deux circonstances spécifiques (Arnaud et al., 2014) :

#### 3.5.2.2.1 Colonies d'abeilles

Pour les colonies d'abeilles, à l'exception des essaims en cours de développement, le nourrissement artificiel n'est permis que lorsque la survie des ruches est menacée par des conditions climatiques extrêmes ou des catastrophes naturelles empêchant la production de nectar ou de miellat (RCE, 1991, 2008, 2018). Ces situations peuvent inclure, par exemple, des périodes de famine où les réserves de nourriture dans la ruche sont insuffisantes pour maintenir la colonie (Arnaud et al., 2014). Le nourrissement est également autorisé lorsque des conditions climatiques provoquent la cristallisation du miel, rendant celui-ci inaccessible aux abeilles et compromettant ainsi leur survie (RCE, 1991). Ce type de nourrissement peut être réalisé uniquement durant la période allant de la dernière récolte de miel jusqu'à 15 jours avant le début de la prochaine miellée, et doit recevoir une dérogation de l'organisme certificateur (Ecocert, 2013).

Les produits utilisés pour ce nourrissement doivent être issus de l'agriculture biologique. Ils peuvent inclure du sucre, du sirop de sucre ou du miel biologique (RCE, 2008, 2018), ou encore du candi biologique (Da Cunha, 2017). Le nourrissement avec d'autres produits non conformes entraîne la suspension de la certification biologique pour la ruche concernée pour une durée de douze mois (CARTV, 2015).

#### 3.5.2.2.2 Essaims en cours de développement

Les essaims en cours de développement, qui nécessitent un apport nutritif pour assurer leur croissance, peuvent recevoir du miel biologique produit de préférence sur l'exploitation, ou du sucre ou du sirop de sucre issus de l'agriculture biologique (Arnaud et al., 2014 ; INAO, 2018). Ce type de nourrissage est autorisé indépendamment des conditions climatiques, et est destiné à soutenir le développement des colonies nouvellement formées.

### 3.5.3 Règles exceptionnelles

#### 3.5.3.1 Prophylaxie

Dans un objectif de prophylaxie, notamment contre le varroa, l'apiculteur peut ajouter une solution hydroalcoolique de propolis biologique autoproduite au nourrissage liquide, généralement à base de sirop de sucre biologique (Ecocert, 2017 ; INAO, 2018).

### 3.5.4 Cas interdits

#### 3.5.4.1 Nourrissage protéique

Le nourrissage protéique, même avec des ingrédients biologiques, est strictement interdit en apiculture biologique. Cependant, une tolérance existe pour l'utilisation de pollen biologique produit sur l'exploitation pour assurer l'hivernage des colonies (Ecocert, 2017). L'usage de levures et de spiruline, même certifiées biologiques, n'est pas autorisé dans le cadre du nourrissage des abeilles (Ecocert, 2017 ; INAO, 2018).

#### 3.5.4.2 Nourrissage de stimulation

Le nourrissage visant à stimuler artificiellement la ponte de la reine est formellement interdit en apiculture biologique. Cette pratique est considérée comme incompatible avec les principes de respect du cycle naturel des abeilles. En conséquence, les pratiques apicoles doivent être ajustées en fonction de cette contrainte, notamment en ce qui concerne le choix des races d'abeilles et des miellées, afin de minimiser le besoin de stimulation artificielle (Arnaud et al., 2014).

## 3.6 Caractéristiques des ruches et des matériaux utilisés dans l'apiculture biologique

### 3.6.1 Les types de ruches

Dans le cadre de la réglementation en apiculture biologique, il n'existe plus d'exigences spécifiques concernant les types de ruches utilisées. Ainsi, tous les types de ruches sont autorisés, à condition qu'ils respectent les principes biologiques. Les ruches de types Dadant et Langstroth demeurent les plus utilisées à l'échelle mondiale, tant en agriculture biologique qu'en apiculture conventionnelle (Besnard, 2018). Ces types de ruches présentent une large compatibilité avec les pratiques apicoles actuelles en raison de leur standardisation et de leur facilité d'utilisation.

### 3.6.2 Nature et composition des ruches

Les ruches en apiculture biologique doivent être composées principalement de matériaux naturels, en particulier du bois non traité (Besnard, 2018). L'utilisation de matériaux naturels vise à réduire les risques de contamination pour l'environnement et les produits apicoles, conformément aux recommandations des directives internationales en matière d'apiculture biologique (*Codex Alimentarius*, 2003 ; RCE, 2007, 2008, 2018).

Le corps, les hausses et les cadres des ruches doivent être fabriqués à partir de matériaux naturels tels que le bois. Cependant, certains éléments spécifiques, tels que les cupules d'élevage de reines, les nourrisseurs, les planchers à grille à propolis ou les grilles d'entrée, peuvent être constitués de matériaux synthétiques, comme le plastique (Ecocert, 2017 ; INAO, 2019). Il est important de noter que l'utilisation de ruches en polystyrène est possible, mais fortement déconseillée en raison des risques potentiels de contamination (Da Cunha, 2017).

#### 3.6.2.1 L'intérieur des ruches

En général, l'intérieur des ruches en apiculture biologique subit peu d'interventions. Les seules substances autorisées pour traiter les ruches contre les maladies sont des acides naturels tels que l'acide formique, l'acide lactique, l'acide acétique et l'acide oxalique. D'autres substances d'origine naturelle, telles que le menthol, le thymol, l'eucalyptol et le camphre, peuvent également être utilisées pour le traitement contre les parasites (RCE, 1991 ; 2007 ; 2008 ; 2018).

Par ailleurs, le trempage des bois dans la cire microcristalline est autorisé pour la protection des cadres et des rayons contre l'humidité et l'usure (Ecocert, 2017). Ce traitement améliore la durabilité des éléments en bois sans risque pour les abeilles ni pour les produits apicoles. Il est également permis d'utiliser d'autres produits naturels, tels que la propolis, la cire d'abeille ou des huiles végétales (à l'exclusion des huiles minérales, qui sont strictement interdites), pour la protection du bois des ruches (Ecocert, 2013).

Les partitions utilisées à l'intérieur des ruches peuvent être fabriquées à partir de divers matériaux, y compris l'aluminium ou le polystyrène. Toutefois, des discussions sont en cours concernant l'impact environnemental et sanitaire des matériaux isolants à haute performance (PIHP) et du polystyrène sur la qualité des produits apicoles (FNAB, 2018).

#### 3.6.2.2 L'extérieur des ruches

L'extérieur des ruches doit être traité avec des produits qui ne présentent aucun risque de contamination pour l'environnement ni pour les produits apicoles. Parmi les produits autorisés figurent les peintures à pigment aluminium, telles que le Thermopeint, ainsi que des alternatives plus écologiques, comme l'huile de lin, l'essence de térébenthine et les lasures à base d'eau. Une solution courante, facile à fabriquer, consiste à utiliser une peinture suédoise composée de farine de blé, d'eau, d'huile de lin, d'ocre, de sulfate de fer et de savon noir (Ecocert, 2017 ; INAO, 2018 ; 2019).

Les produits interdits pour le traitement des ruches incluent le carbonyle, la créosote et l'huile de vidange, en raison de leur toxicité et de leur potentiel contaminant (Ecocert, 2013). Ces restrictions visent à assurer que les ruches respectent les critères de durabilité et d'innocuité requis par l'apiculture biologique.

Le traitement du bois à l'extérieur des ruches peut être effectué de différentes manières : soit au pinceau ou au pistolet avec des produits comme le Thermopeint, la propolis, ou des préparations à base d'huile de lin et d'essence de térébenthine, soit par trempage dans de la cire microcristalline ou de l'huile de lin, selon les recommandations spécifiques à chaque région apicole (Arnaud et al., 2014).

### **3.6.2.3 Extraction et Transfert**

#### **3.6.2.3.1 Matériel de miellerie**

Le local destiné à l'extraction du miel doit être réservé à cet usage durant la période d'extraction (Nature & Progrès, 2016). Il est essentiel de veiller à n'utiliser que des matériaux ou des produits qui ne risquent pas de polluer les produits apicoles. En effet, des contaminations chimiques peuvent provenir de matériaux de construction ou d'isolation, de peintures ou de produits de traitement du bois, entre autres (Miel en France, s.d.). Par ailleurs, l'ensemble des locaux doit être étanche aux rongeurs, et seuls des pièges mécaniques sont autorisés pour leur lutte (Miel en France, s.d.). En ce qui concerne la désinsectisation, seules des techniques physiques, telles que des pièges attractifs ou électriques, sont permises (Miel en France, s.d.).

Le matériel utilisé pour l'extraction du miel doit être conforme aux réglementations alimentaires, avec des matériaux comme le plastique alimentaire, l'inox ou le verre (Ecocert, 2017 ; FNAB, 2018). L'utilisation de matériaux comme la tôle nue, la fonte ou la galvanisation est strictement interdite, même lorsqu'ils sont recouverts de cire ou de propolis (Miel en France, s.d.). De plus, les systèmes non réglables qui risquent de provoquer un échauffement du miel au-delà de 40°C sont également interdits (Miel en France, s.d.).

#### **3.6.2.3.2 Processus d'extraction**

Lors des opérations d'extraction du miel, plusieurs pratiques sont réglementées :

- L'utilisation de rayons contenant des couvains pour l'extraction du miel est interdite (RCE, 1991, 2008, 2018).
- Les répulsifs chimiques de synthèse sont proscrits lors de l'extraction (Codex Alimentarius, 2003 ; RCE, 2018).
- Il est recommandé de maintenir la température aussi basse que possible afin de préserver les propriétés naturelles du miel et des autres produits apicoles, tels que le pollen (Codex Alimentarius, 2003). Le défigeage du miel doit se faire à une température ne dégradant pas les enzymes naturellement présentes (Arnaud et al., 2014). L'extraction peut être réalisée par centrifugation ou pressage, avec ou sans chauffage, à condition que la température n'excède pas 40°C (FNAB, 2018).

Les technologies utilisant des moyens physiques sont autorisées sous réserve que la température ne dépasse pas les limites spécifiées, afin de ne pas altérer la qualité du miel (Bio Cohérence, 2018).

#### 3.6.2.3.3 Conditionnement intermédiaire

Comme pour l'extraction, les processus de transfert et de conditionnement du miel doivent être effectués de manière à éviter toute dégradation du produit (Miel en France, s.d.). Les matériaux utilisés pour le conditionnement sont soumis aux mêmes exigences que ceux utilisés pour l'extraction, incluant les seaux et les fûts (Bio Cohérence, 2018 ; Miel en France, s.d.). Les récipients où le miel est stocké pour une certaine durée doivent être en inox, tandis que les équipements de transfert peuvent être en plastique alimentaire (Miel en France, s.d.).

Une attention particulière est accordée aux dispositifs chauffants, qui doivent être réglés à une température maximale de 40°C (Nature & Progrès, 2016). Le défigeage du miel est autorisé à condition que la température n'excède pas 40°C, et un contrôle des niveaux d'HMF (hydroxyméthylfurfural) doit être effectué pour garantir la qualité du produit (Nature & Progrès, 2016).

#### 3.6.2.3.4 Filtration, ensemencement et autres procédés technologiques

La filtration, l'ensemencement et les autres procédés technologiques sont autorisés, sous réserve que les prescriptions de température soient respectées, afin d'éviter toute altération du miel (Miel en France, s.d.). Lors de la cristallisation dirigée, l'ensemencement du miel doit se faire à partir de miel certifié biologique. L'utilisation de miel de colza déclassé pour cette opération est donc proscrite (Ecocert, 2017 ; FNAB, 2018).

Une bonne cristallisation peut généralement être obtenue en procédant à la mise en pots dès que le miel commence à se troubler. Cela permet d'éviter l'ensemencement par ajout d'un miel déjà cristallisé (Nature & Progrès, 2016).

#### 3.6.2.3.5 Stockage du miel

Le miel doit être stocké à une température stable, dans des emballages hermétiques, afin de prévenir toute dégradation (Miel en France, s.d.). Les récipients utilisés doivent être conformes aux normes en vigueur concernant les matériaux en contact avec les denrées alimentaires, tels que le plastique alimentaire, l'inox ou le verre (Arnaud et al., 2014).

# Matériel et méthodes

## 4 Matériel et méthodes

### 4.1 Objectif du travail

L'objectif principal de notre travail est de vérifier la qualité des miels dont la conduite serait conforme à une production de miel bio et de vérifier les activités antibactériennes de ces miels. Pour ce faire, nous avons échantillonné plusieurs miels de plusieurs régions montagneuses du Nord-est algérien, et plus spécialement de la wilaya d'Annaba et de Skikda, toutes deux connues pour leurs montagnes riches en espèces florales et en production de miel. Les miels collectés ont également été comparés à deux miels commerciaux.

Notre travail s'intègre donc dans un projet de mise à niveau des élevages apicoles de la région de Séraïdi (Annaba) et de Skikda (Nord-est Algérie) pour la production de miels bio.

La première étape était de sélectionner des fermes apicoles et de dresser un inventaire végétal de toutes les plantes avoisinant l'exploitation afin de déterminer les prairies des abeilles de cet élevage. Nous avons analysé les paramètres physicochimiques de ces miels. Ensuite, nous nous sommes attelés à l'audit de l'exploitation en elle-même afin de vérifier sa conformité par rapport à certains cahiers des charges du miel bio.

Afin d'asseoir un raisonnement scientifique, un échantillon des meilleurs miels a été caractérisé et analysé sur les plans physicochimique et microbiologique. Des analyses chromatographiques ont également été menées afin de déterminer la composition fine en sucres.

### 4.2 Méthodologie de recherche

Notre travail comme déjà mentionné comporte trois parties essentielles :

- Les analyses physico-chimiques.
- L'inventaire végétal.
- L'audit de l'exploitation.

### 4.3 Echantillonnage des miels

#### 4.3.1 Echantillonnage des miels de la région de Skikda

L'échantillonnage est effectué dans la wilaya de Skikda, dans le Nord-est de l'Algérie, et plus exactement dans la région de Collo. Cinq sites ont été sélectionnés en raison de leur fort potentiel de production de miel Bio. Les cinq sites sont les suivants :

- *Quarn Aicha*, 2 échantillons
- *Arsa El Kebir*, 3 échantillons
- *El Fedj*, 2 échantillons
- *Nechaa*, 2 échantillons
- *Hdjar Mefrouch*, 2 échantillons

Tous les élevages sont indemnes de maladies et aucune spécialité vétérinaire n'a été utilisée en amont de la récolte de miel. Les périodes d'échantillonnages ont concerné la saison estivale de l'année 2020. Une quantité de 1kg a été acquise auprès de chaque apiculteur et pour chaque produit collecté. Au total, onze échantillons ont été collectés.



Figure 20. Localisation des exploitations apicoles dans cinq régions de Collo

#### 4.3.2 Echantillonnage des miels de la région d'Annaba

Les deux miels locaux (**Zriba** et **Sidi Achour**), ont été récoltés au niveau des Monts de l'Edough dans la commune de Séraïdi, wilaya d'Annaba, au Nord-est algérien. L'un a été prélevé en haute altitude (miel **Zriba**), en automne de l'année 2018, l'autre en basse altitude (miel **Sidi Achour**), en été de la même année.

L'exploitant apicole possède deux emplacements dans la commune de Séraïdi comme le montre la carte ci-dessous. Le premier emplacement à haute altitude, **Zriba** (36°56'7.51"N ; 7°40'53.41"E), se situe en forêt, dans le massif de l'Edough loin de toute agglomération, à 5 km par route du village Séraïdi sur une route communale sinueuse soit à plus de 2 km à vol d'oiseau de l'agglomération la plus proche, loin de toute zone industrielle.

L'itinéraire, abrupt et hélicoïdal, traverse une forêt de chêne-liège avec un frais sous-bois de fougères aux côtés desquelles poussent des fruits et légumes dont la renommée est proverbiale. Mais, le plus souvent, domine un maquis de genêts associés par endroit à d'autres essences tels que des chênes vert, chênes zen, châtaigniers, noyers, oliviers, figuiers de barbarie, eucalyptus ou encore pins et sapins.

Le second emplacement est à basse altitude, **Sidi Achour** (36°52'16.71"N ; 7°42'7.58"E), sur les pieds-mont de l'Edough, dans une zone forestière d'Eucalyptus, à près de 850 m à l'Ouest de l'agglomération urbaine de Sidi Achour.

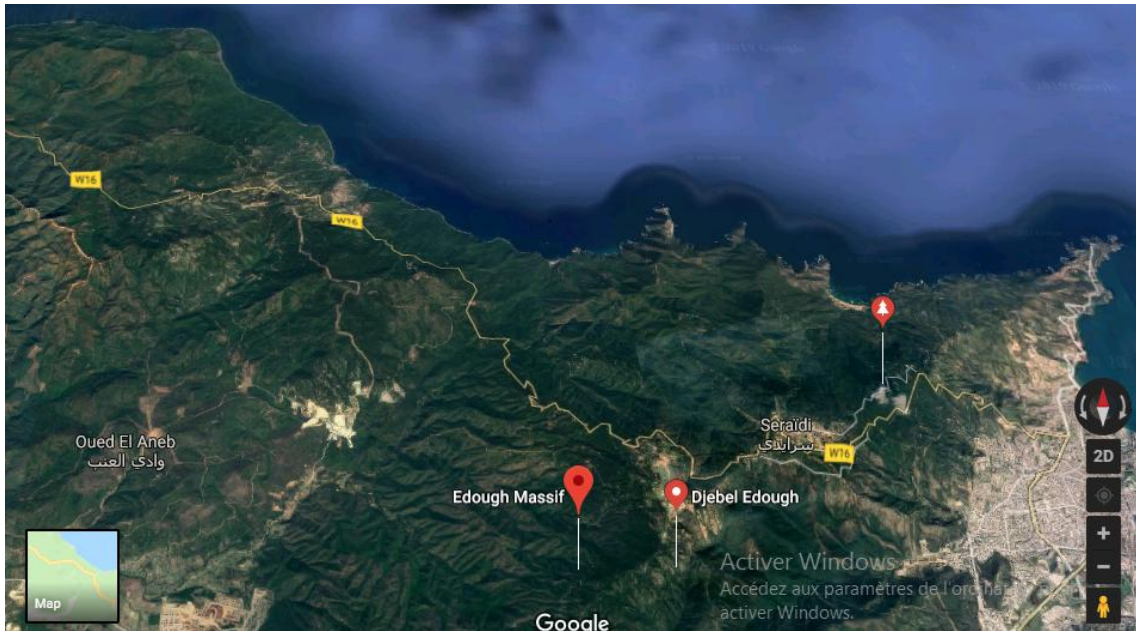


Figure 21. Situation géographique de la commune de Séraïdi, Wilaya d'Annaba

#### 4.4 Inventaires végétaux

Cette partie concerne principalement le tapis végétal de la région d'étude et plus précisément les plantes à fleurs, notre inventaire était donc qualitatif que quantitatif. La présence d'une flore autour d'un rucher est très importante pour le bon développement de la colonie. En effet, cette flore est la source de nectar et de pollen dont les abeilles se nourrissent exclusivement. Plusieurs sorties sur terrains ont été effectuées et ce durant les quatre saisons de l'année. Un échantillonnage et une identification systématique de chaque plante à fleurs a permis de dresser l'inventaire. L'inventaire a été dressé pour la région entourant la zone de butinage des abeilles sur un rayon de 2 km. Un listing a été établi principalement pour les plantes à fleurs connues pour leur pouvoir mellifère. Pour cela, une identification des plantes s'est faite sur la base de l'herbier de Gérard de Bélair.

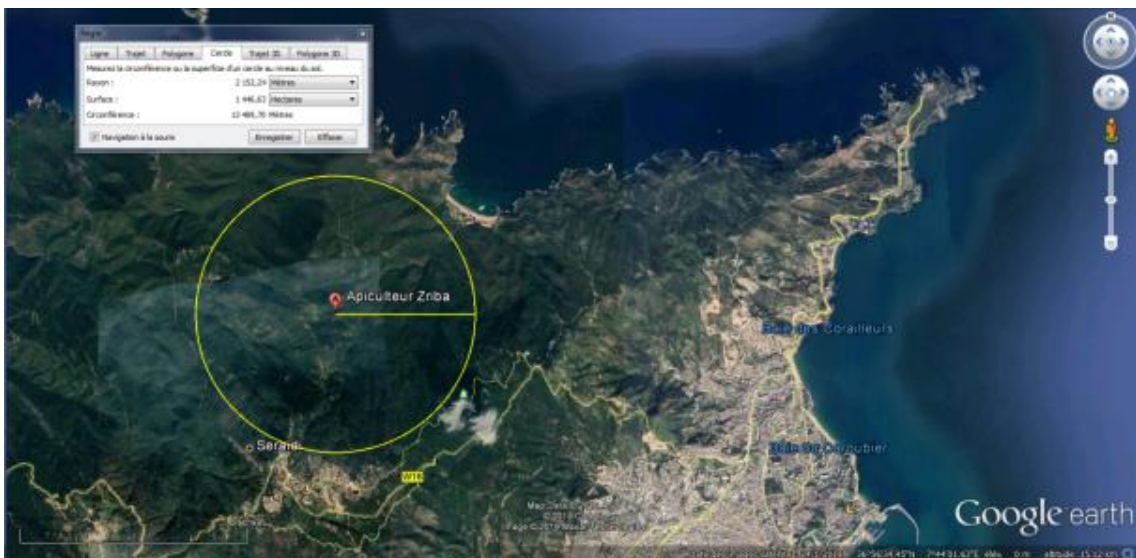


Figure 22. Couverture végétale dans la zone de butinage des abeilles d'exploitation de Zriba

#### 4.4.1 Echantillonnage des miels commerciaux

Quant aux deux miels disponibles dans le commerce, ils sont importés d'Arabie Saoudite (*Elshifa*) et d'Espagne (*San Francisco*).

Les échantillons recueillis ont été conservés dans des flacons en polyéthylène stériles à +4°C.

#### 4.5 La race d'abeille de l'exploitation

La race d'abeille utilisée dans l'exploitation est *Apis mellifera intermissa* (Figure 9) également appelée "abeille tellienne" ou encore "abeille punique" s'étend à toute l'Afrique du Nord du Maroc à la Tunisie (Doumandji, 2006).

En dépit du fait qu'elle soit depuis longtemps décrite ; les données biométriques de cette race qui peuple notre pays restent peu nombreuses. L'existence d'écotype a déjà été suspectée bien que les abeilles algériennes soient connues et utilisées par l'homme depuis longtemps.

Les races locales n'ont fait l'objet que de quelques études visant principalement à déterminer les différentes populations existantes. Les résultats des travaux biométriques de Loucif (1993) ont démontré les différences entre les populations apicoles de Biskra et d'EL Tarf ; suspectant ainsi la présence d'écotype au sein de la race *Apis mellifera intermissa* en Algérie (Doumandji, 2006).



Figure 23. Abeilles *Apis mellifera intermissa* sur une cadre

Les caractéristiques de cette race sont les suivantes :

- La couleur est noire avec des tâches grises.
- Elle est essaimeuse, agressive, pillarde et rustique.

## 4.6 Audit de l'exploitation

La conformité de l'exploitation par rapport aux exigences d'élevage et de production biologique a été étudiée selon huit grilles de certification de plusieurs organisations internationales, notamment :

1. Bio européen ;
2. NOP/NOSB ;
3. ACOS ;
4. Demeter ;
5. Nature et progrès ;
6. Biocoherence ;
7. Bio Bourgeon ;
8. Bio Fédéral.

Nous avons conçu une grille synthétique pour faciliter l'audit de l'exploitation. Cette grille contient plusieurs exigences des huit cahiers des charges de production biologique cités plus haut.

Nous y avons inclus 141 critères de conformité distribués entre dix sections. Parmi ces critères, douze ne peuvent être appréciés sans soumettre la demande auprès d'une agence de certification ou à cause de l'absence des moyens de détection, tel que le dosage des acaricides de synthèse dans la cire d'abeilles.

## 4.7 Les cahiers des charges

Dans le monde se trouve plusieurs réglementation d'agriculture et de production biologique ; en Afrique, en Europe, en Asie, en Australie et dans le monde arabe ; de même des cahiers des charges, des marques indépendantes et d'agence de certification biologique international et national ; mais tous basé sur des mêmes principes communs.

Nous avons choisi parmi les tous huit cahiers ou marques afin de construire notre grille d'audit, sont les plus sévères dans l'application d'esprit de production biologique et les plus connus dans le monde sont les suivantes :

### 4.7.1 La réglementation de l'union européen

L'Union européenne dispose depuis 1991 d'une réglementation spécifique: Le 1er janvier 2009, le **règlement (CE) n°834/2007** a remplacé le règlement (CEE) n°2092/91 modifié. Il s'applique à l'ensemble des productions en agriculture biologique, et à tous les types d'activités (production, transformation, distribution, importation...) (**Cyathea, 2013**). Le **règlement (CE) n°889/2008** en définit les modalités d'application (**Cyathea, 2013**). Le règlement (UE) n° 2018/848 du Parlement européen et du Conseil du 30 mai 2018 relatif à la production biologique et à l'étiquetage des produits biologiques, et abrogeant le règlement (CE) n° 834/2007 du Conseil, est entré en vigueur le troisième jour suivant celui de sa publication et sera applicable à partir du 1er janvier 2021(**Julia Klöckner, 2019**).



Figure 24. Logo de l'Union européen (RCE, 2018).

#### 4.7.2 National Organic Program

Aux États-Unis, le National Organic Program (NOP) (**Figure b**) est l'organisme qui contrôle l'alimentation issue de l'agriculture biologique, sous l'égide du Département de l'Agriculture des États-Unis (USDA). Cet organisme est responsable de l'attribution du label « USDA organic ». Le National Organic Program a été créé par une loi fédérale d'octobre 2002. C'est la concrétisation d'une loi de 1990, le « Organic Food Production Act », qui a mandaté le département de l'agriculture (USDA) (**Figure a**) pour développer des standards nationaux et des règlements d'application concernant l'agriculture biologique. Ces règlements couvrent en détail tous les aspects de la production, la transformation, la distribution et la vente des produits biologiques.



Figure 25. Logo d'agriculture biologique d'USA (a) ; Logo de NOP (b)

NOSB : Le Conseil national des normes biologique (NOSB) est un conseil consultatif fédéral composé de 15 bénévoles publics dévoués de toute la communauté des produits biologiques. Établi par la Loi sur la production d'aliments biologiques (OFPA) et régi par la Loi sur le Comité consultatif fédéral (FACA), le NOSB examine et formule des recommandations sur un large éventail de questions concernant la production, la manipulation et la transformation de produits biologiques. <https://www.ams.usda.gov/rules-regulations/organic/nosb>

#### 4.7.3 Australian Certified Organic Standard

Australian Certified Organic Standard (ACOS) définit les exigences relatives à la commercialisation de produits certifiés biologiques en Australie, ainsi que l'utilisation associée des logos et autres identifiants « Australian Certified Organic » ou « ACO Certified

Organic ». Norme australienne pour les produits biologiques et biodynamiques (AS6000-2009), ainsi que la norme nationale pour les produits biologiques et biodynamiques, tout en étant un document de liaison avec les principales normes biologiques internationales. Cela crée une norme australienne unique, détenue et contrôlée par l'industrie et le mouvement de la production biologique australienne, y compris la certification obligatoire caractéristique de la communauté biologique autogérée internationale (**ACOS Standard, 2017**).



**Figure 26. Logo de production biologique australien (ACOS Standard, 2017)**

#### 4.7.4 Demeter

C'est une marque internationale déposée depuis 1932 regroupe des agriculteurs qui travaillent selon les principes de la bio-dynamie. Leurs méthodes de culture sont basées sur l'utilisation des calendriers lunaires et sur l'emploi de préparations qui stimulent l'énergie des plantes et celle du sol. Les producteurs doivent être certifiés en agriculture biologique pour adhérer à Demeter (**Hérault, 2018**).



**Figure 27. Logo de Demeter (Hérault, 2018)**

#### 4.7.5 Nature et Progrès

L'association Nature & Progrès, créée en 1964, a la particularité de regrouper producteurs et consommateurs. En 1986, elle obtient l'homologation par les pouvoirs publics du premier cahier des charges privées dans le monde. Nature & Progrès attribue sa mention à la fois à partir de cahiers des charges techniques mais également en fonction d'une charte qui prend en compte les aspects environnementaux, sociaux et économiques (**Hérault, 2018**). Cette association de consommateurs et de professionnels s'engage pour une agriculture à la fois biologique, écologique, équitable et durable (**AGRIBIO, 2019**)



Figure 28. Logo de Nature & Progrès (Nature et Progrès, 2016)

#### 4.7.6 Bio Cohérence

Bio Cohérence est une marque de certification privée, créé le 12 avril 2010, cette marque récente (2010) demande un engagement des producteurs, transformateurs et distributeurs adhérents à respecter, en plus du règlement bio européen, des règles complémentaires (non mixité des fermes, liste de procédés de transformation qui ne dénaturent pas le produit, étiquetage local, lien au sol...). Elle inclut aussi la notion de dynamique de progrès, avec des autodiagnostic sur les exploitations et un suivi de leur évolution (**Hérault, 2018**). Aux côtés du label bio européen, le label Bio Cohérence signale que le producteur s'implique dans une démarche plus aboutie et plus globale que le cahier des charges de l'agriculture biologique, en intégrant une dynamique de progrès et dans une dimension écologique, éthique, sociale et de santé publique (**AGRIBIO, 2019**).



Figure 29. Logo de Bio Cohérence (Bio Cohérence , 2018)

#### 4.7.7 Bio Bourgeon

Le label Bourgeon est né en 1981, il est propriété de Bio Suisse (anciennement Association suisse des organisations d'agriculture biologique). Bio Suisse a confié la certification des produits Bourgeon confectionnés en Suisse à Bio.inspecta. Ce label garantit que les lieux de production pratiquent une agriculture biologique sur l'ensemble de leur exploitation. Il exclut l'emploi d'organismes génétiquement modifiés (OGM), les pesticides et engrais chimiques de synthèse, ainsi que les additifs considérés comme inutiles (arômes, colorants). Sont également concernés le mode de transformation des aliments et les contrôles indépendants.



Figure 30. Logo de Bio Bourgeon

#### 4.7.8 Bio Fédéral

Ordonnance fédérale sur l'agriculture biologique et la désignation des produits végétaux et des denrées alimentaires biologiques (Ordonnance bio). Directives de Bio Suisse et de l'Ordonnance fédérale sur l'agriculture biologique relatives à la production, la transformation et le commerce des produits [http://www.bio-inspecta.ch/htm/dl\\_detail.htm?sprache=f&id=86&p=1](http://www.bio-inspecta.ch/htm/dl_detail.htm?sprache=f&id=86&p=1). En Suisse, l'ordonnance fédérale sur l'agriculture biologique définit ce qu'il faut faire pour qu'un produit puisse être déclaré bio. Elle prescrit que toutes les entreprises qui importent, produisent, transforment, stockent ou distribuent des produits bio doivent être contrôlées et certifiées par un organisme de certification accrédité par l'État. <https://www.bio-suisse.ch/fr/contrlesetcertification2.php>



Figure 31. Logo de Bio Suisse (Bio Suisse, 2019)

Les sections auditées sont donc les suivantes :

1. Emplacement des ruches : 12 critères appréciés.
2. Origine des abeilles, constitution et renouvellement du cheptel biologique : 16 critères appréciés.
3. Cire d'abeille utilisable en agriculture biologique : 8 critères appréciés.
4. Caractéristiques des ruches et des matériaux utilisés dans l'apiculture biologique : 12 critères appréciés.
5. Nourrissement biologique : 13 critères appréciés.
6. Nettoyage et désinfection des ruches : 4 critères appréciés.
7. Prophylaxie et soins vétérinaires : 17 critères appréciés.
8. Pratiques d'élevage : 14 critères appréciés.
9. Procédés de préparation du miel et des produits de la ruche : 22 critères appréciés.
10. Enregistrement administratif : 11 critères appréciés.

Critere de Conformité	Evaluation																Observations / Justification
	Bio européen		NOP/NO SB USA		ACOS AUSTRALIA		Demeter International		Nature et Progrès		Biocoherence		Bio Suisse				
	C P N N C C A		C P N N C C A		C P N N C C A		C P N N C C A		C P N N C C A		C P N N C C A		C P N N C C A		C P N N C C A		
Emplacement des ruches																	
En principe l'apiculture biologique se préfère la sédentarité des ruches comme un modèle idéal d'apiculture.	Préférée		Préférée		Préférée		Préférée		Préférée		Préférée		Préférée		Préférée		
	x		x		x		x		x		x		x		x		
La transhumance, présentant l'intérêt de valoriser des miellées successives, est acceptée, mais le nombre de miellées effectuées devra également être raisonné afin d'éviter de « fatiguer » les colonies prématurément.	Autorisé		Autorisé		Autorisé		Autorisé		Locale et régionale (ne pas sortir de la zone de la lignée évolutive)		Autorisé		Autorisé		Autorisé		
		x		x		x		x		x		x		x		x	
Les zones de butinage doivent être assez vastes pour fournir aux abeilles une nourriture appropriée et suffisante et l'accès à de l'eau.	Obligatoire		Obligatoire		Obligatoire		Obligatoire		Obligatoire		Obligatoire		Obligatoire		Obligatoire		
	x		x		x		x		x		x		x		x		
La zone de butinage: le rucher est situé de telle façon que, dans un rayon de 3 km autour de son emplacement.	Obligatoire		Obligatoire		Dans un rayon de 5 km		Obligatoire		Obligatoire		Obligatoire		Obligatoire		Obligatoire		
	x		x		x		x		x		x		x		x		

Figure 32. Grille d'audit des exploitations apicoles

## 4.8 La conformité des cultures

Aucune parcelle dans les environs n'est fertilisée artificiellement. L'utilisation des fumures naturelles est observée sur les exploitations familiales ne dépassant pas ¼ d'hectare.

### 4.8.1 Échantillon de l'exploitation

Lors de la récolte, il est important de ne sélectionner que les cadres parfaitement operculés. Les cadres récoltés sont placés dans une hausse vide hermétique, et transportés proprement vers la miellerie.



Figure 33. Cadres de miel mature dans la hausse

#### 4.8.1.1 Désoperculation des cadres

Avant d'extraire le miel d'un cadre, le cadre doit être désoperculé, c'est-à-dire retirer la fine pellicule de cire qui obstrue les alvéoles remplies de miel grâce à un couteau ou à une griffe à désoperculer en acier inoxydable.



Figure 34. Désoperculation un cadre du miel mature

#### 4.8.1.2 Extraction du miel par centrifugation

L'extraction du miel se fait par la méthode de centrifugation au moyen d'un extracteur manuel, l'extracteur avec une capacité de quatre cadres.



Figure 35. Opération d'extraction du miel par extracteur centrifugeuse

#### 4.8.1.3 Maturation après centrifugation

Le miel est récupéré, filtré et transvasé dans le maturateur (**Figure a**). Le miel est laissé au repos trois à quatre jours à une température de 20°C dans un maturateur hermétiquement fermé jusqu'à l'élimination de l'humidité, et afin que l'ensemble des impuretés remonte à la surface et constitue une écume qui sera retirée (**Figure b**).



**Figure 36. Récupération du miel (a) et sa filtration (b)**

Le miel mature doit être conditionné dans des pots en verre et conservé à une température stable à l'abri de l'humidité. Tous les matériaux utilisés au long du processus d'extraction ne pouvant pas induire de pollution ou de contamination de miel, sont constituée de matériaux aptes aux contacts des denrées alimentaires. tel que l'inox ou plastique alimentaire.

## 4.9 Analyse de la qualité physico-chimique des miels

### 4.9.1 Préparation des échantillons

Les échantillons des miels ont été préalablement chauffés dans un bain-marie réglée à 38 °C, afin d'assurer la liquéfaction et l'élimination des cristaux présents dans les échantillons. Ces cristaux sont issus de la cristallisation à basse température du miel. Tous les dosages et analyses ont été réalisés en triplicata. Les résultats sont exprimés en moyenne ± écart-type.

### 4.9.2 Analyse chromatographique des miels

L'analyse des sucres du miel a été réalisée au laboratoire d'analyses et d'écologie apicole C.E.T.A.M., à l'aide d'un système de chromatographie liquide à haute performance (HPLC) équipé d'un détecteur à réseau de diodes (DAD, Diode Array Detector).

#### 4.9.2.1 Préparation des échantillons

Environ 5 g de miel ont été pesés avec précision et dissous dans 25 mL d'eau ultrapure (Milli-Q). La solution a été homogénéisée par agitation magnétique pendant 15 minutes, puis centrifugée à 4000 tr/min pendant 10 minutes afin d'éliminer les particules solides. Le surnageant a ensuite été filtré à travers un filtre en nylon de 0,45 µm (Millipore) avant l'injection dans le système HPLC.

#### 4.9.2.2 Système chromatographique

L'analyse a été effectuée sur un système HPLC Agilent 1260 Infinity (Agilent Technologies, USA) comprenant :

- une pompe à gradient binaire,
- un autosampler thermostatable,
- un thermostat de colonne (maintenu à 30 °C),
- et un détecteur DAD réglé entre 200 et 400 nm.

Les données ont été acquises et traitées à l'aide du logiciel ChemStation (Agilent).

#### 4.9.2.3 Colonne utilisée

Colonne Aminex HPX-87C (300 × 7,8 mm, Bio-Rad, USA), maintenue à 80 °C, avec de l'eau ultrapure comme phase mobile à un débit de 0,6 mL/min.

### 4.9.3 Acidité libre

Quelques gouttes de phénolphtaléine (C<sub>20</sub>H<sub>14</sub>O<sub>4</sub> à 1%) ont été ajoutées à 10 g de miel préalablement dissous dans 75 ml d'eau distillée dans un bécher. On remplit la burette avec une solution d'hydroxyde de Sodium NaOH à 0,1 N et on ajuste à zéro. On titre l'échantillon avec NaOH à 0,1 N jusqu'à l'obtention d'une couleur rose permanente. Le résultat est exprimé en milléquivalents par kilogramme de miel et déterminée par la formule suivante :

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

#### 4.9.4 Potentiel Hydrogène (pH)

##### 4.9.4.1 Principe

La détermination du pH s'effectue électrométriquement à l'aide d'un pH-mètre de paillasse.

##### 4.9.4.2 Appareillage (NF T 90-008)

- pH-mètre de paillasse.
- Électrodes de référence et de pH ou électrode combinée.
- Solutions tampons pH = 4,01 et pH = 7,00.

##### 4.9.4.3 Mode opératoire (NF V 05-406)

- Les flacons de miels sont d'abord ramenés à t° ambiante (20-25°C).
- La mesure du pH est effectuée sur le miel par immersion directe de la sonde dans le produit. Une homogénéisation préalable du contenu de la boîte s'effectue à l'aide d'une spatule métallique.
- Le pH-mètre est calibré à l'aide des solutions tampons.
- La température du produit est mesurée au moyen d'un thermomètre et l'instrument est ajusté à cette température.
- Les électrodes ou l'électrode combinée sont plongées dans le produit sans dilution.

#### 4.9.5 Conductivité électrique à 20°C

La conductivité électrique des miels a été mesurée par un conductimètre.

Le résultat est exprimé en milli-Siemens par centimètre (mS.cm<sup>-1</sup>).

#### 4.9.6 Indice de Réfraction et Degré Brix

Le Brix et l'indice de réfraction ont été mesurés à l'aide d'un réfractomètre universel d'Abbe.

Le réfractomètre affiche la valeur de l'indice de réfraction à une valeur absolue qui est convertie en équivalent de Brix selon une échelle de pourcentage de saccharose.

##### 4.9.6.1 Substances analysables par réfractométrie

Ce sont les milieux optiquement transparents. Les liquides et substances gélifiées ont des indices de réfraction se situant dans la gamme 1,3 à 1,7. Une solution aqueuse peut contenir plusieurs composants solubles tels que les sucres, mais ce ne sont pas les seules molécules responsables de la réfraction de la lumière. L'indice est différent de celui d'une solution d'un seul corps et varie avec le changement de concentration de plusieurs d'entre eux. Il est possible donc d'établir une échelle de mesure donnant la concentration de ce corps en fonction de l'indice de réfraction mesuré. Dans ce cas, on désigne par °Brix, la proportion en pourcentage du seul corps en quantité variable dans le mélange. Les échelles % Brix sont établies par étalonnage sur des échantillons de la solution concernée à laquelle on ajoute progressivement des quantités connues du composant variable (**Boumendjel, 2015**).

#### 4.9.6.2 Appareillage

Le Réfractomètre permet d'apprécier la teneur en extrait sec soluble d'un liquide. Il permet de mesurer la rotation du plan de la lumière produite par les corps actifs en solution. Il se compose d'un polariseur et d'un analyseur, entre lesquels s'interpose un tube d'observation d'un système d'éclairage, d'un système de pénombre qui divise le champ en deux pages, d'un système de compensation et d'une lunette de visée (**Boumendjel, 2015**).

La lecture de l'échelle saccharimétrique donne directement le titre de résidu sec soluble en x % de l'échantillon analysé. Ce paramètre peut être réalisé sur terrain moyennant un Réfractomètre manuel muni d'une échelle graduée indiquant l'indice de réfraction, et ayant une précision de 0,5%. Le réfractomètre doit être ajusté de telle sorte qu'il fasse apparaître un indice de réfraction de 1,3330 pour l'eau distillée, à une température de 20°C. Il doit également être étalonné à un indice de réfraction de 1,3920 par exemple au moyen de prismes ou d'une solution étalon.

Afin de récolter les deux à trois gouttes de produit à analyser, on doit utiliser des morceaux de tissu carrés, de 10 cm de côté, de toile de lin en chaîne, trame (pur fil) lessivée (poids au m<sup>2</sup> : 125gr) : chaîne : compte 33 fils/cm, n° métrique 59, trame : duitage 31 duites/cm n° métrique 55 (**Boumendjel, 2015**).



Figure 37. Réfractomètre Universel d'Abbe

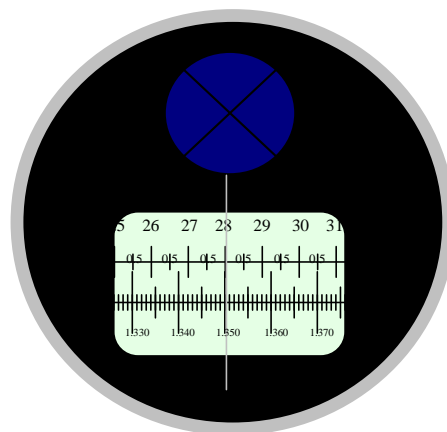


Figure 38. Observation de l'indice de réfraction (Brix) dans la lunette de visée du réfractomètre

#### 4.9.6.3 Mode opératoire

- Amener l'échantillon à une température proche de celle de mesure.
- Mélanger l'échantillon afin de la rendre homogène.
- Placer environ 10g du produit au centre d'un carré de toile, rassembler les coins du carré de façon à enfermer la prise d'essai dans une petite partie et presser celle-ci progressivement afin d'en exsuder du liquide à travers la toile.
- Eliminer les premières gouttes.
- Laisser tomber quelques gouttes sur le prisme de mesure du réfractomètre.
- Rabattre le prisme d'éclairage sur le prisme de mesure en le pressant bien contre ce dernier et procéder à la lecture.
- Amener la ligne divisant les zones claires et foncées de la surface du champ de division à l'intersection des fils de réticule et lire la valeur de l'indice de réfraction.
- Si la température de la lecture n'est pas exactement celle à laquelle l'instrument est étalonné, corriger la lecture d'après la table de correction fournie avec l'instrument.

#### 4.9.6.4 Expression des résultats

L'expression des résultats doit se faire en pourcentage de matière sèche soluble ou Brix. Pour l'échelle indiquant le pourcentage en masse de saccharose (selon le tableau en annexe), corriger les résultats selon le tableau trouvé dans l'annexe **(NA 5669, CEE n° 1764/86, model 2WA)**.

#### 4.9.7 Teneur en eau

La teneur en eau a été déterminée en se rapportant au Journal Officiel **(J.O.R.A, 2018)**, qui spécifie la relation entre l'indice de réfraction et la teneur en eau.

#### 4.9.8 Taux de cendres

Les taux de cendres ont été recherchés de la façon suivante :

Dans une capsule on dépose 5 g de miel et une quantité d'alcool.

On met les essais dans un four à moufle pendant 2 h à 500°C ensuite on procède au refroidissement dans le dessiccateur (les capsules contenant les cendres sont pesées).

La teneur en cendres totales ( $W_{TA}$ ) est exprimée en pourcentage massique selon l'équation :

$$[W_{TA} = (m_3 - m_1 / m_2 - m_1) \times 100\%]$$

- $m_1$  : masse en grammes de capsule vide ;
- $m_2$  : masse en grammes de la capsule et de la prise d'essai ;
- $m_3$  : masse en grammes de la capsule et du résidu obtenu après l'étuvage.

Pour la détermination sur une base non humide, le résultat est multiplié par  $[100\% / 100\% - C]$ , où **C** est l'humidité exprimée en pourcentage.

## 4.9.9 Densité

### 4.9.9.1 Technique

- Peser dans un petit bécher 10g du miel le dissoudre dans 75ml d'eau distillé
- Rincer l'électrode à l'eau distillé puis sécher avec du papier Joseph
- Placer la solution de miel à analyser sous agitation magnétique
- Plonger le densimètre propre et sec dans la solution à analyser
- Attendre la stabilisation du densimètre pour la lecture de la valeur.
- Trois lectures ont été effectuées.

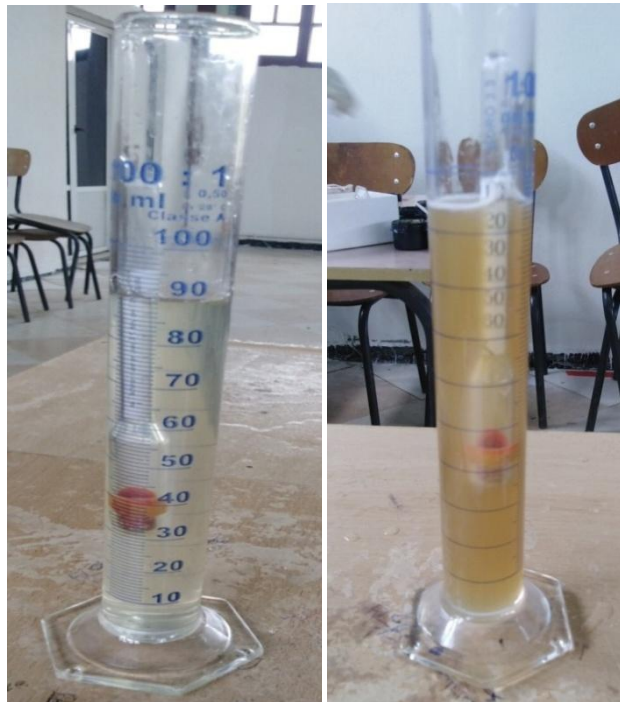


Figure 39. Mesure de la densité des miels (Mohamedi et Azzedine, 2021)

### 4.9.10 Densité pycnométrique

La densité des miels a été calculée selon l'équation suivante [ $D=D2/D1$ ]

**D1** = le poids de pycnomètre avec l'eau distillée - le poids de pycnomètre vide ;

**D2** = le poids de pycnomètre avec le miel - le poids de pycnomètre vide.

## **4.10 Analyse de la qualité microbiologique des miels**

### **4.10.1 Préparation de la suspension mère**

#### **4.10.1.1 Technique**

Prélever et peser 10g représentatifs de chaque échantillon de miel préalablement chauffé au bain marie à 30°C

Mélanger les 10g de miel avec 90ml du diluant tryptone-sel et bien agiter pour obtenir une suspension mère et assurer la répartition homogène des micro-organismes.

### **4.10.2 Préparation des dilutions décimales**

#### **4.10.2.1 Technique**

Prélever à l'aide d'une pipette stérile 1ml de la suspension mère et la rajouter à 9 ml de diluant tryptone-sel. Bien agiter pour obtenir une dilution primaire  $10^{-1}$

Prélever avec une nouvelle pipette stérile 1 ml de la dilution primaire et déposer dans un nouveau tube contenant 9 ml de diluant pour obtenir ainsi la dilution  $10^{-2}$ . Si nécessaire répéter la même opération pour préparer les dilutions  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ , ...etc.

### **4.10.3 Recherche et dénombrement des coliformes fécaux (NF V 08-060)**

#### **4.10.3.1 Technique**

À l'aide d'une pipette stérile, transférer dans une boîte de Petri vide stérile 1 ml de la suspension mère.

À l'aide, d'une nouvelle pipette stérile, transférer dans une autre boîte de Petri vide stérile 1 ml de la première dilution décimale de l'échantillon pour essai.

Recommencer ces opérations avec les dilutions qui suivent, à l'aide d'une nouvelle pipette stérile pour chaque dilution décimale.

Couler dans chaque boîte de Petri environ 12 à 15 ml du milieu gélosé Violet rouge bile lactose (VRBL) préalablement fondu dans un bain-marie réglé à 45°C.

Mélanger soigneusement l'inoculum au milieu de culture et laisser le mélange se solidifier en posant les boîtes de Petri sur une surface froide et horizontale.

Préparer de boites témoins sans inoculation pour vérifier la stérilité du milieu de culture.

Retourner les boites ainsi préparées et les placer à l'étuve réglée à 44°C pendant 24h.

#### **4.10.3.2 Lecture et expression des résultats**

Les colonies de coliformes fécaux apparaissent sous forme de colonies rondes et de couleur rose foncée « violet », ayant un diamètre d'au moins 0.5mm.

Le résultat est exprimé en multipliant le nombre de colonies par l'inverse de la dilution.

Calculer le nombre de microorganismes par millilitre de miel à l'aide de la formule suivante :  
 $N = \sum c (n_1 + 0.1 n_2) \cdot d$

**N** : Nombre de germe / ml

**Σc** : Somme totale des colonies comptées

**n1** : Nombre de boîtes comptées dans la première dilution

**n2** : Nombre de boîtes comptées dans la seconde dilution

**d** : Facteur de dilution à partir duquel les premiers comptage ont été obtenus

#### **4.10.4 Recherche des Salmonelles (Norme ISO 6579)**

La recherche des salmonelles passe par les étapes suivantes:

##### **4.10.4.1 Etape de pré-enrichissement**

Introduire 25g de l'échantillon de miel à analyser dans 225 ml de l'eau peptonée tamponnée (EPT), puis incubé à 37 °C pendant une période de 18 à 24h.

##### **4.10.4.2 Etape de l'enrichissement**

Transférer, à l'aide d'une pipette 0.1 ml du milieu de pré-enrichissement après incubation dans un tube contenant 10 ml du milieu d'enrichissement Rappaport-Vassiliadis et 0.1 ml dans un autre dans un tube contenant 10 ml bouillon Muller-Kauffmann.

Incuber le bouillon Muller-Kauffmann à 37°C pendant 18 à 24 h.

Incuber le bouillon Rappaport-Vassiliadis à 44 °C pendant 18 à 24 h.

##### **4.10.4.3 Etape de l'ensemencement et d'identification**

Ensemencer avec une anse, à partir de chacun des milieux d'enrichissement, la surface d'une boîte de gélose XLD et une boîte de gélose Hektoen façon à permettre le développement de colonies bien isolées.

Ensemencer avec une anse, à partir de la culture des milieux d'enrichissement, la surface d'une boîte de gélose Xylose Lysine Decarboxylase (XLD) et une boîte de la gélose Hektoen

Incuber les boîtes (retournées) à 37 ±1°C durant 20 h. à 24 heures.

##### **4.10.4.4 Lecture**

Examiner les boîtes après incubation afin de rechercher la présence de colonies typiques de *Salmonella*. Sur XLD, les colonies typiques de *Salmonella* sont des colonies à centre noires et entourées d'un halo clair rouge légèrement transparent. Sur Hektoen, les colonies typiques de *Salmonella* sont vertes ou vertes avec un centre noir.

L'identification biochimique des salmonelles se fait par galerie biochimique API.

#### 4.10.5 Recherche et dénombrement de *Bacillus cereus* (NF XP V 08-058)

##### 4.10.5.1 Technique

Ensemencer par étalement 1 ml de la dilution  $10^{-1}$  de chaque échantillon de miel à la surface des boîtes de Petri contenant le milieu Mossel.

À l'aide d'une nouvelle pipette graduée stérile, Recommencer cette opération avec les autres dilutions.

Laisser les boîtes à température ambiante sur la paillasse pendant environ 15 min.

Incuber les boîtes dans l'étuve bactériologique pendant 18h à 24h à l'étuve réglée à 30°C.

##### 4.10.5.2 Lecture et expression des résultats

Les colonies présumées de *Bacillus cereus* sont de couleur rose de 2 à 5 mm de diamètre (mannitol-négatif) et presque toujours entourées d'un halo opaque de précipité, indiquant la production de lécithinase.

Calculer le nombre N de microorganismes par millilitre ou par gramme de produit, à l'aide de l'équation suivante :  $N = \Sigma aV \times 1,1 d$

- **$\Sigma a$**  : est la somme des colonies de *B. cereus* comptées après identification sur les deux boîtes retenues ;
- **$d$**  : est le taux de dilution correspondant à la première dilution retenue ;
- **$v$**  : est le volume étalé sur chaque boîte.

#### 4.10.6 Dénombrement en anaérobiose des bactéries sulfito-réductrices (NF T 90-415 1985)

##### 4.10.6.1 Technique

Déposer 10 ml du miel à analyser dans un tube à essai et chauffer au bain marie à 80°C durant 10 mn et refroidir après rapidement à l'eau courante. Cette opération vise à détruire toutes les formes végétatives susceptibles d'être présentes dans l'échantillon de miel et laisser ainsi les formes sporulées résistantes.

Faire fondre au bain marie bouillant la gélose VF jusqu'à liquéfaction complète ; refroidir ensuite jusqu'à 55°C et ajouter une ampoule d'alun de fer et une ampoule de sulfite de sodium. Remettre au bain marie réglé à 55°C afin d'éviter la solidification de milieu.

Mélanger doucement pour éviter la formation de bulles d'air. Refroidir immédiatement sous courant d'eau.

Incuber pendant 48 heures à 44°C.

##### 4.10.6.2 Lecture et expression des résultats

Les colonies de clostridiiums sulfito-réducteurs apparaissent sous forme de grosses colonies noires.

Calculer le nombre de microorganismes par millilitre de miel de 03 dilutions à l'aide de la formule suivante :

$$\text{Nombre / ml} = \Sigma(\mathbf{n1} + \mathbf{0.1 n2}) \cdot \mathbf{d}$$

- **C** : Somme totale des colonies comptées
- **n1** : Nombre de boîtes comptées dans la première dilution
- **n2** : Nombre de boîtes comptées dans la seconde dilution
- **d** : facteur de dilution à partir duquel les premiers comptages ont été obtenus

#### **4.10.7 Recherche et Dénombrement de *Staphylococcus aureus* (ISO 6888-1:1999/Amd 1:2003)**

##### **4.10.7.1 Technique**

Prélever et déposer avec une pipette stérile, 0.1ml de la suspension mère à la surface de milieu gélosé Baird-Parker (BP). Répéter l'opération avec la dilution  $10^{-2}$  et les dilutions suivantes si nécessaire.

Réaliser un ensemencement en étalant l'inoculum à la surface de la gélose.

Laisser sécher les boîtes durant environ 15 min à température ambiante.

Incuber les boîtes durant 24 à 48 h dans l'étuve réglée à  $35 \pm 1^\circ\text{C}$  ou à  $37 \pm 1^\circ\text{C}$ .

##### **4.10.7.2 Lecture**

Les colonies des staphylocoques caractéristiques sont noires, brillantes et convexes (1 à 1.5 mm de diamètre après 24 h d'incubation et 1.5 à 2.5 mm de diamètre après 48 h d'incubation, et entourées d'une zone transparente avec un anneau opalescent claire qui peut être partiellement opaque.

##### **4.10.7.3 Test de la coagulase**

Prélever avec une anse de platine une colonie suspecte et l'ensemencer dans un tube contenant le bouillon cœur-cerveille. Incuber à  $35^\circ\text{C}$  ou  $37^\circ\text{C}$  durant 20 à 24 heures.

Ajouter stérilement 0.1 ml de la culture préparée préalablement à 0.3 ml de plasma de lapin et incuber à  $35^\circ\text{C}$  ou  $37^\circ\text{C}$ .

Surveiller la formation du coagulum après 3 à 6 heures de temps.

Considérer que la réaction à la coagulase est positive quand le coagulum occupe plus de trois-quarts du volume initialement occupé par le liquide.

#### **4.10.8 Recherche et dénombrement des levures et moisissures (JORA N°39, 02 Juillet 2017)**

##### **4.10.8.1 Technique**

Déposer à l'aide d'une pipette graduée stérile 1 ml de la dilution  $10^{-1}$  dans une boîte de Petri vide stérile (Si nécessaire, recommencer cette opération avec les autres dilutions décimales)

Couler dans chaque boîte de Petri 12 à 15 ml du milieu Sabouraud préalablement fondu au bain-marie réglé à 45°C

Mélanger soigneusement l'inoculum au milieu de culture et laisser solidifier.

Incuber les boîtes ensemencées à l'étuve bactériologique réglée à 25°C pendant 72h.

#### *4.10.8.2 Expression des résultats*

Compter les colonies de moisissures et levures, Multiplier cette valeur par l'inverse du volume de l'inoculum ensuite par l'inverse du taux de dilution de l'échantillon.

Calculer le nombre de microorganismes par millilitre de miel à l'aide de la formule suivante :

$$\text{Nombre / ml} = \frac{\sum c}{(n_1 + 0,1 n_2 + 0,01 n_3) \cdot d}$$

- **$\sum c$**  : Somme totale des colonies comptées
- **n1** : Nombre de boîtes comptées dans la première dilution
- **n2** : Nombre de boîtes comptées dans la seconde dilution
- **n3** : Nombre de boîtes comptées dans la troisième dilution
- **d** : facteur de dilution à partir duquel les premiers comptage ont été obtenus

## 4.11 Étude de l'activité antibactérienne des miels

L'activité antibactérienne des dilutions de 25%, 50%, 75% et 100% des échantillons des miels a été étudiée par la méthode de diffusion sur disque en milieu gélosé décrite par **Gull et al. (2012)**.

Les souches bactériennes cliniques et de références suivantes ont été testées:

- *Salmonella enteritidis*,
- *Enterococcus faecalis*,
- *Staphylococcus aureus* ATCC 25923,
- *Bacillus cereus* ATCC 11778
- *Escherichia coli* ATCC 25922.

### 4.11.1 Technique

L'inoculum bactérien est préparé à partir d'une culture jeune de 18h de chaque souche clinique ou de référence à tester sur milieu gélosé.

Trois colonies de la bactérie à étudier sont prélevées à la pipette Pasteur ou avec une anse de platine, puis introduit dans un tube à vis contenant 10 ml d'eau physiologique stérile à 0,9 % pour former une suspension.

La suspension bactérienne doit avoir une opacité de à 0,5 Mac Farland. Cette suspension servira à l'ensemencement des boites contenant la gélose Mueller Hinton (MH), l'inoculum est étalé avec l'écouvillon sur la totalité de la surface gélosée, sèche, de haut en bas, en stries serrées l'opération est répétée deux fois, en tournant la boite de 60°C à chaque fois.

Quatre disques stériles de 6mm de diamètre sont déposés stérilement sur le milieu MH chaque disque est imbibé de 25 µl de chaque dilution de miel préparée.

On Incube les boites à 37°C pendant 24h à l'étuve bactériologique

### 4.11.2 Lecture et interprétation

Les activités antibactériennes des miels étudiés ont été déterminées en mesurant avec un pied à coulisse le diamètre de la zone d'inhibition autour de chaque disque après incubation.

# Résultats et discussion

## 5 Résultats et Discussion

### 5.1 Analyses physicochimiques des miels de Skikda

Les miels sont codifiés de la façon suivante :

- *Quarn Aicha*, 2 échantillons: #1 ; #2
- *Arsa El Kebir*, 3 échantillons: #3 ; #4 ; #5
- *El Fedj*, 2 échantillons: #6 ; #7
- *Nechaa*, 2 échantillons: #8 ; #9
- *Hdjar Mefrouch*, 2 échantillons: #10 ; #11

#### 5.1.1 Le potentiel Hydrogène (pH)

Globalement les pH moyens des miels étaient situés entre la valeur minimale de  $3.623 \pm 0.470$  et la valeur maximale de  $5.313 \pm 0.306$ . On remarque que les miels : M7 ( $5.013 \pm 0.058$ ), M8 ( $5.313 \pm 0.306$ ), M9 ( $5.21 \pm 0.226$ ) et M10 ( $5.123 \pm 0.159$ ) ont enregistré un pH supérieur aux miels suivants : M1 ( $4.673 \pm 0.306$ ), M2 ( $4.683 \pm 0.359$ ), M3 ( $3.623 \pm 0.470$ ), M4 ( $4.886 \pm 0.102$ ), M5 ( $4.923 \pm 0.120$ ), M6 ( $4.946 \pm 0.0929$ ) et M11 ( $4.6 \pm 0.413$ ). D'après **Mbogning (2011)**, le pH des miels de nectars est entre 3.5 et 4.5 et celui des miellats se situe entre 5 et 5.5. Nos résultats sont proches de ceux retrouvés par **Mekious et al. (2015)** dans les miels provenant de Djelfa.

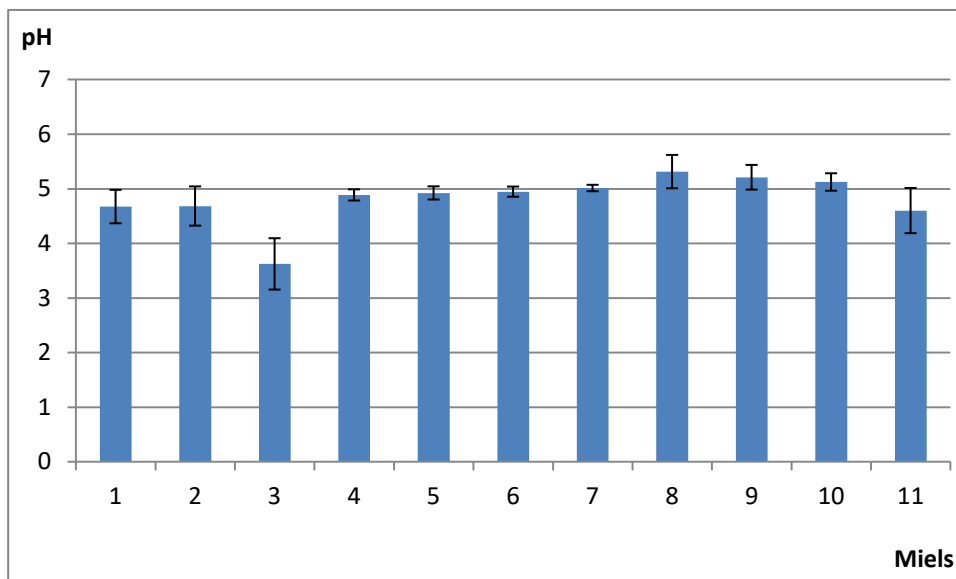


Figure 40. Valeurs de pH des miels de Skikda

#### 5.1.2 La teneur en eau

La limite maximale de la teneur en eau des miels préconisée par le **Codex Alimentarius (2001)** est de 20%. Nos miels M1, M3, M4, M5, M6, M7, M8, M9 M10 et M11 ont affiché respectivement des teneurs en eau (**Figure 23**) bien inférieures à la norme :  $16.966 \pm 0.057\%$ ,  $19 \pm 0.458\%$ ,  $17.066 \pm 0.115\%$ ,  $19.1 \pm 0.173\%$ ,  $16.966 \pm 0.057\%$ ,  $19.066 \pm 0.321\%$ ,  $18.266 \pm 0.152\%$ ,  $17 \pm 0.2\%$ ,  $19.966 \pm 0.404\%$ ,  $15.933 \pm 0.115\%$ . Ces résultats sont identiques

à ceux trouvés pour les miels de toutes fleurs de Bejaia dans les travaux d'**Ouchemoukh et al. (2007)**. On remarque que le miel M2 a affiché une teneur moyenne de  $21.6 \pm 0.692$  % légèrement élevée par rapport à la limite supérieure de la norme. D'après **Bogdanov et al. (2004)**, les teneurs en eau des miels varient en fonction de leur origine florale, de la saison de production et du climat de la région. Selon **Tchoumboue et al. (2001)**, les fortes teneurs en eau proviendraient d'une récolte trop précoce ou d'un manque de stabilisation du produit post-récolte.

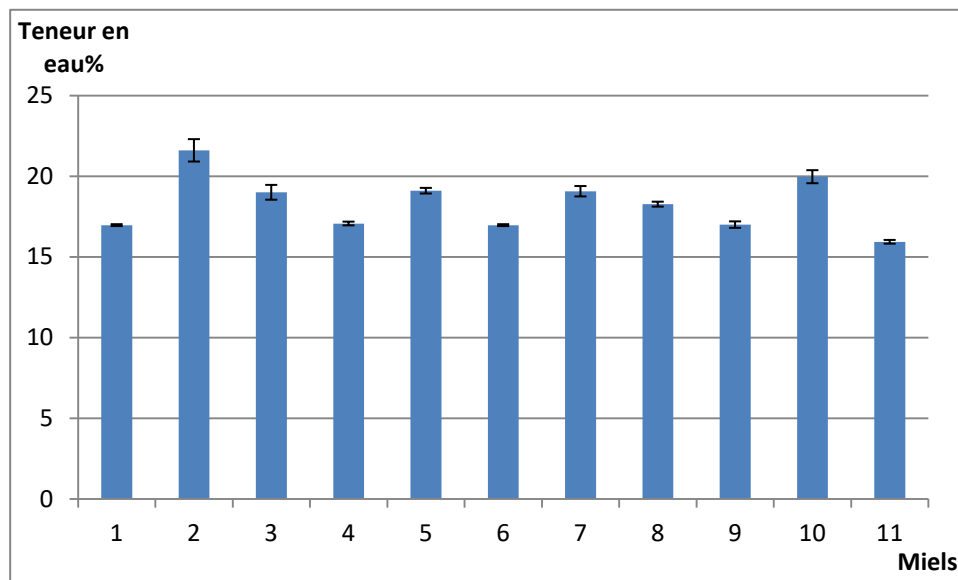


Figure 41. Valeurs de teneur en eau moyenne des miels de Skikda

### 5.1.3 La densité

Selon **Lobreau-Callen et al. (2000)**, la densité des miels varie généralement de 1.39 à 1.44. Notons que les miels M7 ( $1.133 \pm 0.115$ ) et M11 (1) ont affiché les densités moyennes les moins élevées par rapport aux normes et autres échantillons de miels étudiés. Les miels M1 ( $1.733 \pm 0.115$ ), M2 ( $1.666 \pm 0.115$ ), M3 ( $1.733 \pm 0.230$ ), M4 ( $1.733 \pm 0.115$ ), M5 ( $1.466 \pm 0.115$ ), M6 ( $1.866 \pm 0.115$ ), M7 ( $1.133 \pm 0.115$ ), M8 ( $1.866 \pm 0.115$ ), M9 ( $1.666 \pm 0.115$ ) et M10 ( $1.733 \pm 0.115$ ) ont enregistré des densités moyennes légèrement plus élevées à la norme exigée. La densité est en fonction de la teneur en eau. Plus un miel est riche en eau et moins il sera dense (**Jean-Prost, 1987**).

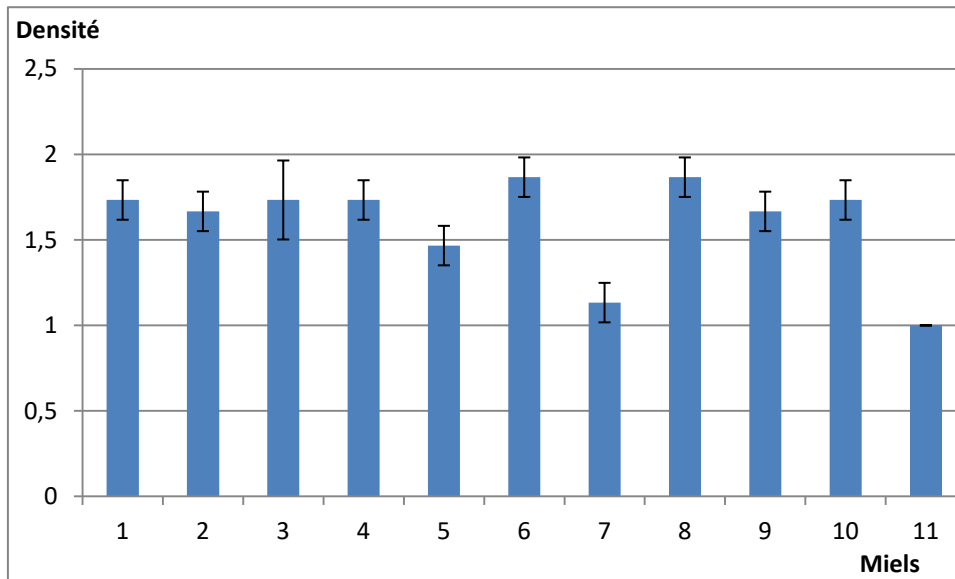


Figure 42. Valeurs de densité moyenne des miels de Skikda

#### 5.1.4 Le Brix

Le degré de Brix nous renseigne sur le taux de la matière sèche soluble des miels. Les résultats ont montré que le miel M11 avait un taux moyen de matière sèche de  $82.333 \pm 0.230$ , le plus élevé du groupe, et que le miel M2 avait un taux moyen de matière sèche de  $76.833 \pm 0.378$ , le moins élevé. Les autres échantillons de miels ont enregistré les taux suivants : M1 :  $81.1 \pm 0.1$ , M3 :  $77.966 \pm 1.422$ , M4 :  $80.733 \pm 0.642$ , M5 :  $80.066 \pm 1.101$ , M6 :  $81.333 \pm 0.152$ , M7 :  $79.7 \pm 1.3$ , M8 :  $79.966 \pm 0.0577$ , M9 :  $81.2 \pm 0.264$  et M10 :  $78.3 \pm 0.519$ .

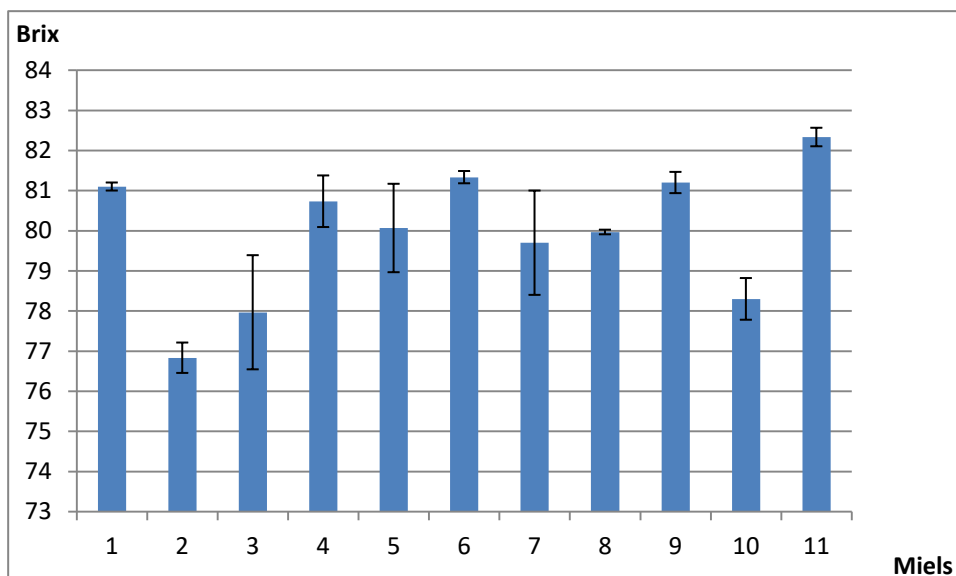


Figure 43. Valeurs de Brix des miels de Skikda

### 5.1.5 Les taux de saccharose

Globalement les taux de saccharose mesurés étaient entre 2.1% et 3.233%. Ces derniers sont inférieurs à 5% limite maximale fixée par le **Codex Alimentarius (2001)** pour tous types de miels confondus. Les miels M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7, M8, M9, M10 et M11 ont affiché respectivement les taux suivants :  $2.566 \pm 0.057 \%$ ,  $2.1 \pm 0.1 \%$ ,  $1.933 \pm 0.057 \%$ ,  $3.233 \pm 0.057 \%$ ,  $2.3 \%$ ,  $2.1 \pm 0.1 \%$ ,  $2.933 \pm 0.057 \%$ ,  $2.1 \%$ ,  $2.266 \pm 0.057 \%$ ,  $2.233 \pm 0.057 \%$  et  $3.133 \pm 0.057 \%$ . Selon **Anklam (1998)**, une teneur élevée de saccharose peut indiquer que les abeilles ont été nourries avec un sirop de saccharose, ou une récolte précoce de miel, dans laquelle le saccharose n'a pas été entièrement transformé en glucose et fructose.

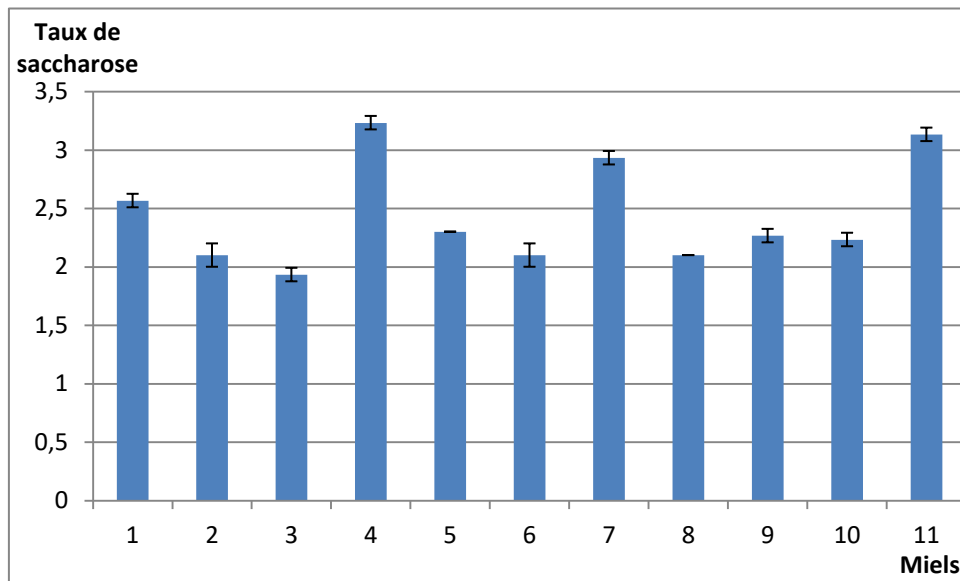


Figure 44. Valeurs de taux de saccharose des miels de Skikda

### 5.1.6 La conductivité électrique

Les miels analysés ont affichés les valeurs de conductivité électriques suivantes : M1 ( $0.340 \pm 0.0005$  mS/cm), M2 ( $0.372 \pm 0.0005$  mS/cm), M3 ( $0.856 \pm 0.0005$  mS/cm), M4 ( $0.337 \pm 0.003$  mS/cm), M5 ( $0.465 \pm 0.004$  mS/cm), M6 ( $0.736 \pm 0.001$  mS/cm), M7 ( $0.451 \pm 0.0005$  mS/cm), M8 ( $0.349 \pm 0.001$  mS/cm), M9 ( $0.737 \pm 0.0005$  mS/cm), M10 ( $0.740 \pm 0.0005$  mS/cm), M11 ( $0.471 \pm 0.001$  mS/cm). La conductivité électrique représente un bon critère pour la détermination de l'origine botanique du miel (**Piazza et al., 1991**). La limite maximale préconisée par les normes européennes est de 0,8 mS/cm (**Journal Officiel Communauté Européenne, 2001**). Le miel de nectar possède une conductivité inférieure à 0,8 mS/cm ; celle du miellat est supérieure à 0,8 mS/cm (**Bogdanov et al., 1999**). Tous les miels ont présenté des valeurs inférieures à la limite fixée sauf le M3 qui a affiché une valeur légèrement supérieure par rapport à la norme évalué à :  $0.856 \pm 0.0005$  mS/cm.

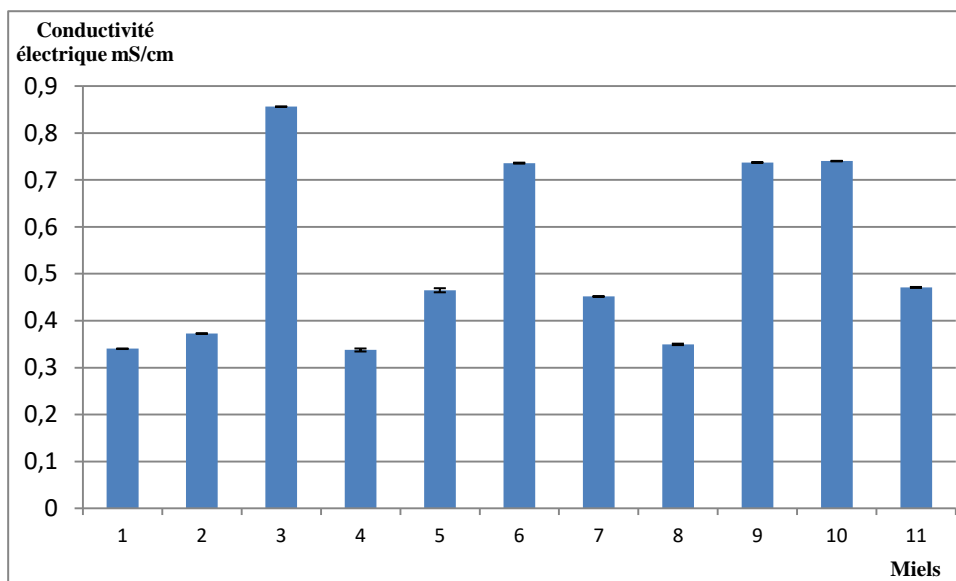


Figure 45. Valeurs de conductivité électrique (mS/cm) des miels de Skikda

### 5.1.7 Indice de réfraction

Trois échantillons de miels M1, M8 et M9 ont enregistrés respectivement les indices de réfraction suivants :  $1.502 \pm 0.0004$ ,  $1.5019 \pm 0.0003$  et  $1.491 \pm 0.0016$ . Ces indices sont dans les normes puisque d'après **Lobreau-Callen et al. (2000)** l'indice de réfraction des miels varie de 1,4915 à 1,5041. Les autres échantillons : M2 ( $1.483 \pm 0.0001$ ), M3 ( $1.478 \pm 0.0001$ ), M4 ( $1.487 \pm 0.0002$ ), M5 ( $1.488 \pm 0.0008$ ), M6 ( $1.465 \pm 0.0004$ ), M7 ( $1.481 \pm 0.0004$ ), M10 ( $1.482 \pm 0.0005$ ) et M11 ( $1.488 \pm 0.0009$ ) ont présentés des indices légèrement inférieurs à la limite minimale fixée de 1.4915.

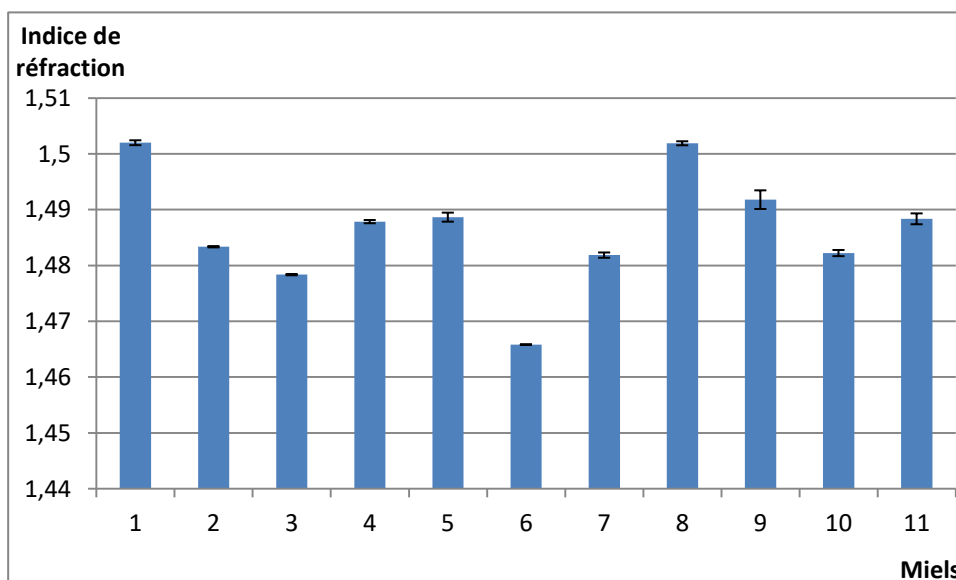
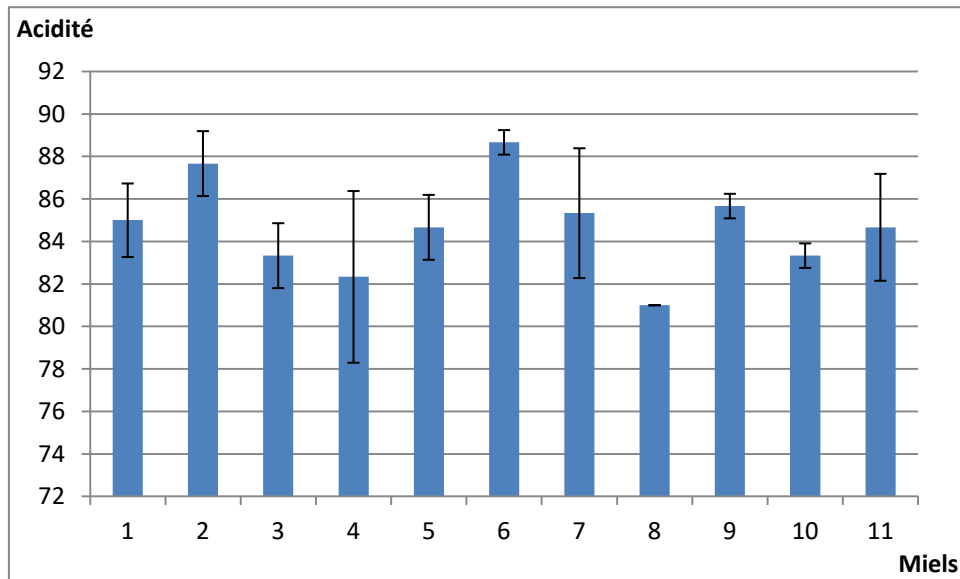


Figure 46. Valeurs des Indice de réfraction des miels de Skikda

### 5.1.8 Acidité

La limite maximale fixée par le **Codex Alimentarius (2001)** pour l'acidité des miels est de 50 méq/kg. Tous nos échantillons miels avaient une acidité libre qui dépasse cette limite.



**Figure 47. Valeurs d'acidité des miels de Skikda**

Les acidités enregistrées sont les suivantes : M1 ( $85 \pm 1.73$  mEq/kg), M2 ( $87.66 \pm 1.52$  mEq/kg), M3 ( $83.33 \pm 1.52$  mEq/kg), M4 ( $82.33 \pm 4.04$  mEq/kg), M5 ( $84.66 \pm 1.52$  mEq/kg), M6 ( $88.66 \pm 0.57$  mEq/kg), M7 ( $85.33 \pm 3.05$  mEq/kg), M8 (81 mEq/kg), M9 ( $85.66 \pm 0.57$  mEq/kg), M10 ( $83.33 \pm 0.57$  mEq/kg), M11 ( $84.66 \pm 2.51$  mEq/kg). L'acidité est un critère de qualité important (Louveaux, 1968 ; Bogdanov et al., 2004 ; Gomes et al., 2010). Selon Schweitzer (2004) l'acidité naturelle s'accroît lorsque le miel vieillit et lorsqu'il s'altère par fermentation.

## 5.2 Inventaire végétal de la région d'Annaba

Le tableau ci-dessous liste les espèces mellifères retrouvées. Pour le miel de qualité biologique, nous avons réalisés un inventaire végétal de l'Edough où est situé le rucher d'exploitation apicole *Zeriba*. Nous avons pu identifier 101 espèces mellifères sources très importante de nectar et de pollen. Nos résultats sont très proches de **Hamelet Boulemtafes (2007)** qui ont identifié 107 espèces dans la même région. Ce nombre de plantes mellifères est plus élevé que celui de l'étude réalisée dans le Sud-ouest algérien par **Hadda et al. (2011)** où ont été identifiées 66 espèces mellifères. Les résultats obtenus sont encourageants. Ceci est expliqué par le bon emplacement du rucher. Ce dernier, avec ses critères de végétation, est conforme aux exigences publiées par **UE (2018), NOP et ACOS (2017)** pour l'apiculture et la production de miel de qualité biologique.

**Tableau VII. Inventaire végétal de la région d'étude**

Nom commun	Nom scientifique
1. Absinthe ou Herbe aux vers	<i>Artemisia absinthium</i>
2. Ail triquètre	<i>Allium triquetrum</i>
3. Ammi visnage	<i>Visnaga daucooides</i>
4. Arbousier	<i>Arbatus unedo</i>
5. Aubépine lisse ou épineuse	<i>Crataegus laevigata</i>
6. Azérolier	<i>Crataegus azarolus</i>
7. Basilic	<i>Ocimum basilicum</i>
8. Bec de Grue	<i>Erodium cicutarium</i>
9. Bellardie	<i>Bartsia trixago</i>
10. Bourache	<i>Borago officinalis</i>
11. Bruyère arborescente	<i>Erica arborea</i>
12. Bruyère multifleurs	<i>Erica multiflora</i>
13. Calycotome épineux	<i>Calycotome spinosa</i>
14. Camomille romaine	<i>Chamaemelum nobile</i>
15. Campanule agglomérée	<i>Campanula glomerata</i>
16. Campanule raiponce	<i>Campanula rapunculus</i>
17. Carotte sauvage	<i>Daucus carota</i>
18. Chardon d'âne	<i>Galactites tomentosa</i>
19. Châtaignes dans le bogue	<i>Castanea sativa</i>

20. Chêne Zen	<i>Quercus canariensis</i>
21. Chèvrefeuille des Baléares	<i>Lonicera implexa</i>
22. Chicorée amère	<i>Cichorium intybus</i>
23. Chrysanthème couronné	<i>Glebionis coronaria ou Chrysanthemum coronarium</i>
24. Ciste de Montpellier	<i>Cistus monspeliensis</i>
25. Cléone du Portugal	<i>Cleonia lusitanica</i>
26. Cresson de fontaine	<i>Nasturtium officinale</i>
27. Cyclamen africain	<i>Cyclamen africanum</i>
28. Cytinelle ou cytinet	<i>Cytinus hypocistis</i>
29. Daphné garou Saint-Bois	<i>Daphne gnidium</i>
30. Echinops ou boule azurée	<i>Echinops ritro</i>
31. Euphorbe de Nice	<i>Euphorbia nicaeensis</i>
32. Ficaire fausse-renoncule	<i>Ficaria verna ou Ranunculus ficaria</i>
33. Figue de Barbarie	<i>Opuntia ficus indica</i>
34. Fougère-Aigle ou Grande Fougère	<i>Pteridium aquilinum</i>
35. Fumeterre	<i>Fumaria officinalis</i>
36. Gaillet luisant	<i>Galium lucidum</i>
37. Genêt à balai	<i>Cytisus scoparius</i>
38. Genet épineux	<i>Genista scorpius</i>
39. Géranium à feuilles molles	<i>Geranium molle</i>
40. Géranium des bois	<i>Geranium sylvaticum</i>
41. Iris d'Alger	<i>Iris unguicularis</i>
42. La noix de Barbarie	<i>Moraea sisyrinchium ou Iris sisyrinchium</i>
43. Lamier pourpre	<i>Lamium purpureum</i>
44. Lavande sauvage stéchade	<i>Lavandula stoechas</i>
45. Lin bisannuel	<i>Linum bienne</i>
46. Linaire	<i>Linaria reflexa</i>
47. Liseron des haies	<i>Calystegia sepium</i>
48. Liseron fausse guimauve	<i>Convolvulus althaeoides</i>

49. Liseron tricolore ou belle du jour	<i>Convolvulus tricolor</i>
50. Marrube blanc	<i>Marrubium vulgare</i>
51. Mauve sauvage	<i>Malva sylvestris</i>
52. Mûrier ronce	<i>Rubus fruticosus</i>
53. Muscari ou Hyacinthe	<i>Muscari comosum</i>
54. Myrtes	<i>Myrtus communis</i>
55. Narcisse d'automne	<i>Narcissus serotinus</i>
56. Narcisse	<i>Narcissus tazetta</i>
57. Nivéole d'automne	<i>Leucojum autumnale</i>
58. Ophrys araignée	<i>Ophrys aranifera</i>
59. Ophrys bombyx	<i>ophrys bombyliflora</i>
60. Ophrys guêpe	<i>Ophrys tenthredinifera</i>
61. Ophrys miroir	<i>Ophrys speculum</i>
62. Ornithogale d'Arabie	<i>Ornithogalum arabicum</i>
63. Orobanche blanche	<i>Orobanche alba</i>
64. Orpin bleuâtre	<i>Sedum caeruleum</i>
65. Ortie à pilules ou ortie algérienne	<i>Urtica pilulifera</i>
66. Oxalis	<i>Oxalis per-caprae</i>
67. Pâquerette vivace	<i>Bellis perennis</i>
68. Pissenlit	<i>Taraxacum officinale</i>
69. Pistachier lentisque ou Arbre au mastic	<i>Pistacia lentiscus</i>
70. Plantain lancéolé ou Plantain étroit	<i>Plantago lanceolata</i>
71. Poireau perpétuel	<i>Allium ampeloprasum</i>
72. Queue de lièvre	<i>Lagurus ovatus</i>
73. Ravenelle	<i>Raphanus raphanistrum</i>
74. Renoncule bouton d'or	<i>Ranunculus repens</i>
75. Réséda blanc	<i>Reseda alba</i>
76. Romarin	<i>Rosmarinus officinalis</i>
77. Romulée	<i>Romula sp.</i>

78. Rose Eglantine	<i>Rosa sempervirens</i>
79. Rumex tête-de-bœuf	<i>Rumex bucephalophorus</i>
80. Sainfoin d'Italie	<i>Hedysarum coronarium</i>
81. Salsepareille	<i>Smilax aspera</i>
82. Saugé à feuilles de verveine	<i>Salvia verbenaca</i>
83. Scille automnale	<i>Barnardia numidica</i>
84. Scille maritime	<i>Urginea maritima</i>
85. Scolyme à grandes fleurs	<i>Scolymus grandiflorus</i>
86. Scolyme d'Espagne	<i>Scolymus hispanicus</i>
87. Scorpiure sillonné	<i>Scorpiurus sulcatus</i>
88. Sedum sp	<i>Sedum sp</i>
89. Sénéçon	<i>Senecio glaucus</i>
90. Silène à feuilles larges	<i>Silene latifolia</i>
91. Silène bigarré	<i>Silen colorata</i>
92. Silène de France	<i>Silene gallica</i>
93. Souci des champs	<i>Calendula arvensis</i>
94. Thym à têtes ou capité	<i>Thymus capitatus</i>
95. Trèfle blanc	<i>Trifolium repens</i>
96. Trèfle jaune couché ou champêtre	<i>Trifolium campestre</i>
97. Trèfle rose	<i>Trifolium roseum</i>
98. Urosperme	<i>Urospermum dalechampii</i>
99. Violette	<i>Viola riviniana</i>
100. Vipérine faux-plantain	<i>Echium plantagineum</i>
101. Vipérine rouge	<i>Echium horridum</i>

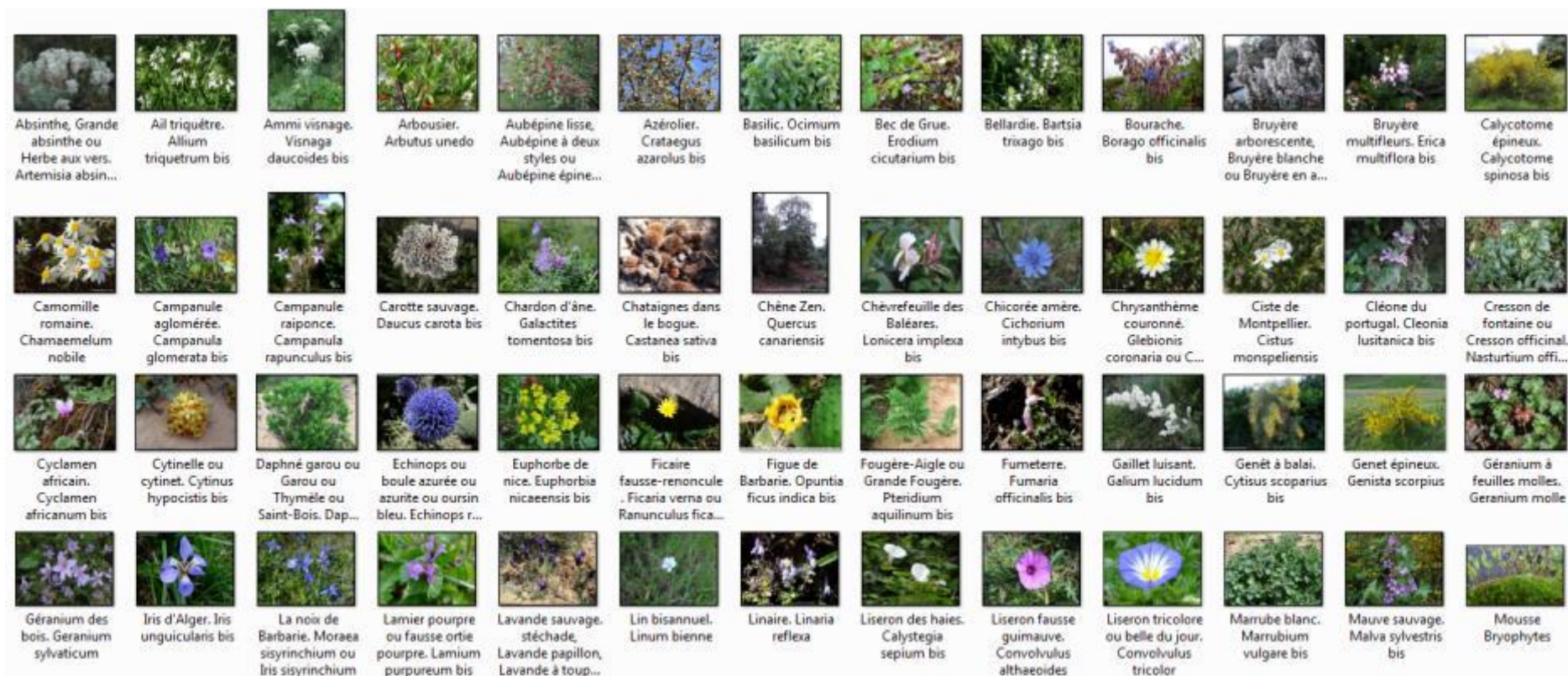


Figure 48. Plantes identifiées – partie 1



Figure 49. Plantes identifiées – partie 2

### 5.3 Analyses physico-chimiques des miels d'Annaba

Les résultats des différents paramètres physico-chimiques étudiés sont présentés dans le Tableau ci-dessous.

Tableau VIII. Analyses physico-chimiques des échantillons d'Annaba

Paramètres	<i>Zriba</i>	<i>Sidi Achour</i>	<i>Elshifa</i>	<i>San Francisco</i>
Acidité	36 ± 13	36.66 ± 0.57	20 ± 0.0	7 ± 0.0
pH	4.07 ± 0.12	4.25 ± 0.0	4.07 ± 0.0	4.06 ± 0.12
Conductivité 20°C	5.66 ± 0.0	6.9 ± 0.0	2.74 ± 0.0	2.65 ± 0.17
Brix	78.83 ± 0.15	80.7 ± 0.60	80.33 ± 0.15	80.63 ± 0.11
Indice de réfraction	1.48 ± 2.71	1.49 ± 0.001	1.49 ± 0.0003	1.49 ± 0.0002
Taux d'humidité	19.4 ± 0.0	17.86 ± 0.57	17.93 ± 0.2	17.66 ± 0.11
Taux d'amidon	0.41 ± 0.08	0.76 ± 0.07	0.25 ± 0.038	0.72 ± 0.57
Densité	1.4031	1.4206	1.4179	1.3934

#### 5.3.1 pH

Selon Mbogning (2011), les miels des nectars ont un pH compris entre 3.5 et 4.5 et ceux de miellats se situent entre 5 et 5.5. Les valeurs de pH de tous les miels étudiés étaient acides, la valeur moyenne était de 4.07 (*Elshifa*), 4.07 ± 0.12 (*Zriba*), 4.25 (*Sidi Achour*) et 4.06 ± 0.12 (*San Francisco*). Ibrahim *et al.* (2012) indiquent que le miel est naturellement acide indépendamment de son origine géographique. Ceci est probablement dû à la présence d'acides organiques qui contribuent à sa saveur et à sa stabilité contre la détérioration microbienne.

#### 5.3.2 Acidité libre

L'acidité libre selon le *Codex Alimentarius* (2001) doit être inférieure à 50 méq.kg<sup>-1</sup>. Nos échantillons de miels ont montré une acidité libre dans les normes. Toutes les valeurs étaient inférieures à 50 méq.kg<sup>-1</sup>. Le miel local *Sidi Achour* a affiché un taux d'acidité libre légèrement élevé (36,66 ± 0.57 méq. kg<sup>-1</sup>) par rapport à celui de *Zriba* qui était à 36 ± 13 méq.kg<sup>-1</sup>, suivi du miel *Elshifa* évalué à 20 méq.kg<sup>-1</sup>. La valeur la plus faible était celle du miel *San Francisco* (7 méq.kg<sup>-1</sup>). L'acidité des miels locaux n'a donc pas été modifiée artificiellement (Lobreau-Callen *et al.*, 2000). L'acidité naturelle du miel s'accroît lorsque le miel vieillit et lorsqu'il s'altère par fermentation (Schweitzer, 2004).

#### 5.3.3 Conductivité électrique

D'après Zerrouk *et al.* (2011), la conductivité électrique du miel est étroitement liée à la concentration des sels minéraux, d'acides organiques et de protéines. Elle est considérée comme un paramètre de grande variabilité selon l'origine florale et l'un des meilleurs

paramètres de différenciation entre miels à fleurs et miellats. Le miel *Sidi Achour* a affiché une valeur de conductivité électrique plus élevée ( $6,9 \text{ mS.cm}^{-1}$ ) que celle de *Zriba* ( $5,66 \text{ mS.cm}^{-1}$ ). Les miels importés (*Elshifa* et *San Francisco*) semblaient présenter une conductivité électrique inférieure évaluée respectivement à  $2,74$  et à  $2,65 \text{ mS.cm}^{-1}$ . La limite maximale préconisée par les normes européennes est de  $0,8 \text{ mS/cm}$  (Journal officiel des Communautés européennes, 2001). La conductivité électrique est d'autant plus élevée que le miel est riche en substances ionisables telles les matières minérales (Lobreau-Callen *et al.*, 2000).

#### 5.3.4 Degré Brix

On constate que le miel de basse altitude *Sidi Achour* contient un taux de matière sèche plus élevé ( $80,7\%$ ) que celui de haute altitude *Zriba* avec une valeur de  $78,83\%$ . Les deux miels importés ont présenté un degré Brix légèrement inférieur aux miels locaux : *Elshifa* ( $80,33\%$ ) et *San Francisco* ( $80,63\%$ ).

#### 5.3.5 Densité

Nos échantillons ont présenté des valeurs de densité variables allant de  $1,39$  (*San Francisco*) à  $1,42$  valeur (*Sidi Achour*). Ces valeurs de densité sont dans les normes car pour une teneur moyenne en eau de  $17,2\%$  à  $20\text{ °C}$ , la densité moyenne est de  $1,42$  et varie généralement de  $1,39$  à  $1,44$  selon la nature des miels analysés (Lobreau-Callen *et al.*, 2000).

#### 5.3.6 Teneur en eau

La teneur en eau est étroitement liée à la qualité du miel, à sa viscosité, sa cristallisation, sa fermentation et à sa saveur (Nombré *et al.* 2010). Selon Tchoumboue *et al.* (2001), les fortes teneurs en eau proviendraient d'une récolte trop précoce ou d'un manque de stabilisation du produit post-récolte. La teneur moyenne en eau du miel *Zriba* était à  $19,4\%$ , celle de *Sidi Achour*  $18,00\%$ , *Elshifa*  $17,93\%$  et *San Francisco*  $17,66\%$ . Les teneurs en eau de nos miels sont inférieures à  $20\%$ , limite maximale préconisée par le *Codex Alimentarius* (2001).

#### 5.3.7 Indice de réfraction

Les deux miels locaux (*Zriba* et *Sidi Achour*) avaient respectivement les indices de réfraction suivants :  $1,4880$  et  $1,4918$ . Les miels importés ont présenté une même valeur moyenne de l'indice de réfraction évaluée à  $1,49$ . Ces valeurs restent dans les normes puisque d'après Lobreau-Callen *et al.* (2000), l'indice de réfraction varie proportionnellement avec la température et la teneur en eau de  $1,4915$  à  $1,5041$  pour une teneur en eau de  $13$  à  $18\%$ .

#### 5.3.8 Teneur en cendres

Concernant les miels locaux, la teneur en cendres des échantillons analysés variait de  $0,41$  (*Zriba*) à  $0,76\%$  (*Sidi Achour*). Celle des miels importés variait de  $0,25\%$  (*Elshifa*) à  $0,72\%$  (*San Francisco*). Nandaa *et al.* (2003), rapportent que le seuil autorisé pour la teneur en cendres des miels de nectar est de  $0,6\%$ . Les résultats sont en accord avec la limite autorisée par le *Codex Alimentarius* (2001). Le miel *San Francisco* et le miel *Sidi Achour* ont affiché respectivement des teneurs en cendres supérieures à la norme.

## 5.4 Profil glucidique des miels d'Annaba

Les résultats de dosage des sucres des miels susmentionnés sont représentés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau IX. Profil chromatographique par HPLC des miels de la région d'Annaba**

Oses (%)	<i>Zriba</i>	<i>Sidi Achour</i>	<i>Elshifa</i> (Amri et al., 2007)	<i>San Francisco</i> (Amri et al., 2007)
<b>Fructose</b>	33.95 ± 0.21	36.6 ± 0.42	38.8 ± 0.2	40.5 ± 0.5
<b>Glucose</b>	33.46 ± 0.42	24.1 ± 2.4	34.2 ± 2	30.8 ± 0.2
<b>Sucrose</b>	<1	<1	3.9 ± 0.6	4.3 ± 0.3
<b>Isomaltose</b>	1.35 ± 0.07	0.95 ± 0.49	1.1 ± 0.2	1.2 ± 0.3
<b>Maltose</b>	0.6 ± 0.14	0.35 ± 0.21	2.8 ± 0.2	2.4 ± 0.4
<b>Melibiose</b>	NI	NI	NI	NI
<b>Trehalose</b>	0.55 ± 0.07	0.7 ± 0.0	NI	NI
<b>Turanose</b>	1.8 ± 0.56	2.15 ± 0.49	2.02 ± 0.2	1.2 ± 0.2
<b>Erllose</b>	0.2 ± 0	0.1 ± 0.0	0.3 ± 0.05	0.3 ± 0.03
<b>Melezitose</b>	0.6 ± 0	0.35 ± 0.07	NI	NI
<b>Raffinose</b>	1.25 ± 0.77	0.7 ± 0.28	0.2 ± 0.02	TRACES
<b>F/G</b>	1.35 ± 0.01	1.52 ± 0.12	1.13 ± 0.017	1.31 ± 0.01
<b>F+G</b>	59.05 ± 0.45	60.7 ± 3.25	73 ± 2.2	71 ± 0.7

### 5.4.1 Monosaccharides

Les teneurs moyennes en fructose et en glucose sont supérieures à celles des autres monosaccharides identifiés (isomaltose, maltose, tréhalose, turanose, erlose, mélézitose et raffinose).

Lobreau-Callen *et al.* (2000) mentionnent que les miels contiennent des teneurs plus élevées en glucose et en fructose par rapport aux autres monosaccharides. Selon Shin *et Ustinol*, (2005) le fructose domine légèrement le glucose dans les miels, en effet le fructose était à 33.95± 0.21 % dans le miel de *Zriba* et à 36.6± 0.42% dans le miel de *Sidi Achour*, à 38.8± 0.2 % dans le miel *Elshifa* et à 40.5± 0.5 % dans le miel de *San Francisco*.

Ces taux sont légèrement supérieurs à ceux retrouvés pour le glucose qui sont respectivement à 33.46 ± 0.42, %, 24.1 ± 2.4, %, 34.2 ± 2% et à 30.8± 0.2%. Les taux des sucres totaux (F+G) ont variés de 59.05± 0.45% à 60.7± 3.25% pour les miels locaux et de 71± 0.7% à 73± 2.2 % pour les miels importés. Le *Codex Alimentarius* (2001) limite à 60 % le total de fructose et de glucose, on remarque que les miels importés ont affiché un total supérieur à cette limite contrairement aux miels locaux qui sont restés conformes aux normes internationales.

Le rapport F/G indique la caractéristique de certains miels, ce rapport était à 1.35± 0.01 pour le miel de *Zriba* et de 1.52 ± 0.12 pour le miel de *Sidi Achour*. Ce dernier est plus riche en fructose (Polus, 2008) par rapport à celui de *Zriba*. Quant aux miels importés leur rapport F/G était inférieur à celui des miels locaux (1.13 ± 0.017 pour le miel d'Arabie Saoudite *Elshifa* et 1.31± 0.01 pour le miel d'Espagne *San Francisco*).

#### 5.4.2 Disaccharides

Le taux de saccharose dans les miels locaux était inférieur à 1%-contre  $3.9 \pm 0.6$  % dans le miel *Elshifa* et à  $4.3 \pm 0.3$ % dans le miel de *San Francisco*. Tous les miels (locaux et importés) répondent aux recommandations établies par le *Codex Alimentarius* qui fixe une limite maximale de 5% pour tout type de miel et de 10 % pour le miel d'eucalyptus car un taux de saccharose élevé indique que les abeilles ont été nourries avec un sirop de saccharose, ou une récolte précoce de miel, dans laquelle le saccharose n'a pas été entièrement transformé en glucose et fructose (Anklam, 1998).

D'après Cavia et al. (2006), la teneur en maltose était sensiblement plus élevée que la teneur en saccharose. Selon le même auteur, lorsque les miels sont purs, ils contiennent souvent 2 à 3 fois plus (voire même 10 fois plus) de maltose que de saccharose. La teneur moyenne en maltose retrouvée dans le miel de *Zriba* était de  $0.6 \pm 0.14$  % tandis que dans le miel de *Sidi Achour* elle était de  $0.35 \pm 0.21$  %. Ces teneurs sont supérieures à celle du saccharose qui était inférieure à 1%. Les taux de maltose dans les deux miels importés (*Elshifa* et *San Francisco*) étaient respectivement de  $2.8 \pm 0.2$ % et de  $2.4 \pm 0.4$ %, bien inférieurs aux taux de Saccharose.

Les miels *Zriba*, *Sidi Achour*, *Elshifa* et *San Francisco* ont montré respectivement des taux différents d'isomaltose  $1.35 \pm 0.07$  %,  $0.95 \pm 0.49$ %,  $1.1 \pm 0.2$ % et  $1.2 \pm 0.3$ %.

Le tréhalose était absent dans les miels importés mais il a été identifié dans les miels locaux (*Zriba* et *Sidi Achour*) à des taux respectifs de  $0.55 \pm 0.07$ % et 0.7%. Ce disaccharide a été détecté dans les miels d'Eucalyptus par Makhloufi et al. (2010).

Le miel local de *Sidi Achour* contient en moyenne la teneur la plus élevée en turanose  $2.15 \pm 0.49$ % par rapport aux échantillons des autres miels étudiés, vient ensuite le miel *Elshifa* avec une teneur moyenne de  $2.02 \pm 0.2$  %. Le miel local de *Zriba* ainsi que le miel de *San Francisco* ont renfermé respectivement  $1.8 \pm 0.56$  % et  $1.2 \pm 0.2$ %.

#### 5.4.3 Trisaccharides

La législation internationale ne donne aucune norme pour les trisaccharides comme l'erlose, le raffinose et le mélézitose. La teneur la plus basse en erlose a été retrouvée dans le miel local de *Sidi Achour* (0.1%), suivi par le miel de *Zriba* avec une teneur de 0.2% quant aux deux miels importés, leur teneur était de 0.3%. Le profil glucidique a montré que les miels locaux, *Zriba* ( $1.25 \pm 0.77$ %) et *Sidi Achour* ( $0.7 \pm 0.28$ %), renferment des teneurs de raffinose supérieures à ceux des miels importés, *Elshifa* ( $0.2 \pm 0.02$  %) et des traces dans le miel *San Francisco*. Concernant le mélézitose, il n'a pas été identifié dans les miels importés mais ce trisaccharide était présent dans les miels locaux à des taux de 0.6% pour le miel de *Zriba* et  $0.35 \pm 0.07$ % pour le miel de *Sidi Achour*.

## 5.5 Résultats des analyses bactériologiques

Les résultats des analyses bactériologiques des miels locaux (*Zriba*, *Sidi Achour*) et importés (Elshifa, San Francisco) sont représentés dans le **tableau suivant**:

**Tableau X. Analyses bactériologiques des miels d'Annaba (UFC/g)**

Miels	Salmonelles	Coliformes fécaux	Staphylococcus aureus	Anaérobies sulfito-réducteurs
Miel local de Zriba	Absence	Absence	Absence	Absence
Miel local de Sidi Achour	Absence	Absence	Absence	Absence
Miel importé Elshifa	Absence	Absence	Absence	Présence (45 UFC/g)
Miel importé San Francisco	Absence	Absence	Absence	Absence

D'après Gilliam & Prest, (1987) ; Tysset & De Rantline, (1981) les intestins des abeilles contiennent 70% de bactéries Gram négatifs : *Achromobacter*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Escherichia coli*, *Flavobacterium*, *Klebsiella*, *Proteus*, and *Pseudomonas* et 27% de bactéries Gram positifs *Bacillus*, *Bacteridium*, *Streptococcus* et *Clostridium* spp.

Les résultats des analyses bactériologiques ont montrés une absence totale des coliformes fécaux germes test de contamination fécale. Ces résultats sont similaires à ceux de Coulibaly et al., (2019) qui n'ont pas détectés ces entérobactéries dans les miels de la région du Worodougou du Côte d'Ivoire.

Idem, aucune salmonelle n'a été retrouvée dans les miels de *Zriba*, de *Sidi Achour*, Elshifa et de San Fransisco. L'absence de cette bactérie entéropathogène responsable de toxi-infection alimentaire à été mentionnée par de nombreux auteurs dans les miels : argentins (Iurlina & Fritz, 2005), polonais Rózańska (2011) et dans les miels de la Côte d'Ivoire (Coulibaly et al., 2019).

*Staphylococcus aureus*, germe commensal de la flore cutanée et de contamination par manipulation, n'a pas été dénombré dans aucun des miels étudiés. Certaines souches de cette espèce sont susceptibles de produire des entérotoxines responsables de toxi-infections alimentaires (Joffin & Joffin, 1999). La présence de *Staphylococcus aureus* dans les denrées alimentaires dénote des mauvaises conditions de manipulation lors de la préparation ainsi que de la mauvaise qualité hygiénique du matériel utilisé (Salihu et al., 2010).

Ces résultats démontrent que les extractions des miels ont été réalisées dans de bonnes conditions hygiéniques. Pour diverses raisons, la majorité des bactéries et autres micro-organismes ne peuvent croître dans le miel, car celui-ci possède des propriétés antimicrobiennes (Snowdon, 1996) et une faible activité de l'eau ( $A_w$ ) (Snowdon, 1996, 1999) ce qui empêche la croissance et la survie de nombreux microorganismes. Compte-tenu de la durée assez longue entre la production et la consommation du produit, les caractéristiques physico-chimiques des miels (faible  $A_w$ , pH bas, présence de peroxyde d'hydrogène et de composés à effet antibactérien) en font un milieu peu favorable à la survie des micro-organismes pathogènes sous forme végétative. Dans certains cas, l'existence d'un nombre élevé de bactéries végétatives pourrait être due à une contamination récente (Olaitan et al., 2007).

Les clostridies sulfite-réducteurs sont considérés comme des germes tests pour l'appréciation de la qualité hygiénique des denrées animales et d'origine animale. Ces germes doivent être absents des miels. Effectivement, ces bactéries étaient absentes dans tous les miels étudiés sauf dans le miel importé *Elshifa* où on a pu dénombrer 45 UFC par g de produit analysé. La présence des bactéries anaérobies sulfite-réductrices est due à une contamination des miels au moment du conditionnement ou lors de l'ouverture des nids et des cellules. Les miels doivent être exempts de ces bactéries (Lobreau-Callen, 2000). Le miel destiné à des applications en agroalimentaires ou thérapeutiques (activité antimicrobienne ou cicatrisante), surtout pour une application topique cutanée doit être stérilisé par une irradiation Gamma, ce traitement tuera les spores sans aucune perte d'activité antibactérienne pour les miels (Molan et Allen, 1996 ; Lusby et al., 2002, Bansal et al., 2005).

## 5.6 Résultats des analyses fongiques

Les résultats des analyses fongiques, présentés sur le tableau 2, ont montré une absence totale de moisissures dans les miels locaux et importés. Plusieurs auteurs ont reporté leur présence dans les miels. Hermínia et al. (2003) ont identifié trois (03) genres de moisissures : *Aspergillus*, *Penicillium* et *Mucor* dans les miels de Portugal. Tchoumboue et al. (2007) ont isolé huit (08) espèces de moisissures dans les miels de Cameroun. Laredj et al. (2018) ont trouvé des *Mucor* et plusieurs espèces du genre *Aspergillus* dans les miels nigériens.

Contrairement aux moisissures, les levures étaient présentes dans tous les échantillons de miels étudiés avec des taux variables.

**Tableau XI. Analyses fongiques des miels d'Annaba**

Miels	Résultats (UFC/ml)										Norme (UFC/g)	
	échant. 1		échant. 2		échant. 3		échant. 4		échant. 5		m	M
	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M		
Miel de <i>Zriba</i>	27	0	18	0	36	0	27	0	18	0	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>
Miel de <i>Sidi Achour</i>	18	0	27	0	18	0	18	0	18	0		
Miel <i>Elshifa</i>	36	0	54	0	62	0	45	0	45	0		
Miel <i>San Francisco</i>	126	0	135	0	126	0	135	0	99	0		

L : Levures, M : Moisissures, échant. : Échantillon

Selon les résultats présentés sur le tableau 2, les miels sont conformes ou de qualité satisfaisante. Tous les chiffres des miels locaux sont en dessous des seuils de tolérance. Ils sont donc conformes à la norme édictée par le JORA N°39 (2017). Seuls les résultats obtenus par le miel *San Francisco* sont dans l'intervalle m et 3m. Ce dernier reste toutefois de qualité satisfaisante et commercialisable.

D'après Snowdon (1999), beaucoup de microorganismes ne peuvent croître dans le miel naturel, par contre les levures et les champignons peuvent y survivre. De faibles taux ont été dénombrés dans les miels locaux. En effet, les taux variaient entre 18-27 UFC/g dans le miel local de *Sidi Achour*, jusqu'à 27-36 UFC retrouvées dans le miel de *Zriba*. Quant aux miels importés, les taux dénombrés sont supérieurs à ceux des miels locaux. Les taux ont varié de 36 à 62 UFC pour le miel *Elshifa* et de 99 à 135 UFC/g pour le miel *San Francisco*. Notons que le miel *San Francisco* contient le taux le plus élevé de levures par rapport aux autres échantillons de miels étudiés. Dans un miel de consommation, le taux de levures doit être inférieur à 100 cellules/g (Lobreau-Callen, 2000). Nos résultats vont de pair avec ceux de Snowdon & Cliver (1996), qui a déjà décrit la présence des levures comme étant normale dans les miels, car elles sont osmophiles et présentes sur tous les végétaux, notamment dans tous les milieux glucidiques concentrés, tels les nectars, les pollens et les miellats. Elles sont transportées par les abeilles tant sur leurs pattes que sur leur corps et dans leur système digestif. Ces levures peuvent être responsables de la fermentation du miel. Par ailleurs, elles peuvent être introduites après désoperculation des cellules. Selon Lobreau-Callen (2000) si les levures sont abondantes, leur présence témoigne soit d'un taux d'humidité trop élevé, soit du vieillissement des miels. Toujours d'après Snowdon (1999), les levures peuvent être transmises à un nouveau produit dans lequel le miel est utilisé comme

ingrédient, provoquant ainsi sa détérioration. Les levures sont responsables des fermentations lorsque les antibiotiques et les antiseptiques contenus dans les miels deviennent inefficaces (Lobreau-Callen, 2000). Les taux élevés de levures dans les miels importés (*Elshifa* et *San Fransisco*) témoignent du vieillissement de ces 2 miels. La présence des levures dans plusieurs miels à été signalée par plusieurs auteurs tels que: Tchoumboue et al. (2007), Róžańska (2011) et Laredj et al. (2018). La qualité microbiologique de nos miels est similaire à celle des miels de la région Trás-Os-Montes du Portugal (Eskevinho et al., 2012), en comparaison avec les miels importés et les miels africains comme les miels du Congo (Kitambala, 1998) et du Niger (Laredj et al., 2018).

## 5.7 Résultats des activités antibactériennes

Le potentiel antimicrobien du miel dépend de plusieurs facteurs tels que: l'origine florale (Haderbache *et al.*, 2020), le pH acide (Abdulrhman *et al.*, 2013), la forte concentration en sucres (Olaitan *et al.*, 2007), le peroxyde d'hydrogène (Chua *et al.*, 2015), le Méthylglyoxal (Daniels *et al.*, 2016), la défensine (Kwakman *et al.*, 2010), les acides phénoliques (Kwakman and Zaat, 2012), les flavonoïdes (Couquet *et al.*, 2013), le lysozyme (Bruneau, 2006) et les composés volatiles (Abd El-Moaty, 2010).

Les résultats de l'évaluation *in vitro* de l'activité antibactérienne des échantillons des miels locaux et importés en présence des bactéries Gram+ et Gram –effectuée par la méthode de diffusion en milieu gélosé sont résumés dans le Tableau ci-dessous.

**Tableau XII. Activités antimicrobiennes des miels d'Annaba**

<b>Miel à 100%</b>	<b>Zriba</b>	<b>Sidi Achour</b>	<b>San Francisco</b>	<b>Elshifa</b>
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	26.33 ± 1.52	24 ± 6.08	25.66 ± 4.16	26 ± 5.56
<i>Salmonella enteritidis</i>	26.33 ± 7.37	26.33 ± 1.15	29.33 ± 2.51	25,00 ± 2,00
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	20.33 ± 3.05	19.66 ± 0.57	15.33 ± 9.01	11.33 ± 6.65
<i>Bacillus cereus</i> ATCC 11778	7.66 ± 2.88	13.33 ± 8.73	8.33 ± 1.52	8.66 ± 2.30
<i>Enterococcus faecalis</i>	14.66 ± 3.51	15,00 ± 1	8,00 ± 2,00	7.66 ± 2.08
<b>Miel à 75 %</b>	<b>Zriba</b>	<b>Sidi Achour</b>	<b>San Francisco</b>	<b>Elshifa</b>
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	20.66 ± 1.15	17,00 ± 2.16	17,00 ± 2,00	22,00 ± 6.17
<i>Salmonella enteritidis</i>	19.66 ± 4.93	19,00 ± 1.63	21.33 ± 5.13	20.33 ± 6.15
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	15,00 ± 2,00	11,00 ± 0.81	12.33 ± 5.68	12,00 ± 6.08
<i>Bacillus cereus</i> ATCC 11778	6.33 ± 0.57	9.33 ± 4.71	6.00 ± 0,00	6.33 ± 6.21
<i>Enterococcus faecalis</i>	11.33 ± 4.16	11.33 ± 1.24	7.00 ± 1.73	6.66 ± 00
<b>Miel à 50 %</b>	<b>Zriba</b>	<b>Sidi Achour</b>	<b>San Francisco</b>	<b>Elshifa</b>
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	14.66 ± 3.78	11.33 ± 0.57	9.66 ± 3.21	17.66 ± 4.71
<i>Salmonella enteritidis</i>	11.33 ± 5.03	12.33 ± 3.05	13,00 ± 6.24	15.66 ± 2.35
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	10.66 ± 1.52	6.33 ± 0.57	8.66 ± 4.61	9.00 ± 2.44
<i>Bacillus cereus</i> ATCC 11778	6.00 ± 0,00	7.66 ± 2.88	6.00 ± 0,00	6.00 ± 0,00
<i>Enterococcus faecalis</i>	8.33 ± 4.04	9.00 ± 2.64	6.66 ± 1.15	6.00 ± 0,00
<b>Miel à 25 %</b>	<b>Zriba</b>	<b>Sidi Achour</b>	<b>San Francisco</b>	<b>Elshifa</b>
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	10.33 ± 5.13	7.33 ± 2.30	6.00 ± 0,00	12.33 ± 5.50
<i>Salmonella enteritidis</i>	7.00 ± 1.73	6.33 ± 0.57	9.00 ± 3.60	9.33 ± 4.93
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	6.33 ± 0.57	6.00 ± 0.00	6.00 ± 0.00	7.33 ± 2.30
<i>Bacillus cereus</i> ATCC 11778	6.00 ± 0.00	6.66 ± 1.15	6.00 ± 0.00	6.00 ± 0.00
<i>Enterococcus faecalis</i>	7.33 ± 2.30	7.66 ± 2.88	6.00 ± 0.00	6.00 ± 0.00

Halah et Al-Hasani (2018) ont montré que les diamètres des zones d'inhibition des bactéries décroissent au fur et à mesure que les concentrations des miels diminuent. Le miel *Sidi Achour* pur à 100% avait un effet inhibiteur sur la croissance de toutes les souches testées, cette action inhibitrice a été observée à la concentration de 75% du même miel sur *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis*, *Staphylococcus aureus* et *Enterococcus faecalis*, excepté *Bacillus cereus* (9.33 ± 4.71 mm). À la concentration de 50%, ce miel n'a plus d'effet inhibiteur sur la croissance des bactéries Gram+ : *S. aureus*, *B. cereus* et *E. faecalis* qui ont affiché respectivement les diamètres suivants : 6.33 ± 0.57 mm, 7.66 ± 2.88 mm et 9 ± 2.64 mm. À la concentration de 25%, toutes les bactéries Gram- et Gram+ ont donné de faibles diamètres de l'ordre de 7.33 ± 2.30 mm, 6.33 ± 0.57 mm, 6±0 mm, 6.66 ± 1.15 mm et

de  $7.66 \pm 2.88$  mm. Globalement les résultats obtenus montre que presque tous les miels avaient un effet inhibiteur sur la croissance des souches bactériennes lorsque leurs concentrations étaient élevées à 75% et à 100%. Cet effet décroît lorsque les concentrations des miels diminuent à 50 % et à 25%. En effet, le miel *Elshifa* pur à 100% avait une activité inhibitrice sur la croissance des trois bactéries : *E. coli* ( $26.00 \pm 5.56$  mm), *Salmonella enteritidis* ( $25.00 \pm 2.00$  mm) et *S. aureus* ( $11.33 \pm 6.65$  mm). A la concentration de 75%, les diamètres mesurés étaient respectivement de  $22.00 \pm 6.17$  mm,  $20.33 \pm 6.15$  mm et  $12.00 \pm 6.08$  mm. La souche de référence *S. aureus* a affiché avec le miel *San Francisco* des diamètres supérieurs à ceux affichés avec le miel *Elshifa* ( $15.33 \pm 9.01$  pour 100% et  $12.33 \pm 5.68$  mm pour 75%). Avec le miel *Elshifa*, cette bactérie entérotoxigène a affiché un diamètre de  $9.00 \pm 2.44$  mm à la concentration de 50% et un diamètre de  $7.33 \pm 2.30$  mm à la concentration de 25% du même miel. Plusieurs auteurs ont montré dans leurs travaux l'activité antibactérienne du miel sur les staphylocoques. D'après Nagi *et al.* (2009), le miel est un bactéricide efficace pour lutter contre les bactéries résistantes telles que les *S. aureus* résistants à la méthicilline (SARM). Katarzyna *et al.* (2018), ont trouvé que certains miels produits par les ruchers polonais pourraient être utilisés comme agent alternatif pour le traitement des infections causées par les staphylocoques. Wadi et Geregandi (2020), ont montré que la croissance de ce Gram+ était fortement inhibée après une application locale de miel sur une plaie infectée par cette bactérie pathogène. Tous les miels testés (*San Francisco*, *Elshifa*, *Zriba* et *Sidi Achour*) avaient un effet inhibiteur contre ce germe pathogène à de fortes concentrations (75% et 100 %), et le miel de *Zriba* également à 50%.

*Bacillus cereus* est une bactérie impliquée dans les toxi-infections et les intoxications alimentaires. Elle sécrète plusieurs facteurs de virulence comme : les entérotoxines, les hémolysines et les phospholipases (Kathleen *et al.*, 2016). Outre le sol, on trouve ce microorganisme dans les intestins des insectes (Swiecicka *et al.*, 2006), dans les plats préparés et dans le riz (Altayar et Sutherland, 2006). D'après nos résultats, seul le miel local *Sidi Achour* concentré à 100% avait un effet inhibiteur sur ce pathogène alimentaire avec un diamètre de  $13.33 \pm 8.73$  mm.

Les entérocoques sont responsables des infections de la peau, des tissus mous (Arias et Murray, 2012) et des plaies chirurgicales dans les unités de soins intensifs (Murray, 1990). *Enterococcus faecalis* a été sensible aux deux miels locaux (*Zriba* et *Sidi Achour*) aux concentrations 100% et 75%. Les miels importés (*San Francisco* et *Elshifa*) n'ont pas affecté sa croissance quelles que soient les concentrations testées.

Le tableau 3, montre l'effet inhibiteur du miel importé (*San Francisco*) sur la croissance de *Salmonella enteritidis*—avec des diamètres de  $29.33 \pm 2.51$  mm (100%),  $21.33 \pm 5.13$  mm (75%),  $13.00 \pm 6.24$  mm (50%).

*Salmonella* est une bactérie pathogène d'origine alimentaire, la plus incriminée dans les toxi-infections alimentaires à travers le monde (Eng *et al.* 2015 ; Rajan *et al.*, 2017). Les infections d'origine alimentaire causées par cet agent pathogène n'ont pas vu leur nombre diminuer au cours des 15 dernières années (Chen *et al.* 2017). Les deux miels locaux (*Zriba* et *Sidi Achour*)

ainsi que les deux miels importés (*Elshifa* et *San Francisco*) avaient un effet inhibiteur sur cette bactérie pathogène dans les trois concentrations 50%, 75% et 100%. Nos résultats sont similaires à ceux trouvés par Hussain *et al.* (2015) testant les miels pakistanais, par Sowa *et al.* (2017) avec les miels polonais, par Hegazi *et al.* (2020) avec les miels provenant de l'Arabie Saoudite et par Giovanni *et al.* (2020) avec les miels originaires d'Ukraine.

Le miel *San Francisco* concentré à 25% et à 50% n'avait aucun effet inhibiteur sur *E. coli* contrairement aux fortes concentrations de 75% et 100%.

Plusieurs chercheurs tels que Adebolu (2005), Sherlock *et al.*(2010), Voidaou *et al.*(2011), Belhaj *et al.*(2016), Hegazi *et al.* (2017), Matzen *et al.*(2018) et Hegazi *et al.* (2020) ont montré dans leurs travaux le potentiel antibactérien de plusieurs miels contre *E.coli*. La même chose a été constatée dans notre étude : tous les miels testés avaient un effet inhibiteur sur la croissance de ce Gram- dans les trois concentrations 100%, 75% et 50%. Ce germe a été aussi inhibé par les deux miels *Zriba* et *Elshifa* concentrés à 25%.

Toutes les bactéries testées Gram + et Gram- étaient sensibles au miel local *Zriba* concentré à 100% et à 75%, sauf *B. cereus* qui a affiché respectivement un diamètre de  $7.66 \pm 2.88$  mm et de  $6.33 \pm 0.57$  mm. À la concentration de 50%, le miel de *Zriba*, n'a pas inhibé *B. cereus* et *E. faecalis* qui ont montré une résistance avec respectivement des diamètres de  $6,00 \pm 0,00$  mm et  $8.33 \pm 4.04$ mm. Ce miel dilué à 25% semble avoir uniquement un effet inhibiteur sur *E. coli* avec un diamètre de  $10.33 \pm 5.13$  mm. Ce diamètre était supérieur aux diamètres des autres bactéries qui étaient de  $7 \pm 1.73$  mm pour *Salmonella enteritidis*,  $6.33 \pm 0.57$  mm pour *S. aureus*,  $6,00 \pm 0,00$  mm pour *B. cereus* et  $7.33 \pm 2.30$ mm pour *E. faecalis*.

## 5.8 L'audit d'exploitation

### 5.8.1 Emplacement des ruches

L'emplacement du rucher est une notion fondamentale dans la réglementation de la production biologique, c'est la première exigence de conformité qui doit être respectée, on ne peut pas parler d'une production biologique si ce critère n'est pas appliqué correctement.

Cette notion c'est la base d'une apiculture raisonnée ; où l'apiculture est une activité importante qui contribue à la protection de l'environnement et à la production agroforestière (agricole et forestière) grâce à l'action pollinisatrice des abeilles (**Codex, 2003 ; RCE, 2008**).

Dans notre travail nous avons obtenu des résultats encourageants; alors que la présente exploitation a présenté une grande conformité pour la totalité des exigences établies par les huit cahier des charges avec un taux de conformité allant de 70% à 88.89%, cinq à six critères obligatoires déjà conforme et les seules obligatoires selon les huit cahier, sont des exigences de base tel que les zones de butinage qui doivent être assez vastes pour fournir aux abeilles une nourriture appropriée et suffisante et l'accès à de l'eau; cette dernière nécessité a été aussi indiquée par les normes des aliments issus de l'agriculture biologique), le (**RCE, 2008 ; 2007 ; 2018**).

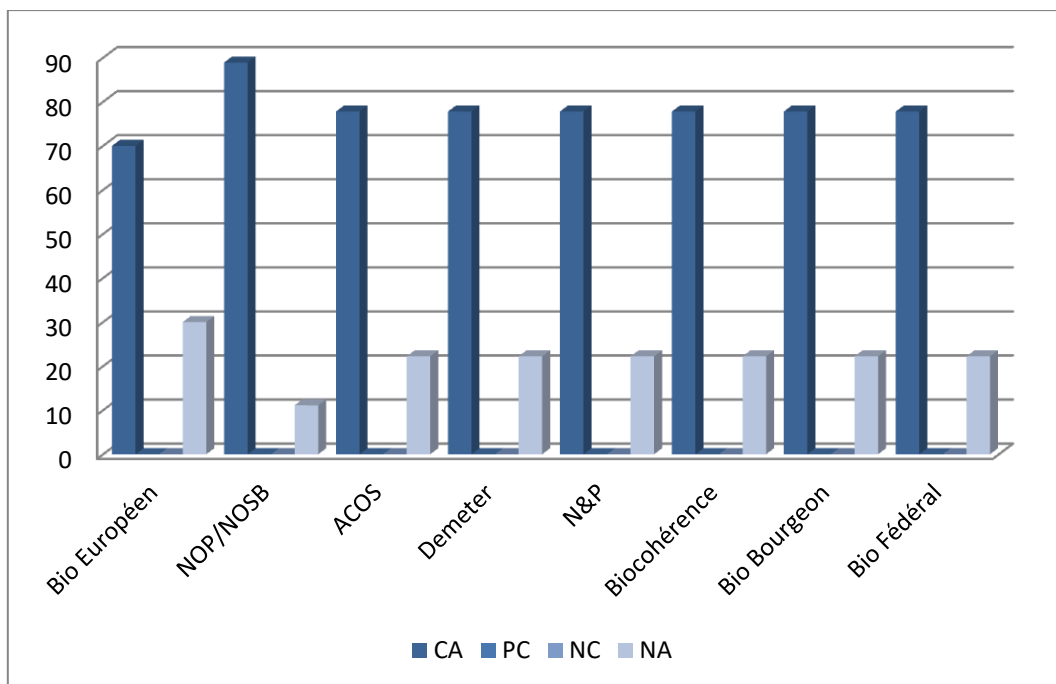


Figure 50. Résultats d'audit d'emplacement des ruches

La zone d'emplacement représente une forte richesse de plantes nectarifères et pollinifères; le rucher disposé dans le cœur de la forêt de **Séraïdi** présente une grande diversité d'espèces forestières et sauvage, la forêt fournit un grand nombre des sources d'eau montagnaise; donne aux abeilles un accès facile et divers pour l'eau et la nourriture.

Le rucher d'exploitation placé aussi à une distance suffisante de toutes sources de contamination pouvant nuire la santé des abeilles et les produits de la ruche tel que les centres urbains ; les industries ; et les routes-

Nous avons noté aussi:

Un seul critère interdit mentionné par les huit cahiers concernant l'interdiction des cultures OGM autour du rucher avec des distances variées selon le cahier concerné, Au temps que 3 Km c'est une exigence minimale pour Bio européen; Demter; Biocoherence ; et les deux marques de Bio Suisse cette distance a été aussi recommandée par **la réglementation tunisienne (2005)** et 12 Km pour N&P, n'oublie pas que la réglementation algérienne interdit les cultures OGM jusqu'à moment aucune culture d'OGM détecté dans la région.

Un seule critère préféré recommandé par les huit normes, c'est le choix de sédentarité des ruches, La sédentarité des ruches permet l'adaptation des abeilles à leur milieu et favorise le développement d'écotypes locaux (**Nature et Progrès, 2016**) cette conception bien appliqué par l'exploitation de **Zeriba**, où le rucher n'a pas changé son emplacement depuis sa création.

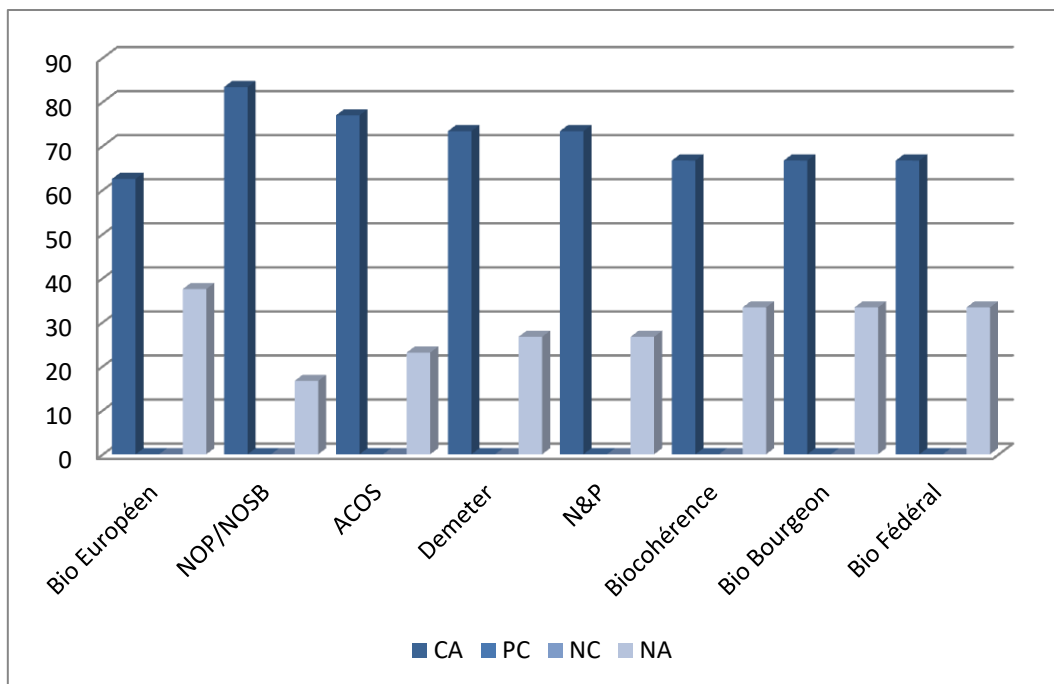
Un taux de 11.11% à 30% des critères non appliqués, prennent en compte—ces critères autorisés et n'affecte pas la conformité du rucher.

On conclut que l'emplacement du rucher d'exploitation apicole **Zeriba est** considéré comme le point le plus fort auprès des normes de production biologique.

### **5.8.2 Origine des abeilles, Constitution et renouvellement du cheptel biologique**

Il existe une relation très importante entre la souche d'abeille élevée et leur environnement ; l'apiculture biologique s'est toujours positionnée pour la préservation de la biodiversité. Cette notion garde toute son importance en apiculture; donc la préférence est donnée à l'utilisation des souches locale (**RCE, 2018**).

Au cours de notre audit nous avons trouvés des résultats motivants, aucune non-conformité n'a été détectée tel que l'introduction massive des abeilles étrangères ou de races d'abeilles génétiquement modifiées et de même pour la conformité partiel, donc un haut respect pour toutes les prescriptions signalées par les huit présentes normes; nous avons estimés un taux de conformité compris entre 62,5% et 83,33% de ce dernier pour la réglementation NOP/NOSB cet écart entre les résultats est lié à l'action de certaines prescription comme une obligation par un cahier.



**Figure 51. Résultats d’audit sur l’origine des abeilles, constitution et renouvellement du cheptel biologique**

Le taux des prescriptions non appliquées varie de 16,67% à 37,5% sont des pratiques autorisées et non appliquées par l’exploitation tel que l’utilisation d’autres races ou de croisements pour des raisons techniques qui sont autorisées par Bio européen; Biocohérence et les deux marques de Bio Suisse, par contre envisagé comme pratique interdite par Demeter et N&P.

Le propriétaire d’exploitation a choisi la race d’abeille locale l’*Apis mellifera intermissa* (tellienne) s’étend à toute l’Afrique du Nord du Maroc à la Tunisie (Doumandji, 2006).. L’une des trois grandes souches de population d’abeille algérienne avec *Apis mellifera sahariensis* et *Apis mellifera major* (Nord-Ouest) (Doumandji, 2006).

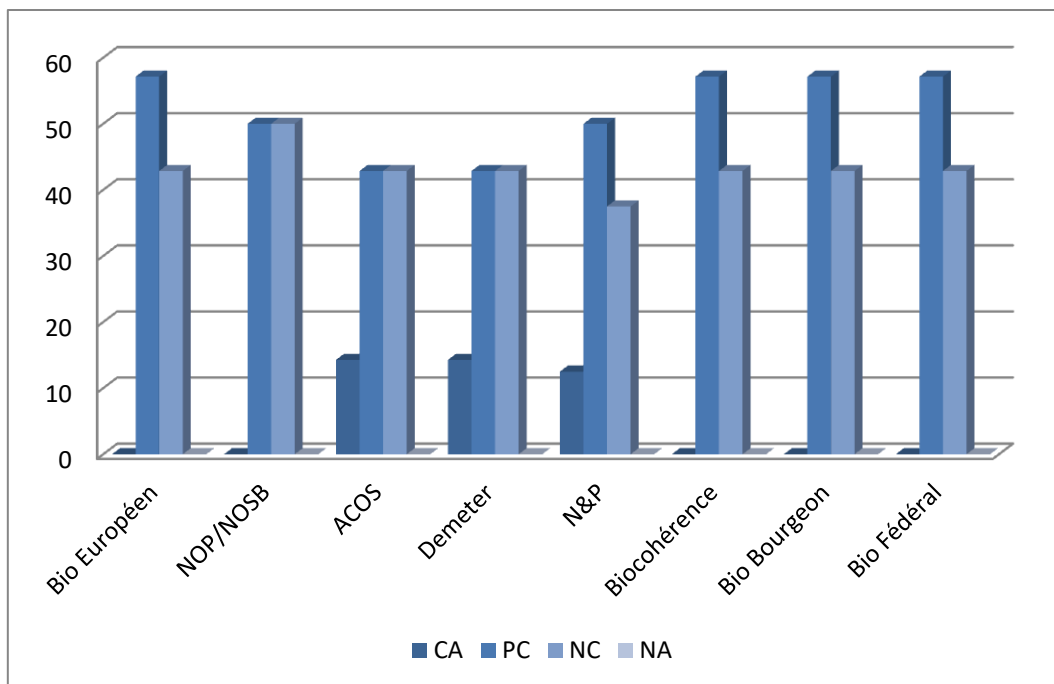
L’utilisation d’une souche locale est préférée par Bio européen; Biocohérence et les deux marques de Bio Suisse cette recommandation a été signalé par Codex, (2001) est et une obligation pour NOP/NOSB, ACOS, Demeter et N&P.

Enfin ; le respect de cette prescription donne à l’exploitation une deuxième point fort auprès les exigences d’agriculture biologique.

### 5.8.3 Cire d’abeille utilisable en agriculture biologique

La qualité de la cire joue un rôle majeure pour l’état sanitaire des colonies et la qualité des produits apicoles (FNAB, 2018).

La cire d’abeille doit donc être issue de l’apiculture biologique, qui est un intrant technique en apiculture elle doit être contrôlée comme étant UAB "utilisable en agriculture biologique"(INAO, 2019).



**Figure 52. Résultats d'audit sur l'origine de la cire utilisable en agriculture biologique**

Durant notre audit nous avons calculé un taux de conformité très faible, 0% pour cinq cahier des charge (Bio Européen; NOP/NOSB; Biocoherence; Bio Bourgeon et Bio Fédéral) contre 14,28% pour Demeter et ACOS avec 12,5% pour N&P.

On estime 37,5% à 50% de critère non conforme pour les huit cahiers; presque le même pourcentage trouvé concernant les critères partiellement conformes 42,86% jusqu'à 57,14% avec 0% des critères non appliqués.

Ces résultats démoralisantes liées principalement à l'usage des feuilles de cire gaufrée non UAB ; l'apiculteur a acheté une cire gaufrée chinoise la plus utilisée par les apiculteurs algériens grâce à sa compatibilité avec l'abeille locale mais toujours c'est une non UAB.

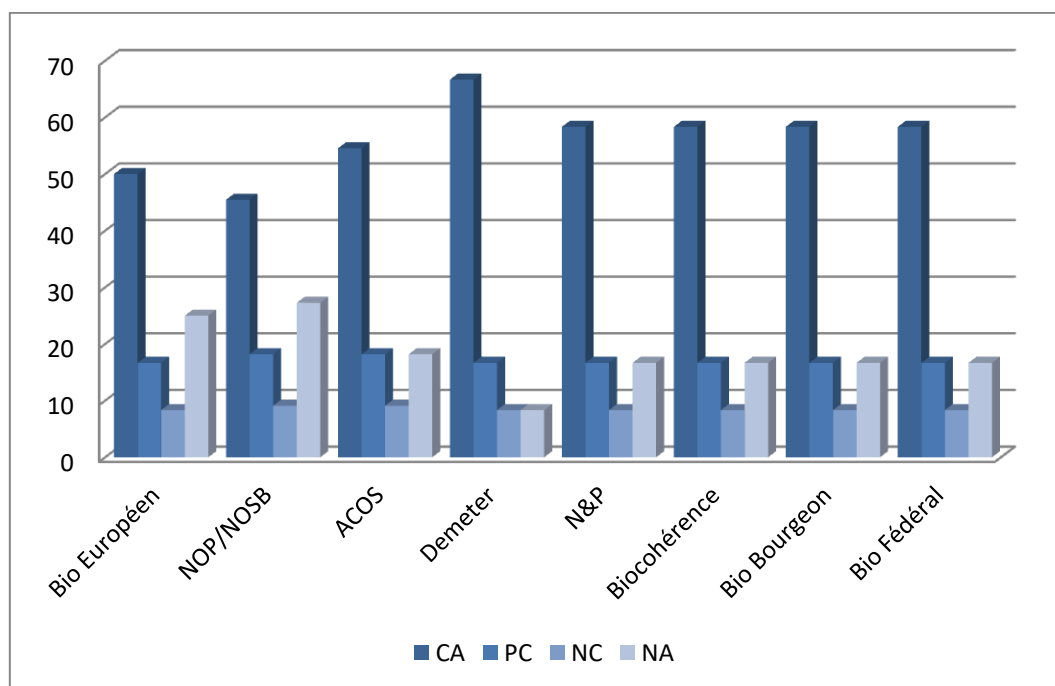
Actuellement; il n'existe aucun producteur spécialisé dans la production de cire ou de cire gaufrée UAB, cette situation explique son absence dans le marché algérien. Même en France il y a une grandes difficultés d'approvisionnement en cire d'abeille bio, avec peu de stocks disponibles sur le marché (**FNAB, 2018**) par ailleurs un surcoût par rapport au conventionnel (**Arnaud et al., 2014**).

Les critères partiellement conforme qu'a été détecté sont des pratiques obligatoire respectées mais avec l'usage de cire non conforme.

#### 5.8.4 Caractéristiques des ruches et matériaux utilisé dans l'apiculture biologique

La qualification de miel issu de mode de production biologique dépend aussi des caractéristiques des ruches et des matériaux utilisés dans l'apiculture.

Les ruches et les matériaux utilisés dans l'apiculture sont essentiellement constitués de matériaux naturels ne présentant aucun risque de contamination pour l'environnement ou les produits de l'apiculture (RCE, 2008).



**Figure 53. Résultats d'audit sur les caractéristiques des ruches et matériaux utilisés dans l'apiculture biologique**

Nous avons évalués une valeur de conformité acceptable allant respectivement de 45,45 % à 66,67 %; NOP/NOSB et Demeter la totalité des ruches, les hausses, les cadres sont en bois naturel non traité c'est la principale exigence indiqué par ces huit cahier, et même par le **cahier des charges Francais (2005)**.

Nous constaté environs de trois jusqu' à quatre critères interdit signalées par ces cahiers, qui sont déjà évités par l'exploitation tel que l'utilisation des feuilles de gaufree en plastique, cette dernière autorisé par NOP/NOSB si elles sont trempées dans de la cire d'abeille biologique, cependant cette approche non appliquée dans le rucher.

Un taux de non-conformité faible a été apprécié variant de 8,33 % à 9,1 % en ce qui concerne l'utilisation de peinture non écologique à l'extérieur des ruches destiné d'autre, c'est une pratique qui peut présenter des risques de contamination pour l'environnement ou pour les produits apicoles tel que les métaux lourds.

Le taux de 16,67 % à 18,18 % de critères partiellement conformes lié au bouchage des trous de bois par des matières non conformes au cours de sa fabrication.

Nous avons aussi estimés un pourcentage allant de 8,33 % à 27,27 % de critères non appliquées qui sont des pratiques autorisées par la réglementation comme le trempage des bois à la cire micro-cristaline , à des fins de protection des cadres, ruches et rayons, hormis par Demeter, N&P, Bio Bourgeon et Bio Fédéral.

### 5.8.5 Nourrissement biologique

L'apiculture biologique souligne l'importance de respecter le comportement « naturel » et donc d'éviter autant que possible d'alimenter artificiellement les colonies.

Dans notre travail nous avons recueilli des résultats motivant concernant le type de nourrissement d'abeille du rucher, alors que un taux de conformité de supérieur à 50 % pour les huit cahiers; où le rucher situe dans un emplacement présente une richesse de nourriture, et l'apiculture laisse suffisamment du miel dans les ruches après la récolte, la récolte se fait sauf pour les cadres de la hausse, cet respectueux acte énoncé par présentes normes et aussi par (**Codex, 2013**).

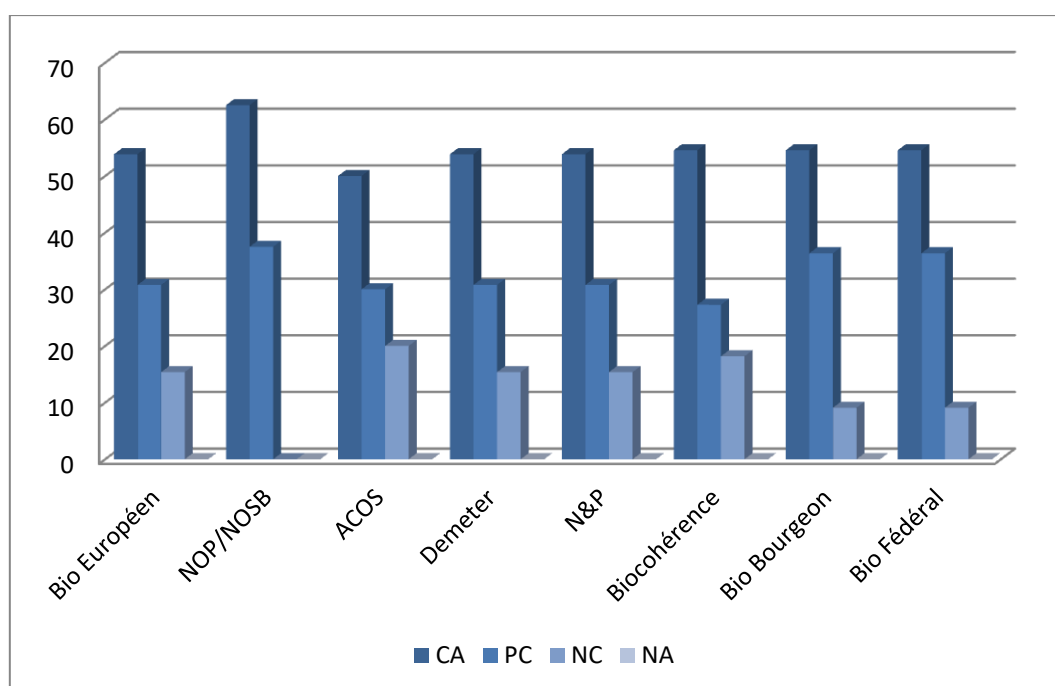


Figure 54. Résultats d'audit le nourrissement biologique

Nous avons apprécié un taux de conformité partiel de 27,27 % à 36,36 % ce taux crée à cause de nourrissage « artificiel » avec de sirop non biologique (préparé avec du sucre de consommation de canne à sucre) ou réalisé par l'apiculteur. Le nourrissage « artificiel » est autorisé uniquement dans les situations critiques mais avec du sirop biologique, conduite autorisée aussi par le **Codex Alimentarius (2013)**.

Malheureusement, le marché algérien ne fournis aucun type de nourrissement biologique pour le cheptel. En France il existe une grande difficulté à trouver d'approvisionnement par du sucre biologique. Trois apiculteurs parmi dix-neuf ont abandonné l'apiculture biologique suite à cette contrainte dans un audit réalisé par l'**ITSAP** en **2015**.

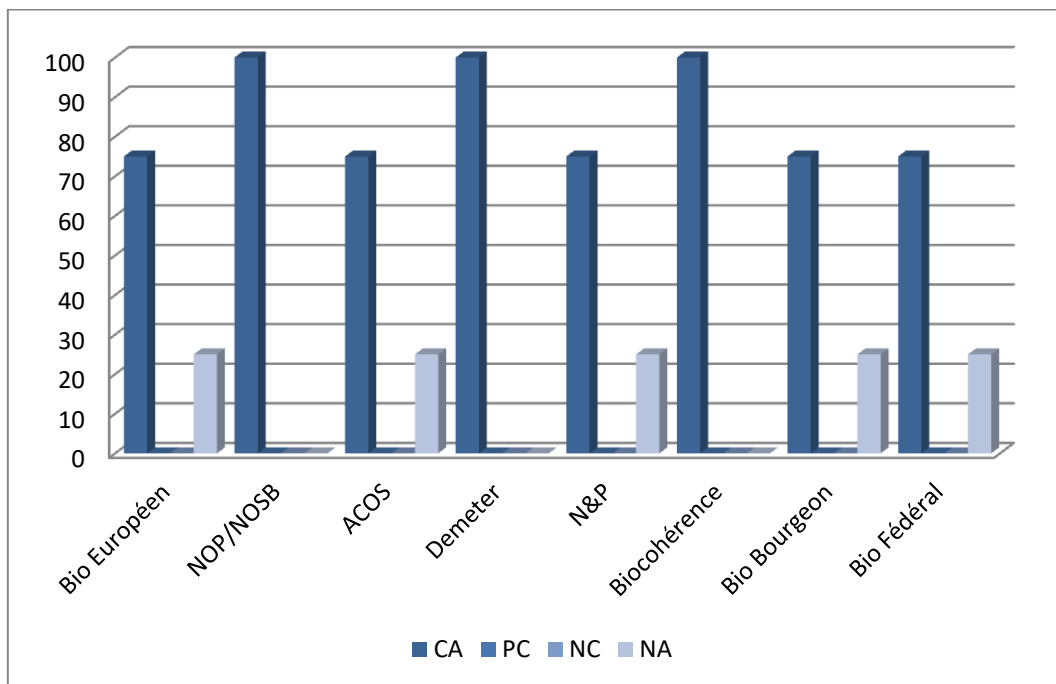
Concernant le taux de non-conformité estimé, nous avons compté 0 % pour NOP/NOSB contre 9,09 % pour les deux marques de Bio Suisse, 15,38 % pour Bio europeen, Demeter et N&P à côté de 18,18 % pour Bio Cohérence et 20 % pour ACOS. Cette non-conformité causée par la pratique de nourrissage stimulant au printemps et nourrissage d'appoint avant la

miellée printanière, qui permettent aussi de stimuler la ponte de la reine ce type de nourrissage est interdit.

### 5.8.6 Nettoyage et désinfection des ruches

Le nettoyage et la désinfection des ruches et du matériel apicole joué un rôle crucial dans l'état sanitaire des colonies et par conséquent les produits de la ruche.

Nos résultats d'audit présentent un pourcentage de conformité vraiment élevé, 75% pour les cahiers (Bio européen, ACOS, N&P, Bio Bourgeon et Bio Fédéral) contre 100% des critères conformes pour NOP/NOSB, Demeter et Bio Cohérence ; ces résultats montrent que l'exploitation n'utilise que des produits et des méthodes autorisées par les huit cahiers de charges comme les traitements physiques, tels que la vapeur ou la flamme directe, le flambage et l'eau; ces démarches sont autorisées également par **Codex, (2013)** tous les produits interdits ont été évités car, aucun cas de non-conformité et de conformité partiel n'a été détecté.



**Figure 55. Résultats d'audit sur le nettoyage et désinfection des ruches**

Le taux de 25% des critères non appliqués pour ces cahiers de charges à l'exclusion de Bio européen, NOP/NOSB, Demeter et Bio cohérence, sont pour les substances autorisées et non utilisés par l'exploitation par exemple eau oxygénée, soude caustique/ soude liquide, acide formique, acide acétique, carbonate de sodium (soude).

Ce qui explique la fiabilité des méthodes adoptées par l'apiculteur, l'inexistence de maladies dans le rucher depuis sa création sauf un seul cas d'infestation par la fausse teigne.

### 5.8.7 Prophylaxie et soins vétérinaires

La prophylaxie est fondée sur la sélection des races et des souches, la gestion des élevages, la qualité élevée des aliments pour animaux, l'exercice, une densité de peuplement adéquate et un logement adapté offrant de bonnes conditions d'hygiène (RCE, 2018).

Dans notre travail nous avons détecté un taux de conformité intéressant, compris entre 66,67% et 90% pour ces présentes normes, ce que explique le respect des règles de base de prophylaxie par l'exploitation, comme la destruction des ruches, du matériel ou des sources contaminés et le renouvellement régulier des cires; ces règles sont mentionnées également par Codex, (2007).

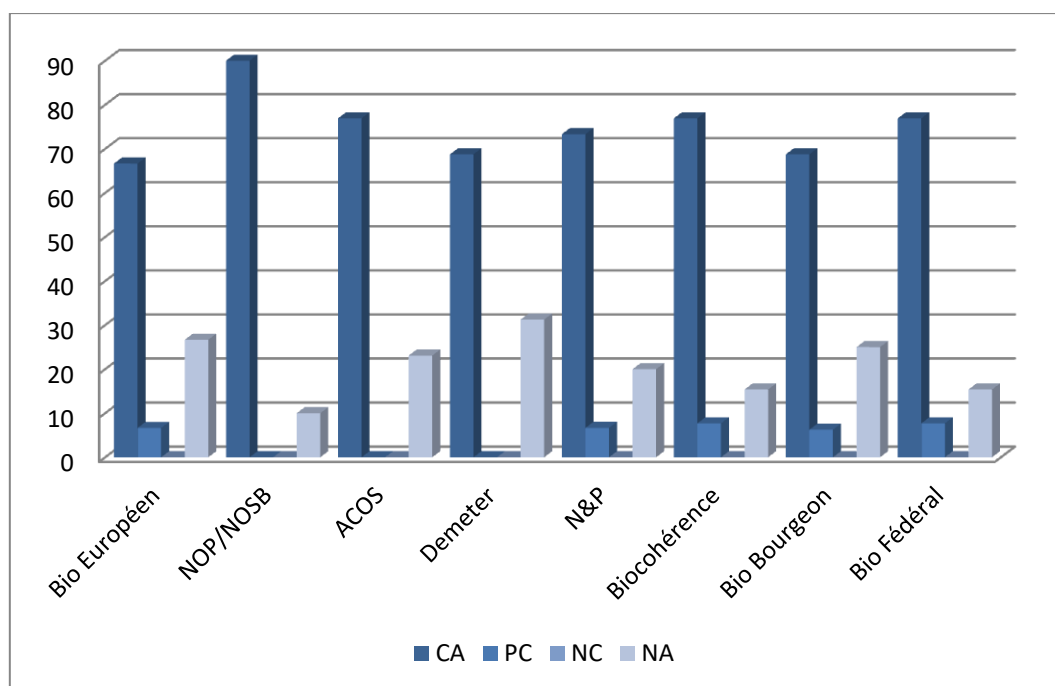


Figure 56. Résultats d'audit la prophylaxie et soins vétérinaires

Nous avons aussi évalués un taux de conformité partiel très faible de 6,66% pour ces cahier des charges hormis NOP/NOSB,ACOS et Demeter avec un taux de 0%,ce taux est lié au respect partiel de règle de renouvellement régulier des reines qui est indiqué par Codex, (2007).

Aucun cas de non-conformité n'a été détecté dans le protocole de prophylaxie et de soins adopté par l'apiculteur, ce qui montre le haut niveau de vigilance de l'apiculteur devant les bases de prophylaxie, l'apiculteur n'utilise aucun produits thérapeutique soit phytothérapeutiques, ou homéopathiques, ces démarches sont les plus recommandés par ces huit normes et aussi par Codex, (2001).

Nous avons également calculés un taux de critères non appliqué compris entre 10% et 26,67%, ce taux pour les méthodes autorisées et non appliquées dans la présente exploitation, par exemple l'utilisation des acides formique, lactique comme moyen de prophylaxie.

### 5.8.8 Les pratiques d'élevages

Au cours de notre audit nous n'avons détectés aucun cas de non-conformité ou de conformité partiel, par contre 46,15 jusqu'à 85,71% c'est le taux de conformité estimé, cet écart du le taux de conformité entre les cahier des charge est lié à la présence des pratiques tolérées par un cahier des charges et considérés comme une pratique interdite par l'autre, comme par exemple l'insémination artificielle qui est autorisée par **la réglementation de Bio européen (2018)** et interdite par **Nature et Progrès, (2016)** et **Demeter, (2019)** et non pratiqué dans l'exploitation contrôlée. Même explication pour le taux de critères non appliqués calculé qui sont entre 14,29% et 53,85%

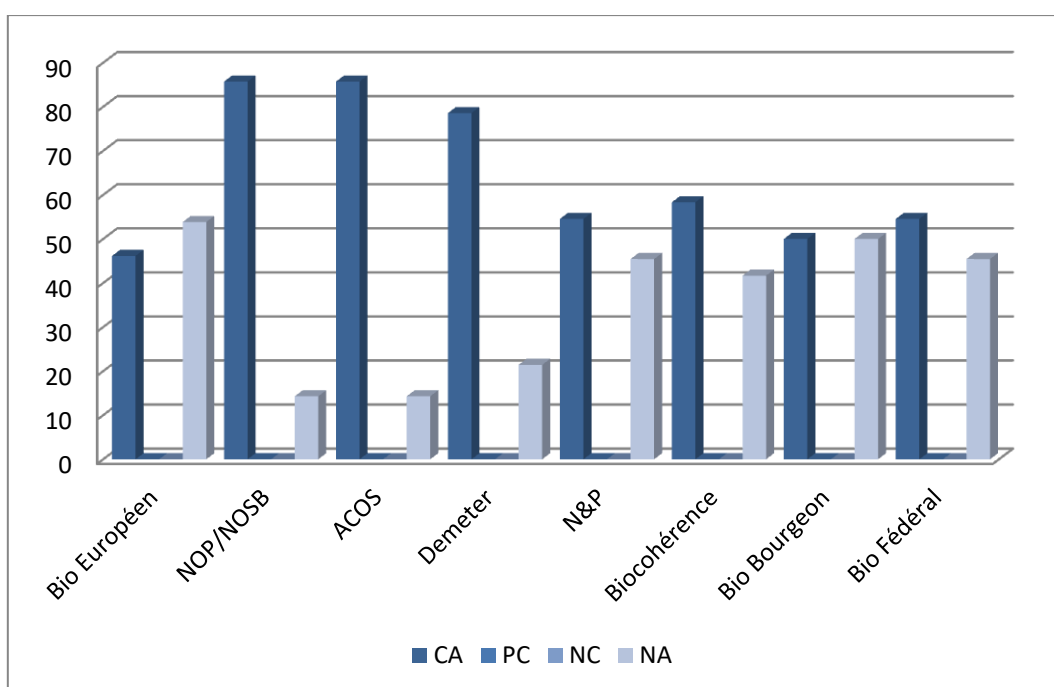
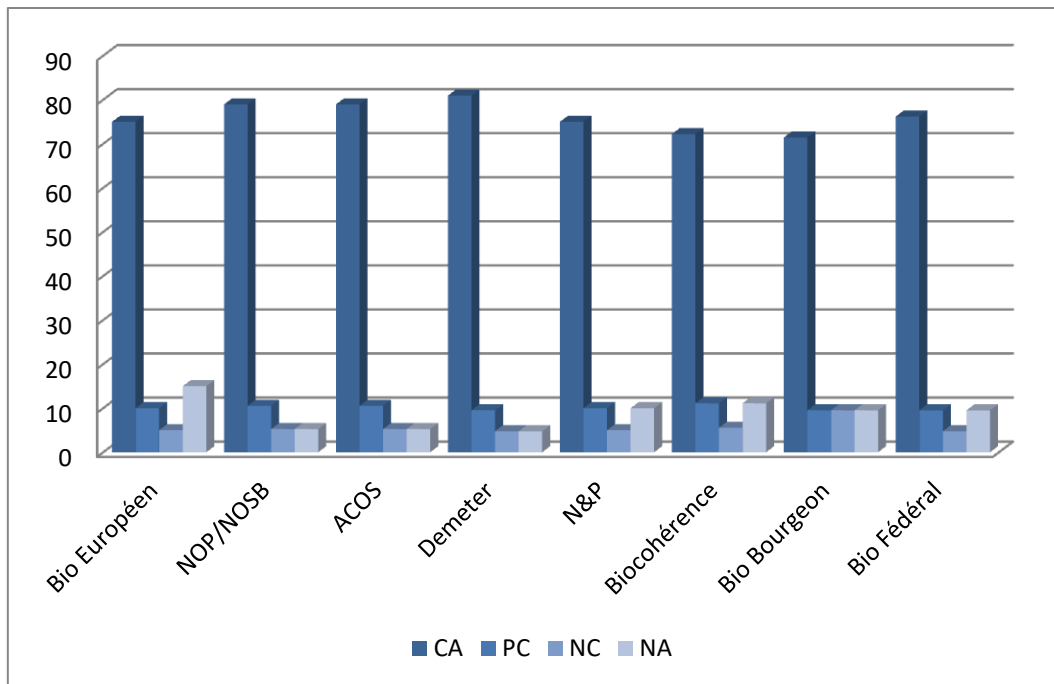


Figure 57. Résultats d'audit sur les pratiques d'élevages

### 5.8.9 Précèdes de préparation du miel et des produits de la ruche

Les opérations d'extraction, de transformation et, de stockage du miel et des produits apicoles sont des pratiques capitales pour sa qualité (RCE, 2008)

Nos résultats concernant les différents procédés de récolte et d'extraction du miel sont vraiment incitatifs, 75% à 80,95% le taux de conformité sont les exigences de base mentionnés par la réglementation des cahiers des charges.



**Figure 58. Résultats d'audit les procédés de préparation du miel et des produits de la ruche**

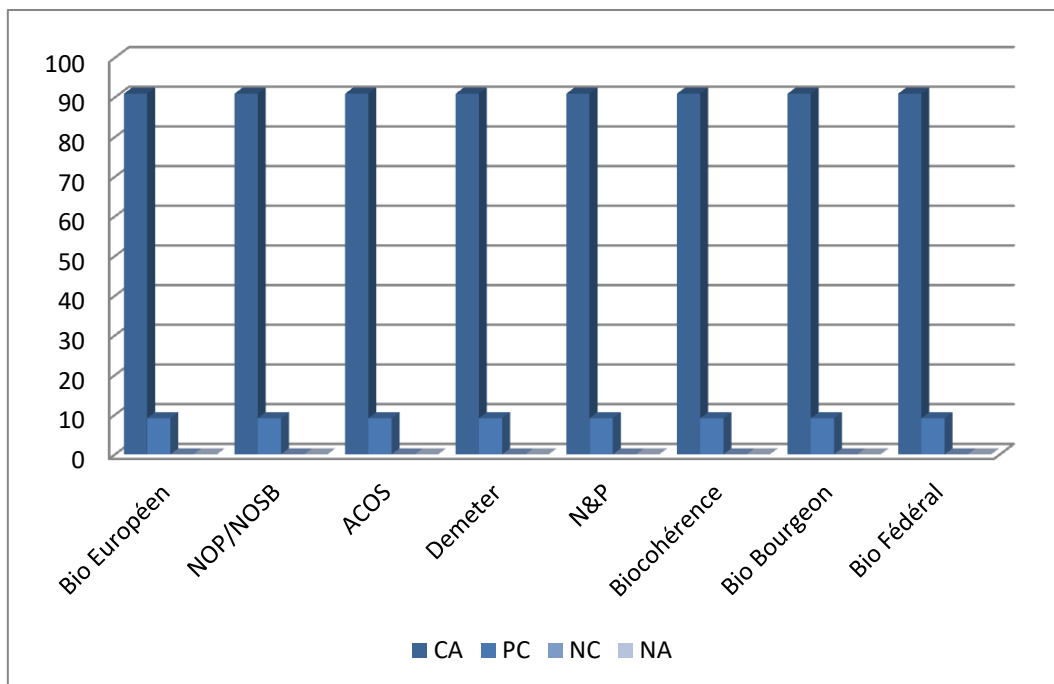
Nous avons calculés un pourcentage de non-conformité faible, 5% à 9,54% dans deux cas de non-conformité au cours de la récolte, ces cas sont dus à l'usage des combustibles non organiques pour l'enfumage (carton de plaque des œufs) en carton, cette pratique est interdite dans la réglementation de production biologique de présentes normes et le cartons dans l'enfumeur est interdit (à cause de la colle plastique) (DA CUNHAS, 2017)

Un pourcentage aussi faible pour les critères non appliquées, 4,76% à 15% généralement des autorisations non pratiquées par l'exploitation comme défègeage du miel qui est autorisé par toutes les exigences de huit cahiers, et la cristallisation dirigée du miel autorisé par la réglementation de Bio européen (2018) avec miel biologique.

#### 5.8.10 Enregistrement administratif

Les enregistrements administratif approche obligatoire permis la codification et la traçabilité des produits apicole biologique (RCE, 2008).

L'exploitation présente un taux de conformité élevé 90,99% pour tous les cahiers de charges; puis que c'est une exigence indiqué par tous. L'exploitation établis un registre comporte tous les détails des pratiques, travaux réalisé, l'état sanitaire des colonies, l'identification des ruches, sous de carnet d'élevage et aussi un carnet de miellier contient tous les enregistrements de récolte et d'extraction, le rucher sont enregistré dans la DSV de la wilaya d'Annaba et la direction de direction générale des forêts. Ces exigences sont indiquées également par (Codex, 2001 ; 2013).



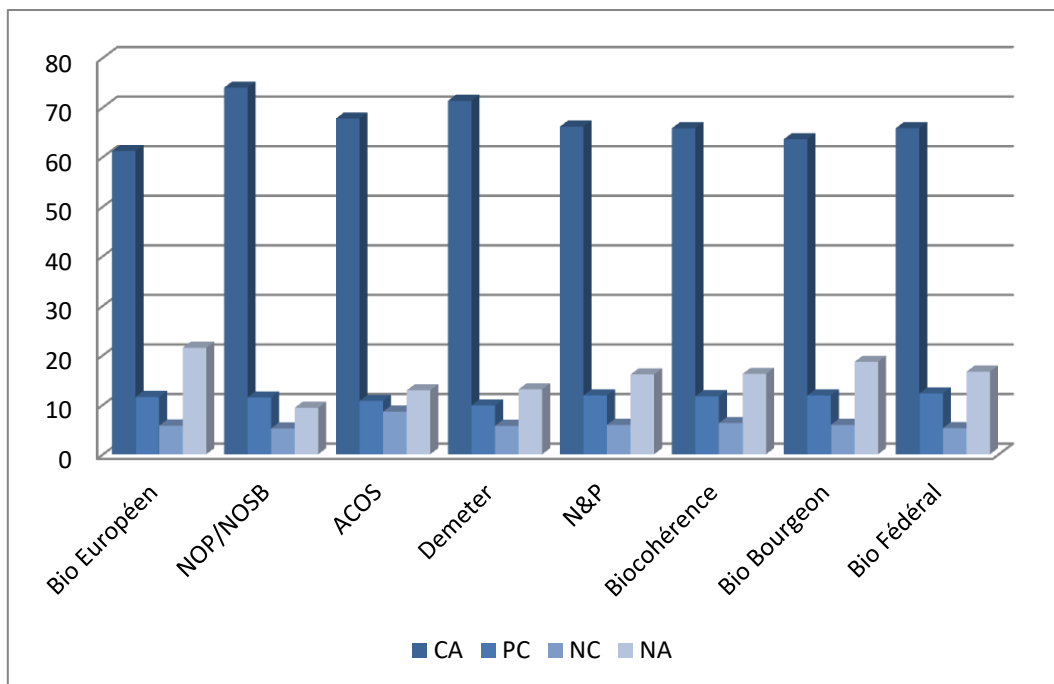
**Figure 59. Résultats d'audit sur les enregistrements administratifs**

Seul cas de non-conformité détecté c'est que le rucher d'exploitation ne présente pas un panneau à l'entrée du rucher sur lequel figure le numéro du rucher (numéro DSV).

#### 5.8.11 Etat de conformité général

A la fin de notre audit, nous avons obtenus des résultats vraiment intéressants et encourageants ; où l'exploitation de Zeriba présente un taux de conformité élevé pour les huit cahiers des charges étudiés, tout ~~toutes~~ les pourcentages de conformité sont supérieurs à 60%, tandis que l'exploitation présente un taux plus élevé de conformité pour la réglementation **NOP/NOSB** et **Demeter**, (2019), (73,96% ; 71,31%) respectivement contre un taux qui a varié entre 61,16% pour la réglementation **Bio européen (2018)** comme un pourcentage minimal et 65,79% pour **Bio Fédéral**, les restes sont distribués entre les deux valeurs.

Ce taux de conformité motivant, reflète principalement les points forts de l'exploitation apicole Zeriba, notamment le bon emplacement du rucher avec une source alimentaire biologique suffisante et également le respect du choix d'espèce d'abeille, en plus des moyens de nettoyage, de désinfection, de prophylaxie et les autres pratiques d'élevages qui sont des exigences de base établies par ces cahiers et même par le **Codex, (2003)** et le **cahier des charges français de miel biologique (2005)**.



**Figure 60. Résultats d'audit sur l'état de la conformité général**

Nous avons aussi calculés un taux de conformité partiel très adjacent, au temps que le taux exprimé par la présente exploitation qui a varié entre 9,84% et 12,28% pour ces cahiers des charges. Par contre ; nous avons déterminé un taux de non-conformité très faible, compris entre 5,2% et 8,6% ces deux valeur pour la réglementation **NOP/NOSB et ACOS** respectivement ; cependant ce taux représente généralement les pratiques interdites pratiquées au sein d'exploitation et ne sont pas des règles de base de production biologique ,tel que l'usage de carton comme une matière de fumer pour l'enfumoir, l'utilisation de cire non UAB, et aussi la pratique d'un nourrissage non biologique pendant l'hiver. Ses trois points les plus faibles devant la réglementation de ces cahiers des charges, qui sont aussi mentionnées comme des pratiques interdites par **Codex, (2003)**.

Un taux de critères non appliquées variable a été calculé entre 9,38% à 21,47% cet intervalle est justifié par la différence dans le nombre des critères autorisées par les huit cahiers des charges concernées, ce qui explique aussi que l'exploitation apicole Zeriba n'a pas appliqué tous des critères autorisé qui sont des pratiques ou des techniques qui peuvent améliorer ou non la production biologique.

## Conclusion

L'étude menée sur les différents types de miel a permis de mettre en lumière l'importance de la qualité du miel, tant sur le plan microbiologique que nutritionnel, pour la santé humaine et l'environnement. Le miel local, en particulier, a démontré des propriétés antibactériennes remarquables contre plusieurs souches pathogènes. Ces résultats sont en accord avec les recherches antérieures qui soulignent le rôle du miel comme agent antimicrobien naturel. L'inhibition des bactéries Gram+ et Gram-, notamment *Escherichia coli* et *Salmonella enteritidis*, par des concentrations élevées de miel, constitue une preuve supplémentaire du potentiel thérapeutique de ce produit apicole.

Le miel biologique, soumis à des normes strictes de production, s'est révélé non seulement efficace sur le plan sanitaire mais également en réponse à la demande croissante des consommateurs pour des produits respectueux de l'environnement et de la santé humaine. Le respect des critères de production biologique, tel que l'élimination des pesticides et des antibiotiques, ainsi que l'importance des pratiques apicoles durables, ont été démontrés comme étant cruciaux pour maintenir la qualité et la pureté du miel produit.

Par ailleurs, les résultats obtenus concernant les facteurs influençant la qualité du miel, comme la teneur en sucres, l'activité enzymatique et les propriétés physico-chimiques, renforcent l'idée que la production du miel est le reflet des conditions environnementales et des méthodes apicoles adoptées. Cela met en exergue le rôle central de la biodiversité florale et des pratiques apicoles locales dans la production d'un miel de qualité supérieure, en particulier dans un contexte de changement climatique global.

Malgré les résultats prometteurs, l'étude révèle aussi des défis persistants, tels que la lutte contre la fraude alimentaire (par l'adultération du miel), la contamination par des résidus de pesticides, ainsi que les impacts du changement climatique sur les ressources florales disponibles pour les abeilles. Ces défis soulignent l'importance de développer davantage des stratégies efficaces de contrôle de qualité et de certification, afin de préserver la confiance des consommateurs dans les produits issus de l'apiculture biologique.

Nous pouvons donc donner des perspectives de recherche comme suit :

1. Évaluation des propriétés thérapeutiques spécifiques : Bien que l'activité antibactérienne du miel ait été démontrée, il reste encore à explorer plus en profondeur les propriétés spécifiques des composés bioactifs présents dans les différents types de miel. Une étude comparative sur la composition en flavonoïdes et acides phénoliques des miels locaux et importés pourrait apporter des éclaircissements sur leur rôle dans la prévention et le traitement des infections.

2. Adaptation au changement climatique : Le changement climatique affecte directement la flore mellifère, et donc la disponibilité des ressources pour les abeilles. Il serait pertinent de mener des recherches sur l'adaptation des pratiques apicoles face à ces changements, en

particulier l'identification de nouvelles espèces florales mellifères adaptées aux conditions climatiques changeantes.

3. Amélioration des techniques de détection des contaminants : L'adultération du miel, notamment avec des sirops de sucre, reste un problème majeur. Le développement de techniques plus précises et rapides pour détecter ces fraudes est une perspective clé pour renforcer la transparence et la qualité des produits sur le marché international.

4. Exploration des bénéfices nutritionnels et thérapeutiques du miel local : Bien que cette thèse ait principalement porté sur l'activité antimicrobienne du miel, des recherches supplémentaires pourraient être conduites pour évaluer ses effets sur d'autres aspects de la santé, tels que les maladies inflammatoires et métaboliques. Cela pourrait inclure des études cliniques sur l'utilisation du miel dans le traitement du diabète et des maladies cardiovasculaires.

5. Mise en place de programmes de préservation des abeilles locales : Enfin, il serait intéressant de développer des programmes visant à protéger et à promouvoir l'utilisation des abeilles locales, comme *Apis mellifera intermissa*, dans les systèmes apicoles biologiques. Ces programmes contribueraient à la préservation de la biodiversité et à l'amélioration de la résilience des colonies face aux menaces environnementales.

En conclusion, cette recherche a permis d'apporter une contribution significative à la compréhension des propriétés antibactériennes et des critères de qualité du miel, tout en mettant en lumière les défis et opportunités liés à la production apicole durable. Les perspectives proposées ouvrent la voie à de futures recherches qui permettront de renforcer encore davantage la place du miel en tant que produit de santé naturel et respectueux de l'environnement.

## Références bibliographiques

- [01]. Abd El-Moaty H.I. (2010). Essential oil and iridoide glycosides of *Nepeta septemcrenata* Erenb. *J. Nat. Prod.* 3:103–111
- [02]. Abdulrhman MM, El-Hefnawy MH, Aly RH, Shatla RH, Mamdouh RM, Mahmoud DM, Mohamed WS. (2013). Metabolic effects of honey in type 1 diabetes mellitus: a randomized crossover pilot study. *J Med Food.* 16(1): 66-72. DOI: <https://doi.org/10.1089/jmf.2012.0108>
- [03]. ACOS Standard. (2017). Australian Certified Organic. The Requirements for Organic Certification. Version 1.Australian Organic Ltd.2017.p30-.36.
- [04]. Adebolu T. (2005). Effect of natural honey on local isolates of diarrhea-causing bacteria in south western Nigeria. In *African Journal of Biotechnology*, 4(5): 1172-1174
- [05]. AGRIBIO. (2019).Où trouver des produits bio.les paysans bio des alpes maritimes. France.2019.p.3.
- [06]. Aksoy, T., Sivcan, E., Doğan, F., Çetin, S., & Yar, T. M. (2020). Investigation of anti-leishmanial effects of bee products (honey, propolis) on *Leishmania tropica* promastigotes. *Mikrobiyol Bul*, 54(3), 479–489. <https://doi.org/10.5578/mb.69632>
- [07]. Allen, K. L., & Molan, P. C. (1997). The sensitivity of mastitis-causing bacteria to the antibacterial activity of honey. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 40, 537–540.
- [08]. Allipi, A. M. (2000). Invertase activity and sucrose levels in honey: Relationships and colony strength. *Journal of Apicultural Research*, 39(3), 155-161.
- [09]. 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. [https://doi.org/10.1016/S0271-5317\(02\)00406-2](https://doi.org/10.1016/S0271-5317(02)00406-2)
- [10]. Almasaudi, S.B.; Al-Nahari, A.A.; El Sayed, M.; Barbour, E.; Al Muhayawi, S.M.; 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, 1255–1261.
- [11]. Altayar, M. and Sutherland, A.D. (2006). *Bacillus cereus* is common in the environment but emetic toxin producing isolates are rare. *J Appl Microbiol* 100: 7–14
- [12]. Alvarez-Suarez, J. M., Tulipani, S., Díaz, D., Estevez, Y., Romandini, S., Giampieri, F., Damiani, E., Astolfi, P., Bompadre, S., & Battino, M. (2010). Antioxidant and antimicrobial capacity of several monofloral Cuban honeys and their correlation with color, polyphenol content, and other chemical compounds. *Food and Chemical Toxicology*, 48(10), 2490–2499. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2010.06.046>
- [13]. Al-Waili, NS., Saloom, KY., Akmal, M., Al-Waili, F., Al-Waili, TN., Al-Waili, AN. And Ali, Amjed. (2006). Honey ameliorates influence of hemorrhage and food restriction on renal and hepatic functions, and hematological and biochemical variables. 2006.

- International Journal of Food Sciences and Nutrition , Vol. 57, No. 5-6. p. 353-362.  
<https://doi.org/10.1080/09637480600802371>
- [14]. Amessis N. & Ait mansour K. (2015). Propriétés physicochimiques et activités biologiques de quelques miel. Université A. MIRA – Bejaia.P43
- [15]. Amiot, M. J., Aubert, S., Gonnet, M., & Tacchini, M. (1989). Phenolic composition of honeys: Preliminary study on identification and group quantification. *Apidologie*, 20(2), 115-125. <https://doi.org/10.1051/apido:19890204>
- [16]. Amri A., Ladjama A. et Ali Tahar. (2007). Etude de quelques miels produits à l'est Algérien: Aspect physico-chimique et biochimique 2007. *Revue Synthèse* N° 17, 57-63.
- [17]. Anklam, E. (1998). A review of the analytical methods to determine the geographical and botanical origin of honey. *Food Chemistry*, 63(4), 549-562. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00057-0](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00057-0)
- [18]. AOAC (1990). Official Methods of Analysis. 15 th ed. Ink. Helrich.
- [19]. Arias C.A., Murray B.E. (2012). The rise of the Enterococcus: Beyond vancomycin resistance. *Nature Reviews Microbiology* 10, 266–78
- [20]. Arnaud, A., Dufour, L., & Joly, M. (2014). Apiculture et pollinisation en milieu mixte : Cas pratiques. Editions Agrinature.
- [21]. Arnaud, P., Dupont, L., & Garcia, R. (2016). Techniques apicoles avancées. Presses Universitaires de France.
- [22]. Atrott, J., & Henle, T. (2009). Methylglyoxal in manuka honey – Correlation with antibacterial properties. *Czech Journal of Food Sciences*, 27(Special Issue), S163–S165.
- [23]. Bansal, V., Medhi, B., & Pandhi, P. (2005). Honey: A remedy rediscovered and its therapeutic utility. *Kathmandu University Medical Journal*, 3(3), 305–309.
- [24]. Bath P. K., Singh N.(1999). "A comparaison between *Helianthus annuus* and *Eucalyptus lanceolatus* honeys " ; *Food Chemistry* ; 67 ; 1999 ; 398-397.
- [25]. Behbahani, B. (2014). Anti-HIV-1 activity of eight monofloral Iranian honey types. *PLoS One*, 9(10), e108195. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0108195>
- [26]. Belay A., Solomon W K ,Bultossa G.,Adgaba N.et Melaku S. (2013) .Physicochemical properties of the Harena forest honey.Bale.Ethiopia .*Food Chemistry* 141:3386–3392.
- [27]. Belhadj, H., Oumato, J., & Zrira, S. (2015). Étude physico-chimique de quelques types de miels marocains. *Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II*, 3(3), 71–75.
- [28]. Belhaj O., El Abbadi I., Ouchbani T. (2016). Contribution à l'étude de l'activité antibactérienne du miel naturel d'origine marocaine. *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét.* 4 (3): 12-22
- [29]. Benameur A. .Etude physico-chimique et pollinique du miel d'*Eucalyptus globulus* de la région de Tlemcen.Université Abou Bakr Belkaid (Tlemcen).

- [30]. Benzohra A., Ben Saada H. (2017). Analyses physico-chimiques et polliniques de quelques miels Produits dans différentes régions. Université Djilali Bounaama. Khemis Miliana. p.41
- [31]. Berkani L. M. Etude des paramètres de développement de l'apiculture Algérienne. Institut National Agronomique. Alger. P45.
- [32]. Besnard, J. (2018). Impact des néonicotinoïdes sur les abeilles : 20 ans de désastre. Revue de l'Environnement Apicole, 36(2), 15-28.
- [33]. Bio Bourgeon. (2019). Cahier des charges pour la production, la transformation et le commerce des produits Bourgeon. Directives pour les exploitations à l'étranger et les produits importés – 2 Règlements pour la production végétale et animale. Suisse. 2019. p161.237.238.
- [34]. Bio Cohérence. (2018). Cahier des charges Bio Cohérence. Insertion N°01478 au Journal Officiel des associations n°0016 du 2009. p25.32.33.
- [35]. Blacquière, T., Smagghe, G., van Gestel, C. A. M., & Mommaerts, V. (2018). Neonicotinoids in bees: a review on concentrations, side-effects and risk assessment. Ecotoxicology, 19(6), 819-825. <https://doi.org/10.1007/s10646-010-0426-0>
- [36]. Blanc M., (2010). Propriétés et usage médical des produits de la ruche. Thèse de doctorat, Univ. Limoges, 142 p.
- [37]. Bogdanov S. et al. (1995). Harmonised methods of the European honey commission, Apidologie, 1995, p.1-59.
- [38]. Bogdanov S., Bieri K., Gremaud G., Iff D., Känzig A., Seiler K., Stöckli H. et Zürcher K. (2003). Produits apicoles. In : « Manuel suisse des denrées alimentaires ». Chapitre 23.
- [39]. Bogdanov S., Lulmann C., Martin P. (2001). Qualité du miel et norme internationale relative au miel. Rapport de la commission internationale du miel. Abeille Cie N° 71-4.1 2p.
- [40]. Bogdanov, S. (2017). Honey Composition. In Honey in Traditional and Modern Medicine (pp. 45-66). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315113889>
- [41]. Bogdanov, S., Jurendic, T., Sieber, R., & Gallmann, P. (2008). Honey for nutrition and health: A review. Journal of the American College of Nutrition, 27(6), 677–689. <https://doi.org/10.1080/07315724.2008.10719745>
- [42]. Bogdanov, S., Ruoff, K., & Persano Oddo, L. (2004). Physicochemical methods for the characterisation of unifloral honeys: A review. Apidologie, 35, S4-S17.
- [43]. Bogdanov, S., Ruoff, K., & Persano Oddo, L. (2004b). Physico-chemical methods for the characterisation of unifloral honeys: A review. Apidologie, 35(S1), S4-S17. <https://doi.org/10.1051/apido:2004047>
- [44]. Bogdanov, S., Ruoff, K., & Persano Oddo, L. (2005). Honey composition and properties. Bee Product Science, 1-8.
- [45]. Boucif O. (2017). Etude comparative de la diversité floristique de trois stations de Remchi (Wilaya de Tlemcen) et estimation de la qualité du miel récolté. Université de Tlemcen. p45

- [46]. Boumendjel M. 2016. Guide des plantes à fleur de la Numidie Orientale. Région d'Annaba et de ses environs.
- [47]. Boumendjel M., Bouchecker A., Feknous S., Taibi F., Rekioua N., Bouzeraa N., Chibi A., Feknous N., Baraoui A., N'har S., Toubal A., Taguida A., Zaidi H., Sekiou O., Bouziane I., Metai A., Bouaziz M., Benselhoub A., Boumendjel A. and Messarah M. (2021). Adaptogenic activity of *Cinnamomum camphora*, *Eucalyptus globulus*, *Lavandula stoechas* and *Rosmarinus officinalis* essential oil used in North-African folk medicine. *Cellular and Molecular Biology*, 67(2):83-88  
<https://dx.doi.org/10.14715/cmb/2021.67.2.12>
- [48]. Bourkache F. et Perret C. 2014. La filière apicole dans les Wilaya de Tizi-Ouzou et de Blida : Une ressource territoriale en devenir. Institut de Recherche en Gestion et Economie, Université de Savoie, 14(34).
- [49]. Bousetta, A., Collin, S., & Dufour, J. P. (1992). Characteristic aroma profiles of unifloral honeys obtained with a dynamic headspace GC-MS system. *Journal of Apicultural Research*, 31(2), 96-109.  
<https://doi.org/10.1080/00218839.1992.11101272>
- [50]. Brady, N. F., Molan, P. C., & Harfoot, C. G. (1997). The sensitivity of dermatophytes to the antimicrobial activity of manuka honey and other honey. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 49(10), 471–473.
- [51]. Brudzynski K. and Lannigan R. (2012): Mechanism of honey bacteriostatic action against MRSA and VRE involves hydroxyl radicals generated from honey's hydrogen peroxide. *Frontiers in Microbiology*,7; 3:36.  
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2012.00036>
- [52]. Brudzynski, K., & Lannigan, R. (2012). Mechanism of honey bacteriostatic action against MRSA and VRE involves hydroxyl radicals generated from honey's hydrogen peroxide. *Frontiers in Microbiology*, 3, 36. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2012.00036>
- [53]. Bruneau, E. (2002). Honey composition and its variability. *Revue Scientifique Apicole*, 45(3), 165-175.
- [54]. Buba, F., Gidado, A., Shugaba, A. (2013). Analysis of biochemical composition of honey samples from North-East Nigeria. *Biochem Anal Biochem*, 2 (3), 139.  
<https://doi.org/10.4172/2161-1009.1000139>
- [55]. Bucekova M., Jardekova L., Juricova V., Bugarova V., Di Marco G., Gismondi A., Leonardi D., Farkasovska J., Godocikova J., Laho, M., Klaudiny J., Majtan V., Canini A., Majtan J. (2019). Antibacterial Activity of Different Blossom Honeys: New Findings. *Molecules*, 24(8): 1573. <https://doi.org/10.3390/molecules24081573>
- [56]. Bueno-Costa F.M., Zambiasi R.C., Bohmer B.W., Chaves F.C., Silva W.P. D.a, Zanussa J.T. and Dutra, I. (2016). Antibacterial and antioxidant activity of honeys from the state of Rio Grande do Sul, Brazil. *LWT- Food Science and Technology*, 65, 333– 340.
- [57]. Carlos V. S., Ruben M. T., Elsa I. Q. R., Ivan N. B. et Carlos R. V. Q. 2018. Microbiol assessment of honey in Mexico calidad. *Rev Argent Microbiol*. 50 (1): 75-80

- [58]. CARTV (2015). Conseil des appellations réservées et des termes valorisation. Cahier des charges relatif aux produits portant des indications se référant au mode de production biologique. Québec 2015.p4.
- [59]. Cavia Mria M., Fernandez-Muiño Miguel A., Alonso - Torre sara R., Huidobro J.F and Sancho M.T (2006). An attempt to establish reliable « Best before » dates for honeys originating in both continental and oceanic climates. *Apiacta*, 41: 86-98
- [60]. Cavia, M. M., Fernández-Muiño, M. A., Huidobro, J. F., & Sancho, M. T. (2006). Analytical parameters of honey. *Food Chemistry*, 97(2), 256-263.
- [61]. CE (2000).Guide sur la réglementation communautaire.Office des publications officielles des Communautés européennes. Luxembourg. 2000.p3,8.
- [62]. CERTIPAQ BIO. (2014). Réglementation en apiculture biologique. CERTIPAQ.
- [63]. Charyasriwong, S., Watanabe, K., Rahmasari, R., Matsunaga, A., Haruyama, T., & Kobayashi, N. (2015). In vitro evaluation of synergistic inhibitory effects of neuraminidase inhibitors and methylglyoxal against influenza virus infection. *Archives of Medical Research*, 46(1), 8–16. <https://doi.org/10.1016/j.arcmed.2015.01.006>
- [64]. Chefrour A., Draiaia R., Tahar A., Ait Kaki Y., Bennadja S.et Battesti M.J. (2009). physicochemical characteristics and pollen spectrum of some north-east Algerian honeys. 9. 5 :1276-1293.
- [65]. Chen, I. Hsuan, Shin Horikawa, Kayla Bryant, Rebecca Riggs, Bryan A. Chin, and James M. Barbaree. 2017. Bacterial assessment of phage magnetoelastic sensors for *Salmonella enterica Typhimurium* detection in chicken meat, *Food Control*, 71: 273-78
- [66]. Chouia A. (2014). Analyses polliniques et caractérisations des composés phénoliques du miel naturel de la région d’Ain zaâtout. mémoire de magistère de Biologie en Biologie appliquée, Faculté des Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la Vie, Université Mohamed Khider- Biskra, pp 59
- [67]. Chua, L. S., Lee, J. Y., & Chan, G. F. (2015). Characterization of the proteins in honey. *Analytical Letters*, 48(5), 697–709. <https://doi.org/10.1080/00032719.2014.973774>
- [68]. *Codex Alimentarius* (2001). Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires. Commission du *Codex Alimentarius*. Rapport de la trente-troisième session du comité du codex sur l’hygiène alimentaire (ALINORM 01/13A). Washington DC, 23 -28 octobre 2000. 82p. <https://www.fao.org/3/x8735f/x8735f.pdf>
- [69]. *Codex Alimentarius* (2001). Standard for honey. Codex Standard 12-1981, Revised Codex Standard for Honey, Standards and Standard Methods. Vol. 11. [https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/252FCXS\\_012e.pdf](https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/252FCXS_012e.pdf)
- [70]. Codex Alimentarius Commission. (2003). Guidelines for the production, processing, labeling, and marketing of organically produced foods. Rome : FAO.
- [71]. Codex Alimentarius. (2001). Revised standard for honey (Codex Stan 12-1981, Rev. 1, 1987, Rev. 2, 2001). FAO & WHO.
- [72]. Codex Alimentarius. (2003). Organic production, processing, labelling and marketing of organically produced foods. FAO.

- [73]. Codex. (2000).Eprogramm mixte fao/oms sur les normes alimentaires. Commission du codex alimentarius. Londres,Royaum-uni, 00/3, 2 -38
- [74]. Codex. (2001).Eprogramm mixte fao/oms sur les normes alimentaires. Commission du codex alimentarius. alinorm 01/25, 1 -31
- [75]. Codex.(1987).Eprogramm mixte fao/oms sur les normes alimentaires. Commission du codex alimentarius. Alinorm 87/20, 1 -62
- [76]. Codex.(2003).Aliments issus de l'agriculture biologique. OMS/FAO.Troisième édition. Rome, 2007.p.29,30,31
- [77]. Cooper, R. A., Jenkins, L., & Hooper, S. (2014). Inhibition of biofilms of *Pseudomonas aeruginosa* by Medihoney in vitro. *Journal of Wound Care*, 23(3), 93–102.
- [78]. Corabio. (2015).Convertir son exploitation à l'agriculture biologique.la Coordination Rhône-Alpes de l'Agriculture Biologique (Corabio) et les Chambres d'agriculture de Rhône-Alpes. Edition 2015.p3
- [79]. Coulibaly B., Diomandé M., Konaté I. et Bohoua L. G., 2019. Qualité Microbiologique, Propriétés Physicochimiques et Profil Sensoriel de Miels de la Région du Worodougou, Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal* October. edition Vol.15, No.30 ISSN: 1857–7881 (Print)e –ISSN 1857- 7431. Doi:10.19044/esj.2019.v15n30p72
- [80]. Council Directive 2001/110/EC of 20 December 2001 relating to honey (12/01/2002). EU Official Journal. L 010. 47-52. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32001L0110&qid=1648837522092&from=EN>
- [81]. Couquet Y., Alexis D. Rigal M.L. (2013). Les propriétés antibactériennes et cicatrisantes du miel, *Actualités pharmaceutiques*, n°531 : 22-25
- [82]. Crane, E. (1976). *Honey: A comprehensive survey*. Heinemann.
- [83]. Cuevas-Glory, L. F., Pino, J. A., Santiago, L. S., & Sauri-Duch, E. (2007). A review of volatile analytical methods for determining the botanical origin of honey. *Food Chemistry*, 103(3), 1032-1043. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.08.028>
- [84]. Cyathea. (2013). Étude de faisabilité sur le développement d'une filière économique basée sur l'agriculture biologique Cyathea.France.2013.p7.8.9.10.
- [85]. Da Cunha, R. (2017). *Apiculture biologique : Guide pratique pour une production durable*. Paris : EcoNature.
- [86]. Da Cunha, S. (2017). *Miel de lavande : Certificat et analyse pour la certification biologique*. Éditions Apibio.
- [87]. Da Silva, P. M., Gauche, C., Gonzaga, L. V., Costa, A. C. O., & Fett, R. (2016). Honey: Chemical composition, stability and authenticity. *Food Chemistry*, 196, 309-323. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.051>
- [88]. Dailly, G. (2008). Physicochemical parameters of honey: A comparative study between different unifloral honey types. *Journal of Apicultural Science*, 52(1), 5-18.
- [89]. Daily H. (2008). le réflectomètre un outil essentiel technique.Abeille.Cie N° 122.p30
- [90]. Daniels, B.J., Prijic, G., Meidinger, S., Loomes, K.M., Stephens, J. M., Schlothauer, R. C., Furkert, D. P., Brimble, M. A. (2016). Isolation, structural elucidation, and synthesis of lepteridine from mānuka (*Leptospermum scoparium*) Honey. *Journal of*

- [91]. de Bélair, G. (2019). Herbiér GdB. Updated on: 21/06/2019. from <https://gdebelair.com/>.
- [92]. Demeter (2016). Apiculture biodynamique et gestion des ruchers. Standards pour la certification biodynamique.
- [93]. Desmoulière, A. (2013). Le miel, de remarquables propriétés cicatrisantes. *Actualités pharmaceutiques*, 531: 17
- [94]. Di Girolamo, F., D'Amato, A., & Righetti, P. G. (2012). Assessment of the floral origin of honey via proteomic tools. *Journal of Proteomics*, 75(12), 3688–3693. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2012.04.011>
- [95]. Dimitrios, S., Soultisiotis, N., Tsadila, C., Papaeconomou, S., Arvanitis, C., Ntontos, A., Karkanta, F., Adamou-Androulaki, S., & Mossialos, D. (2018). Antibacterial and antioxidant activity of different types of honey derived from Mount Olympus in Greece. *International Journal of Molecular Medicine*, 42(2), 726–734. <https://doi.org/10.3892/ijmm.2018.3679>
- [96]. Dinkov, D. (2017). Perspection of Royal Jelly and Bee Honey as new antibacterial therapy agents of hospital infections. *J. Clin. Path. Lab Med.*, 1 (1): 5-8
- [97]. Donadieu, Y. (1984). Les vertus thérapeutiques du miel (4e éd.). Maloine.
- [98]. Doukani K., Tabak S., Derriche A. et Hacini Z. 2014 .Etude physicochimique et phytochimique de quelques types de miels Algériens. *Revue Ecologie-Environnement*. 10 :37-49.
- [99]. Doumandji H. (2006). Etude biométrique de populations d'abeilles du nord de l'Algérie Apis mellifica Intermissa. Institut national agronomique el Harrach – Alger. 2006. P10
- [100]. Downey, G., Hussey, K., Kelly, J. D., Walshe, T. F., & Martin, P. G. (2005). Preliminary contribution to the characterisation of artisanal honey produced on the island of Ireland by palynological and physicochemical data. *Food Chemistry*, 91(2), 347-354. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.06.019>
- [101]. Ecocert (2013). Guide pratique pour l'apiculture biologique. Certification biologique des produits apicoles.
- [102]. Ecocert (2013). Guide pratique n°36 : Les règles de production des abeilles, Selon Ecocert Organic Standard (EOS), p2,3.
- [103]. Ecocert (2017). La certification en apiculture biologique : exigences et procédures. ID-SC-195.2/9
- [104]. El Sohaimy S.A., Masry S.H.D., Shehata M.G. (2015). Physicochemical characteristics of honey from different origins. *Annals of Agricultural Sciences*. 60(2): 279-287. <https://doi.org/10.1016/j.aogas.2015.10.015>
- [105]. Emmanuelle H., Julie C. et Laurent G. (1996). Les Constituants Chimiques du Miel. Ecole Nationale Supérieure des Industries Agricoles et Alimentaire. APISERVICES, Galerie Virtuelle apicole.

- [106]. Eng, Shu-Kee, Priyia Pusparajah, Nurul-Syakima Ab Mutalib, Hooi-Leng Ser, Kok-Gan Chan, and Learn-Han Lee. (2015). Salmonella: A review on pathogenesis, epidemiology and antibiotic resistance. *Frontiers in Life Science*, 8: 284-93
- [107]. Erejuwa, O.O.; Sulaiman, S.A.; Wahab, M.S.; Salam, S.K.; Salleh, M.S.; Gurtu, S. (2012). Hepatoprotective effect of tualang honey supplementation in streptozotocin-induced diabetic rats. *Int. J. Appl. Res. Nat. Prod.* 2012, 4, 37–41
- [108]. Eskevinho LM., Feas X., Seija JA., et Vazquez- Tato MP. 2012. Organic honey from tras-os-Montes Region (Portugal): chemical, salynological, microbiological and bioactive compounds characterization. *Food chem toxicol.* 50, 258-64
- [109]. Food and Agriculture Organization Of The United Nations (FAO). 2014. Statistics division.FAO. (2021). Food and Agriculture Data. FAOStat. Retrieved from <http://www.fao.org/faostat/en/data>
- [110]. Farshid, A., Ghasemi, S., Farkhondeh, T., Azimi-Nezhad, M., Shakibaei, M., & Samarghandian, S. (2021). Possible potential effects of honey and its main components against COVID-19 infection. *Dose-Response*, 19(1), 1559325820982423. <https://doi.org/10.1177/1559325820982423>
- [111]. Faucon, J.-P., & Clément, M.-C. (1999). Adultération des miels. *L’Abeille de France*, 844, 28-29.
- [112]. Faucon, J.-P., Clément, M.-C., Zeggane, S., & Fléché, C. (1997). Contamination des produits de la ruche et risques pour la santé humaine : situation en France. *Revue scientifique et technique de l'Office International des Épizooties*, 16(2), 609-619.
- [113]. Féas X., Pirs J., Estevinho M.L Iglesias A., Pinto de Araujo J.P. (2011). Palynological and physicochemical data characterization of honeys produced in the Entre-Douro e Minho region of Portugal. *International Journal of Food Science and Technology*, 45: pp.1255-1262
- [114]. Fédération Nationale de l'Agriculture Biologique (FNAB). (2015). L’agriculture biologique en France. FNAB.
- [115]. Feknous N., Douaoui G., Hafafni N., Chettoum A., Mekhancha D.E., Boudida Y., Boumendjel M. 2021. Benchmarking of collected honeys from El-Tarf, Ain Karma, Bouhadjar & Zitouna (department of El-Tarf, North east, Algeria). *PhytoChem & BioSub Journal*. 15(1): 238-246. <https://doi.org/10.163.pcbjsi/2021.15.-2-238>
- [116]. Feknous, N. and Boumendjel, M. (2022). Natural bioactive compounds of honey and their antimicrobial activity. *Czech Journal of Food Sciences*. 40, 2022 (3): 163–178. <https://doi.org/10.17221/247/2021-CJFS>
- [117]. Feknous, N., Ouchene, L.L., Boumendjel, M., Mekhancha, D.E., Boudida, Y., Chettoum, A., Boumendjel, A., Messarah M. (2022). Local honey goat milk yoghurt production. Process and quality control. *Food Science and Technology*. 42: 1-10. DOI: <https://doi.org/10.1590/fst.26621>
- [118]. FiBL (2017). Exigences pour l'apiculture biologique. Institut de recherche de l'agriculture biologique, n° de commande 1532, Édition Suisse 2017.p 2-8.

- [119]. Filipe, M. (2020). Epidemics and pandemics: COVID-19 and the "Drop of Honey Effect." *International Journal of Economics and Business Administration*, 8(2), 240–249.
- [120]. FNAB (Fédération Nationale d'Agriculture Biologique). (2018). *L'apiculture biologique en France : État des lieux et perspectives*. Paris : FNAB.
- [121]. FNAB (2016). *Quelques bases pour la gestion des contaminants de la cire issue de l'apiculture biologiques*. France 2018.p2-4
- [122]. FRAB (2012). *Les fiches Techniques du réseau GAB/FRAB. Elevage Fiche n°13. Apiculture biologique*. 2012.p1,2,3.
- [123]. Fuenmayor C.A., Zuluaga-Dominguez C.M., Diaz-Moreno A.C. et Quicazan M.C. (2012). 'MIEL DE ANGELITA': Nutritional Composition and Physicochemical Properties of *Tetragonisca angustula* HONEY. *FEB*, Vol. 37, Nº. 2, 142-147.
- [124]. Fujiwara, S., Imai, J., Fujiwara, M., Yaeshima, T., Kawashima, T., & Kobayashi, K. (1990). A potent antibacterial protein in royal jelly. Purification and determination of the primary structure of royalisin. *Journal of Biological Chemistry*, 265(20), 11333–11337.
- [125]. Gilliam M., Prest D. B. 1987. "Microbiology of feces of the larval honey bee, *Apis mellifera*," *Journal of Invertebrate Pathology*, vol. 49, no. 1, pp. 70–75, 1987.
- [126]. Giovanni Cilia, Filippo Fratini, Matilde Marchi, Simona Sagona, Barbara Turchi, Leonora Adamchuk, Antonio Felicioli and Miroslava Kačániová. (2020). Antibacterial Activity of Honey Samples from Ukraine. *Vet Sci*. 7(4): 181. doi: 10.3390/vetsci7040181
- [127]. Gleiter, R. A., Horn, H., & Isengard, H. D. (2006). Influence of type and state of crystallisation on the water activity of honey. *Food Chemistry*, 96(3), 441-445.
- [128]. Gonnet M. (1982). " Le miel ; composition, propriétés, conservation" ; INRA station expérimentale d'apiculture ; 1982 ; 1-18.
- [129]. Gonnet, M. (1999). *La qualité du miel*. Edition O.P.I.D.A.
- [130]. Grabowski NT., Klein G. 2015. Microbiology and food-borne pathogens in honey. *Crit. Rev. Food. Sci Nutr*. [www.dx.doi.org](http://www.dx.doi.org)
- [131]. Gregório A., Galhardo D, Sereia M.J., Wielewski P., Gavazzoni L., dos Santos I.F., Sangaleti G.S.S.G.M.G., Cardoso E.C., Bortoti T.L., Zanatta L.A., Gonçalves L.M., Suzin M.A., Santos A.A., de Toledo V.D.A.A. (2020). Antimicrobial activity, physical-chemical and activity antioxidant of honey samples of *Apis mellifera* from different regions of Paraná, Southern Brazil. *Food Science and Technology*. Ahead of Print. DOI: <https://doi.org/10.1590/fst.32820>
- [132]. Gregório, A., Galhardo, D., Sereia, M. J., Wielewski, P., Gavazzoni, L., Santos, I. F., Sangaleti, G. S. S. G. M. G., Cardoso, E. C., Bortoti, T. L., Zanatta, L. A., Gonçalves, L. M., Suzin, M. A., Santos, A. A., & Toledo, V. A. A. (2021). Antimicrobial activity, physical-chemical and activity antioxidant of honey samples of *Apis mellifera* from different regions of Paraná, southern Brazil. *Food Science and Technology*, 41(Suppl. 2), 583-590. <http://dx.doi.org/10.1590/fst.32820>

- [133]. Guillén, M. D., Sopelana, P., & Ibargoitia, M. L. (2011). Characterization of honeys by solid phase microextraction (SPME) and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) volatile profiles. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(1), 115-123. <https://doi.org/10.1021/jf102112s>
- [134]. Guler, A., Bakan, A., Nisbet, C., & Yavuz, O. (2007). Determination of important biochemical properties of honey to discriminate pure and adulterated honey with sucrose (Saccharose). *Food Chemistry*, 105(3), 1119-1125.
- [135]. Guttentag, A., Krishnakumar, K., Cokcetin, N., Hainsworth, S., Harry, E., & Carter, D. (2021). Inhibition of dermatophyte fungi by Australian Jarrah honey. *Pathogens*, 10(2), 194. <https://doi.org/10.3390/pathogens10020194>
- [136]. Habbi Assia. Etude de la dynamique de la population du parasite *Varroa destructor* de l'abeille domestique (*Apis mellifera*) et évaluation de l'efficacité de quelques huiles essentielles dans la lutte contre ce parasite. Mémoire de magister. U Mouloud Maameri de Tizi-Ouzou. 2015 p 3, 4, 5.
- [137]. Haderbache Latifa, Annou Saada, Mohammedi Arezki. (2020). Antimicrobial Potential Of Ziziphus And Euphorbia Honeys Harvested In Semi-Arid Region Of Algeria And Their Possible Use In Soft Medicine. *J Microbiol Biotech Food Sci*. 9 (6) 1114-1118. doi: 10.15414/jmbfs.2020.9.6.1114-1118
- [138]. Halah M. Hussein AL-Hasani. (2018). Study Antibacterial Activity of Honey Against Some Common Species of Pathogenic Bacteria. *Iraqi Journal of Science*, 2018, Vol. 59, No.1A, pp: 30-37
- [139]. Hamel T., Boulemtafes A. (2017). Plantes butinées par les abeilles à la péninsule de l'Edough (Nord-Est algérien). *Livestock Research for Rural Development*. September 2017,1-13.
- [140]. Hamel T., Zaafour M., Boumendjel M. (2018). Ethnomedical Knowledge and Traditional Uses of Aromatic and Medicinal Plants of the Wetlands Complex of the Guerbes-Sanhadja Plain (Wilaya of Skikda in Northeastern Algeria). *Herbal Medicine*. 4(1:03):01-09. <https://doi.org/10.21767/2472-0151.100035>
- [141]. Hammond, E.N.; Duster, M.; Musuuza, J.S.; Safdar, N. (2016). Effect of United States Buckwheat honey on antibiotic-resistant hospital acquired pathogens. *Pan Afr. Med. J.*, 25, 212.
- [142]. Hamoumane H. Analyses physico-chimiques et activité antibactérienne de quelques échantillons du miel Algérien. Université de Djilali Bounaama de Khemis Miliana.p49
- [143]. Hegazi Ahmed G., Al Guthami Faiz M., Al Gethami Ahmed F.M., Fouad Ehab A. (2020). Antibacterial and Antioxidant Activities of Some Saudi Arabia Honey Products. *Iran J Med Microbiol*. 14(5): 490-500
- [144]. Hegazi, A. G., Al Guthami, F. M., Al Gethami, A. F., Allah, F. M. A., Saleh, A. A., and Fouad, E. A. (2017). Potential antibacterial activity of some Saudi Arabia honey. *Vet. World*, 10 (2): 233
- [145]. Hérault. (2018 ).Le guide Bio de l'Hérault. Maison des Agriculteurs B Mas de Saporta.2018.p8.

- [146]. Hermínia M. M., Lígia M., Fernando M., Bernardo M. A. 2003. Bacillaceae spores, fungi and aflatoxins determination in honey Esporos de Bacillaceae, fungos e aflatoxinas em mel. RPCV. 98 (546) 85-88.
- [147]. Hussain Muhammad Barkaat, Abdul Hannan, Naeem Akhtar, Ghulam Qadir Fayyaz, Muhammad Imran, Sidrah Saleem and Imtiaz Ahmed Qureshi. (2015). Pakistani honeys against multi-drug resistant *Salmonella typhi*. Complementary and Alternative Medicine 15:32. DOI 10.1186/s12906-015-0549-z
- [148]. Ibrahim Khalil MD., Moniruzzaman M., Boukraa L., Benhanifia M., Asiful Islam MD., Nazmul Islam MD., Sulaiman S.A. & Hua Gan S. (2012). Physicochemical and Antioxidant Properties of Algerian Honey. Journal molecules, 17, 11199-11215
- [149]. Ilyasov R.A., Gaifullina L.R., Saltykova E.S., Poskryakov A.V., Nikolenko A.G. (2012): Review of the expression of antimicrobial peptide defensin in honey bees *Apis mellifera* L. Journal of Apicultural Science, 56: 115–124. <https://doi.org/10.2478/v10289-012-0013-y>
- [150]. INAO (2019). Guide de lecture pour la production biologique. Institut National de l'Origine et de la Qualité.
- [151]. INAO (Institut National de l'Origine et de la Qualité). (2019). Révision des normes apicoles en agriculture biologique. Paris : INAO.
- [152]. INAO. (2018). L'apiculture biologique : Principes et pratiques. Institut National de l'Origine et de la Qualité.
- [153]. INAO. (2018). Guide de lecture du RCE n° 834/2007 et du RCE n° 889/2008. France 2018.p39,40,41
- [154]. INAO. (2019). Réglementation et contrôle en apiculture biologique. INAO.
- [155]. INAO. (2019). Guide de lecture du RCE n° 834/2007 et du RCE n° 889/2008. France 2019.p40,41,42
- [156]. Institut National de l'Origine et de la Qualité (INAO). (2019). Réglementation en apiculture biologique.
- [157]. Institut Technique de l'Agriculture Biologique (ITAB). (2010). L'élevage des abeilles en agriculture biologique.
- [158]. Institut Technique de l'Agriculture Biologique (ITAB). (2015). L'agriculture biologique : pratiques et certification. ITAB.
- [159]. ISO 6887-1 : Microbiologie de la chaîne alimentaire, préparation des échantillons dans la suspension mère et des dilutions décimales en vue de l'examen microbiologique. 2003)
- [160]. ISO 6579 -1 : Microbiologie de la chaîne alimentaire –méthode horizontale pour la recherche, le dénombrement et le sérotypage des salmonella –Partie 1 : Recherche des salmonella spp – 1ère édition 02/2017, 60 pages
- [161]. ITAB (2010). Apiculture biologique : Vers une meilleure compatibilité avec la biodiversité locale.

- [162]. ITAB (2015). L'Agriculture Biologique Connaître et faire connaître l'AB en Meurthe - et-Moselle. Revue bimestrielle de l'institut technique de l'agriculture biologique (ITAB). Alter Agri, 2010. p3
- [163]. ITAB (2010). Cahier des charges de l'agriculture biologique. ITAB.
- [164]. ITAB (2010). Abeilles et agriculture biologique. Revue bimestrielle de l'institut technique de l'agriculture biologique (ITAB). Alter Agri n° 99 31, 2010. p19,20.
- [165]. Iurlina M.O., Fritz R. 2005. Characterization of microorganisms in Argentinean honey from different sources. Int J Food Microbiol. 105, 297-304.
- [166]. Jean-prost et Médori P.(2005). Apiculture (Connaître l'abeille- Conduire le rucher). Ed. 7e édition. TEC et DOC. Lavoisier, Paris. ISBN : 2-7430-0787-7. PP : 309-341.
- [167]. JO tunisienne (2005). Arrêté du ministre de l'agriculture et des ressources hydrauliques de 9 juillet 2005, portant approbation du cahier des charges types de la production animale selon le mode biologique. Journal officiel de la République Tunisienne.
- [168]. JO N 70 du 07/11/2004 relatif à la norme ISO 6887-1 : Microbiologie de la chaîne alimentaire, préparation des échantillons dans la suspension mère et des dilutions décimales en vue de l'examen microbiologique.
- [169]. Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire. (2017). Arrêté du 24 octobre 2017 rendant obligatoire la méthode de détermination des cendres totales dans les épices, 3: 24-25. <https://www.joradp.dz/ftp/jo-francais/2018/f2018003.pdf>
- [170]. JORA N° 39. 2017. Journal Officiel de la République Algérienne. Méthode horizontale- Dénombrement des levures et des moisissures par comptage des colonies obtenues à 30°C, 02 Juillet 2017
- [171]. Journal officiel des Communautés Européennes. (2002). Directive 2001/110/CE/47-52.
- [172]. Katarzyna Grecka, Piotr M. Kuś, Randy W. Worobo and Piotr Szweida. (2018). Study of the Anti-Staphylococcal Potential of Honeys Produced in Northern Poland. Molecules, 23, 260.
- [173]. Kathleen Kilcullen, Allison Teunis, Taissia G. Popova, and Serguei G. Popov (2016). Cytotoxic Potential of *Bacillus cereus* Strains ATCC 11778 and 14579 Against Human Lung Epithelial Cells Under Microaerobic Growth Conditions. Front Microbiol. 7: 69.
- [174]. Kayacier, A., & Karaman, S. (2008). Mathematical modeling of mechanical behavior of honey adulterated with glucose syrup during squeezing flow. Journal of Food Engineering, 85(2), 290-297.
- [175]. Kerkvliet, J. D. (1996). Screening method for the determination of peroxide accumulation in honey and relation with HMF content. Journal of Apicultural Research, 35(3), 110-117.
- [176]. Khalil M I, Moniruzzaman M, Boukraâ L, Benhanifia M, Islam M A, Islam M N, Sulaiman SA et Gan S H. (2012). Physicochemical and antioxidant properties of Algerian honey. Molecules. 17(9), 11199- 11215.

- [177]. Khan, R. U., Naz, S., & Abudabos, A. M. (2017). Towards a better understanding of the therapeutic applications and corresponding mechanisms of action of honey. *Environmental Science and Pollution Research International*, 24(33), 27755–27766. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0567-0>
- [178]. Khmiri, A. (2008). Etude de la qualité des miels tunisiens. Université de Tunis El Manar.
- [179]. Klöckner J. (2019). L'agriculture Biologique en Allemagne. Ministre fédérale de l'Alimentation et de l'Agriculture. Bureau 712 – Agriculture biologique Rochusstra ße 1, 53123 Bonn.p 8.9.
- [180]. Kitambala k. 1998. Etude bactériologique et biochimique du miel vendu au marché central de Bukavu (Congo). *Tropicultura*, 1998-99,16-17,4,189-192
- [181]. Küçük, M., Kolayli, S., Karaoğlu, Ş., Ulusoy, E., Baltacı, C., & Candan, F. (2007). Biological activities and chemical composition of three honeys of different types from Anatolia. *Food Chemistry*, 100(2), 526-534. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.10.010>
- [182]. Kus, P. M., Szweida, P., Jerkovic, I., Tuberoso, C. I. G., & Kowalski, S. (2016). Honey chemical composition, stability and authenticity. *Food Chemistry*, 196, 309–323. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.051>
- [183]. Kwakman, P. H., & Zaat, S. A. (2012). Antibacterial components of honey. *IUBMB Life*, 64(1), 48–55. <https://doi.org/10.1002/iub.578>
- [184]. Kwakman, P. H., Te Velde, A. A., De Boer, L., Vandenbroucke-Grauls, C. M., & Zaat, S. A. (2010). Two major medicinal honeys have different mechanisms of bactericidal activity. *PLoS One*, 5(3), e8643. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0008643>
- [185]. Kwakman, P.; Zaat, S. (2012). Antibacterial components of honey. In *IUBMB Life*, 64(1): 48-55.
- [186]. Laallam H., Boughediri L., Bissati S. (2011). : Inventaire des Plantes Mellifères du Sud-Ouest Algérien. *Revue Synthèse* N°23, Octobre 2011,81-89
- [187]. Laredj H., Berakaa T., Ali M., Amine A. et Kheïra B. 2018. Microbiological and Physicochemical Quality of Honeys from South and South-West of Niger. *Journal of Food and Nutrition Research*, Vol. 6, No. 6, 406-413
- [188]. Lequet, A. (2010). Les qualités et caractéristiques du miel : Composition chimique, propriétés et santé. Presses Universitaires.
- [189]. Liu J.R., Ye Y.L., Lin T.Y., Wang Y.W et Peng C.C. 2013. Effect of floral sources on the antioxidant, antimicrobial, and anti-inflammatory activities of honeys in Taiwan. *Food Chem* ; 13,146-174.
- [190]. Lobreau-Callen Danielle, Clément Marie-Claude, Marmion Vincent (2000). Les miels. Techniques de l'ingénieur Filière de production: produits d'origine animale. Article f7000, volume TIB432DUO. <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/procedes-chimie-bio-agro-th2/filiere-de-production-produits-d-origine-animale-42432210/les-miels-f7000/>

- [191]. Lobreau-Callen, D., & Viry, A. (1993). Miel et végétation du Togo. *Palynosciences*, 2, 209-222.
- [192]. Lobreau-Callen, D., Baudoux, J. C., & Debray, M. (1999). The diastase and amylase activity in honeys from Belgium. *Apidologie*, 30(5), 485-494. <https://doi.org/10.1051/apido:19990501>
- [193]. Louveaux, J. (1980). Les enzymes du miel. *Apidologie*, 11(1), 63-77. <https://doi.org/10.1051/apido:19800104>
- [194]. Louveaux, J., Maurizio, A., & Vorwohl, G. (1970). Les méthodes de la méliospalynologie. *Apidologie*, 1(2), 211-227.
- [195]. Lusby P. E., Coombes A., Wilkinson J. M. 2002. "Honey: a potent agent for wound healing?" *Journal of Wound Ostomy & Continence Nursing*, vol. 29, no. 6, pp. 295–300.
- [196]. Madigan, M., Martinko, J., Bender, K., Buckley, D., & Stahl, D. (2015). *Brock biology of microorganisms* (14th ed.). Pearson.
- [197]. Makhloufi C. et al., (2010). Characterization of Algerian honey by palynological and physico-chemical methods. *Apidologie*, 41: 509-521.
- [198]. Mandal, M. D., & Mandal, S. (2011). Honey: Its medicinal property and antibacterial activity. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 1(2), 154–160.
- [199]. Marquele, F. D., Stracieri, K. M., Fonseca, M. J., & Chorilli, M. (2005). Physicochemical characterization and antioxidant activity of Brazilian organic honey. *Journal of Apicultural Research*, 44(4), 172-177. <https://doi.org/10.1080/00218839.2005.11101176>
- [200]. Martinotti Simona and Ranzato Elia. (2018). Review Honey, Wound Repair and Regenerative Medicine. *Journal of Functional Biomaterials*, 9(2): 34
- [201]. Matzen, R. D., Leth-Espensen, J. Z., Jansson, T., Nielsen, D. S., Lund, M. N., & Matzen, S. H. (2018). The Antibacterial Effect *In Vitro* of Honey Derived from Various Danish Flora. *Dermatology Research and Practice*, 2018, [7021713]. <https://doi.org/10.1155/2018/7021713>
- [202]. Maurizio, A. (1958). Beiträge zur quantitativen Pollenanalyse des Honigs. *Annales de l'Abeille*, 1(2), 145-157.
- [203]. Mbogning E., Tchoumboue J. Damesse F., Sanou Sobze M. & Canini A. (2011). Caractéristiques physico-chimiques des miels de la zone Soudano-guinéenne de l'Ouest et de l'Adamaoua Cameroun. *Tropicultura*. 29(3) : 168-175.
- [204]. Mbogning, J. A. (2011). Étude comparative de la qualité physico-chimique et des propriétés antibactériennes des miels du Cameroun. *Mémoire de Master*, Université de Dschang, Cameroun.
- [205]. Meda, A., Lamien, C. E., Romito, M., Millogo, J., & Nacoulma, O. G. (2005). Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Fasan honey, as well as their radical scavenging activity. *Food Chemistry*, 91(3), 571-577. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.10.006>

- [206]. Mezhoud I. .Analyse physico-chimique et étude de l'adultération de miels de la région de Béjaïa. Université A. MIRA – Béjaïa.p 38,39,41
- [207]. Miel en France. (s.d.). Guide pratique pour l'apiculture durable. Récupéré de <http://www.mielinfrance.fr>
- [208]. Miriam, M., & Veleminsky, J. (2005). Sucrose transformation and sugar composition in honey. *International Journal of Food Science & Technology*, 40(3), 503-510.
- [209]. Missio da silva, P., Gauche, C., Gonzaga, L.V., Oliveira Costa, A.C. et Fett, R. (2016). Honey chemical composition, stability and authenticity. *food chemistry*, 196:309-323. *Cultural and Food Chemistry* 46: 393-400.
- [210]. Mohammed, S. E. A., Kabbashi, A. S., Koko, W. S., Rana, R. M., Adgaba, N., & Ghamdi, A. A. (2017). In vitro activity of some natural honeys against *Entamoeba histolytica* and *Giardia lamblia* trophozoites. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(2), 238–243. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2017.06.004>
- [211]. Molan, P. C., Allen, K. L., & Mavric, E. (1992). The antibacterial activity of honey. *Bee World*, 73(1), 5–28.
- [212]. Molan PC., Allen KL. 1996. The effect of gamma irradiation on the antibacterial activity of honey. *J Pharm Pharmacol*. 48:1206–1209.
- [213]. Moniruzzaman, M. (2013). Sulaiman, S.A., Khalil, M.I. et Gan, S.H. Evaluation of physicochemical and antioxidant properties of sourwood and other Malaysain honeys: à comparison with mauka honey. *Chemistry central journal* ,7:138.
- [214]. Mouhoubi Z. (2007) . influence de température de conservation sur la qualité du miel: effet sur le pouvoir antioxydant.thèse de magister en science alimentaire, département des science alimentaires, université Abderrahmane mira Bejaia.65p.
- [215]. Muli, E., Patch, H., Frazier, M., Frazier, J., Torto, B., Baumgarten, T., ... & Grozinger, C. (2014). Evaluation of the distribution and impacts of parasites, pathogens, and pesticides on honey bee (*Apis mellifera*) populations in East Africa. *PLoS ONE*, 9(4), e94459. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0094459>
- [216]. Mulu, A., Diro, E., Tekleselassie, H., Belyhun, Y., & Anagaw, B. (2010). Effect of Ethiopian multiflora honey on fluconazole-resistant *Candida* species isolated from the oral cavity of AIDS patients. *International Journal of STD & AIDS*, 21(11), 741–745. <https://doi.org/10.1258/ijsa.2010.010210>
- [217]. Nagi AA, Amghalia E, Shamsudin MN, Abdullah R, Mohammed R, Sekawi Z. (2009). Antibacterial activity of honey against methicillin resistant *Staphylococcus aureus*. *Research Journal of Biological Sciences*. 4(8): 943–947.
- [218]. Nair, B. (2006). Final report on the safety assessment of honey. *International Journal of Toxicology*, 25(2), 59-75. <https://doi.org/10.1080/10915810600566119>
- [219]. Nanda V., Sarkar B. C., Sharma H. K. & Bawa A. S. (2003). Physico-chemical properties and estimation of mineral content in honey produced from different plants in Northern India. *Journal of Food Composition and Analysis*, 16: 613-619.

- [220]. Nanda V., Sarkar B.C., Sharma H. K. and Bawa A. S. (2003). Physico-chemical proprieties and estimation of mineral content in honey produced from different plants in Northern India. *Journal of Food Composition and Analysis*, 16: 613-619.
- [221]. Nanda, V., Sarkar, B. C., Sharma, H. K., & Bawa, A. S. (2003). Physicochemical properties and estimation of mineral content in honey produced from different plants in Northern India. *Journal of Food Composition and Analysis*, 16(5), 613-619. [https://doi.org/10.1016/S0889-1575\(03\)00062-0](https://doi.org/10.1016/S0889-1575(03)00062-0)
- [222]. Nature & Progrès. (2016). *L'apiculture durable : guide technique pour l'agriculture biologique*. Paris : Nature & Progrès.
- [223]. Nature et Progrès. (2020). *Guide pour une apiculture durable*. Éditions Nature & Progrès.
- [224]. Nolan V.C., Harrison J., Cox J.A.G. (2019). Dissecting the Antimicrobial Composition of Honey. *Antibiotics (Basel)*, 8(4):251. <https://doi.org/10.3390/antibiotics8040251>
- [225]. Nombé I., Schweitzer P., Boussim J.I. & Rasolodimby J.M., (2010). Impacts of storage conditions on physicochemical characteristics of honey samples from Burkina Faso. *Afr. J. Food Sci.*, 4(7): 458-463.
- [226]. NF V 08-060 : Microbiologie des aliments : Dénombrement des coliformes thermo tolérants par comptage de colonies obtenues à 44 °C-Avril 2009, 11 pages pour toutes les denrées alimentaires.
- [227]. Olaitan P.B., Adeleke O. E., Ola I. O. 2007. "Honey: a reservoir for microorganisms and an inhibitory agent for microbes," *African Health Sciences*, vol. 7, no. 3, pp. 159–165.
- [228]. Olofsson, T. C., Vásquez, A., & Sammataro, D. (2016). A scientific note on the lactic acid bacterial flora in honeybees in the USA—A comparison with bees from Sweden. *Apidologie*, 47(5), 763–766. <https://doi.org/10.1007/s13592-016-0430-0>
- [229]. Oluwapelumi, O. B., Morayo, A., Buru, A. S., Richard, A. Y., Funmilayo, A. J., and Funmi, A.A. (2017). Antimicrobial Activities of Different Honeys Sold in Ado-Ekiti on Bacteria Associated with Upper Respiratory Tract Infections. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 6 (2): 1-10
- [230]. Oroian M., Amariei S., Isabel Escriche et He Gutt G. (2013) . Rheological Aspects of Spanish Honeys .*Food Bioprocess Technol* .6:228 –241.
- [231]. Oudjet K. 2012. «Le miel une denrée à promouvoir». *Infos-CACQE*, p.1-3.
- [232]. Ouchemoukh S. (2012). *Caractérisations physico-chimiques profils polliniques glucidiques et phénoliques et activité antioxydantes de miel algériens*. Thèse de docteur en science .département de biologie phisico-chimique, université Abderrahmane mira Bejaia.164p
- [233]. Ouchemoukh S., Louaileche H. et Schweitzer P. (2007). Physicochemical characteristics and pollen spectrum of some Algerian honeys. *Food Chemistry*.18: pp 52- 58
- [234]. Oudjet, A. (2012). *Étude des propriétés physico-chimiques et biologiques des miels de la région de Kabylie*. Thèse de Doctorat, Université de Bejaia.

- [235]. Pageot S. (2015). La terre est notre métier, les lettres filiales FNAB, N° 2 France 2015. p3
- [236]. Pasupuleti VR, Sammugam L, Ramesh N, Gan SH. Honey, Propolis, and Royal Jelly. (2017). A Comprehensive Review of Their Biological Actions and Health Benefits. *Oxid Med Cell Longev*. doi: 10.1155/2017/1259510.
- [237]. Persano Oddo, L., Piazza, M. G., Sabatini, A. G., & Accorti, M. (1999). Characterization of unifloral honeys. *Apidologie*, 26(6), 453-465. <https://doi.org/10.1051/apido:19990602>
- [238]. Polus, A. (2008). Comparison of selected physical properties of different honey types. *Journal of Apicultural Science*, 52(2), 25-34.
- [239]. Qualisud (2016). Guide de certification établi à l'attention des apiculteurs biologiques engagés en agriculture biologique. A Tolosane 2016.
- [240]. Rajan, Kalavathy, Zhaohao Shi, and Steven C. Ricke. 2017. Current aspects of Salmonella contamination in the US poultry production chain and the potential application of risk strategies in understanding emerging hazards, *Critical Reviews in Microbiology*, 43: 370-392.
- [241]. Ratia G., 2002. L'abeille et l'homme. Edition apiservice copyright 1995-20. [www.beekeeping.org](http://www.beekeeping.org).
- [242]. RCE (Règlement CE). (1991). Règlement (CEE) n° 2092/91 du Conseil du 24 juin 1991 relatif à la production biologique de produits agricoles et à l'indication de cette méthode sur les produits agricoles et les denrées alimentaires. Bruxelles : Conseil Européen.
- [243]. RCE (Règlement CE). (2008). Règlement (CE) n° 834/2007 du Conseil du 28 juin 2007 relatif à la production biologique et à l'étiquetage des produits biologiques. Bruxelles : Conseil Européen.
- [244]. RCE (Règlement CE). (2018). Règlement (CE) n° 848/2018 du Parlement européen et du Conseil du 30 mai 2018 relatif à la production biologique et à l'étiquetage des produits biologiques. Bruxelles : Parlement Européen.
- [245]. RCE (2008). Règlement (CE) no 889/2008 de la commission du 5 septembre 2008 portant modalités d'application du règlement (CE) no 834/2007 du Conseil relatif à la production biologique et à l'étiquetage des produits biologiques en ce qui concerne la production biologique, l'étiquetage et les contrôles, 02008R0889 — FR 12.11.2018. p,11,12,13,14,15,16,17,21,43,45,46,47,49,62.
- [246]. RCE (2018). RÈGLEMENT (UE) 2018/848 DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 30 mai 2018 relatif à la production biologique et à l'étiquetage des produits biologiques, et abrogeant le règlement (CE) no 834/2007 du Conseil. 02018R0848 — FR — 14.06.2018. p 78,79,92-95.
- [247]. RCE (2007). RÈGLEMENT (CE) No 834/2007 DU CONSEIL. relatif à la production biologique et à l'étiquetage des produits biologiques et abrogeant le règlement (CEE) no 2092/91, 2007R0834 FR 01.07.2013 du 28 juin 2007, p17,23,24.

- [248]. Règlement (CE) n° 834/2007 du Conseil du 28 juin 2007 relatif à la production biologique et à l'étiquetage des produits biologiques, Journal officiel de l'Union européenne, L 189 du 20.7.2007, p. 1–23.
- [249]. Règlement (CE) n° 889/2008 de la Commission du 5 septembre 2008 portant modalités d'application du règlement (CE) n° 834/2007 du Conseil en ce qui concerne la production biologique et l'étiquetage des produits biologiques, Journal officiel de l'Union européenne, L 250 du 18.9.2008, p. 1–84.
- [250]. Règlement (CE) n° 889/2018 de la Commission du 14 août 2018 portant modification du règlement (CE) n° 889/2008.
- [251]. Règlement (CE) No 1991/91 du Conseil du 24 juin 1991 relatif à la production biologique de produits agricoles et aux indications y afférentes sur les produits agricoles et les denrées alimentaires.
- [252]. Règlement (CE) No 834/2007 du Conseil du 28 juin 2007 relatif à la production biologique et à l'étiquetage des produits biologiques.
- [253]. Règlement (CE) No 848/2018 du Parlement européen et du Conseil du 30 mai 2018 relatif à la production biologique et à l'étiquetage des produits biologiques.
- [254]. Règlement (CE) No 889/2008 de la Commission du 5 septembre 2008 portant modalités d'application du règlement (CE) n°834/2007.
- [255]. Règlement (CEE) n° 2092/91 du Conseil du 24 juin 1991 relatif à la production biologique de produits agricoles et à l'indication de cette méthode de production sur les produits agricoles et les denrées alimentaires, Journal officiel des Communautés européennes, L 198 du 22.7.1991, p. 1–15.
- [256]. Règlement (UE) n° 2018/848 du Parlement européen et du Conseil du 30 mai 2018 relatif à la production biologique et à l'étiquetage des produits biologiques, et abrogeant le règlement (CE) n° 834/2007 du Conseil, Journal officiel de l'Union européenne, L 150 du 14.6.2018, p. 1–92.
- [257]. Règlement CE 834/2007 du Conseil du 28 juin 2007 relatif à la production biologique et à l'étiquetage des produits biologiques. Journal officiel de l'Union européenne.
- [258]. Règlement CE 848/2018 du Conseil du 30 mai 2018 relatif à la production biologique. Journal officiel de l'Union européenne.
- [259]. Règlement CE 889/2008 de la Commission du 5 septembre 2008 portant modalités d'application du règlement CE 834/2007. Journal officiel de l'Union européenne.
- [260]. Règlement CE n° 2092/91 du 24 juin 1991. Règlement concernant la production biologique et l'étiquetage des produits biologiques.
- [261]. Règlement CE n° 834/2007 du 28 juin 2007. Règlement sur la production biologique et l'étiquetage des produits biologiques.
- [262]. Règlement CE n° 889/2008 du 5 septembre 2008. Règlement d'application de la production biologique.
- [263]. Rekioua N., Boumendjel M., Taibi F., Samar M.F., Mediouni Ben Jemaa J., Benaliouch F., Negro C., Nicoli F., De Bellis L., Boushah E. and Haouel S. (2022). *In vitro* evaluation of the insecticidal effect of *Eucalyptus globulus* and *Rosmarinus officinalis* essential

- oils on a stored food pest *Ephesia kuehniella* (Lepidoptera, Pyralidea). Cellular and Molecular Biology. 68(4): 144-157. <http://dx.doi.org/10.14715/cmb/2022.68.4.18>
- [264]. Roubik, D. (1989). Ecology and natural history of tropical bees. Cambridge University Press.
- [265]. Róžańska H. 2011. Microbiological quality of polish honey. Bull. Vet. Inst. Pulawy 55, 443-445. Sahinler, N., & Gul, A. (2020). Mineral content of different honey types from the Turkish Mediterranean region. Journal of Apicultural Research, 59(1), 90-95.
- [266]. 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. <https://doi.org/10.1021/jf048833c>
- [267]. Schweitzer. (2004). Le monde des miellats. Revue l'abeille de France N°908. Laboratoire d'analyse et d'Ecologie Apicole. 2 p.
- [268]. Serrano, S., Villarejo, M., Espejo, R., & Jodral, M. (2007). Chemical and physical parameters of Andalusian honey: Classification of Citrus and Eucalyptus honeys by discriminant analysis. Food Chemistry, 101(1), 177-184. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.01.043>
- [269]. 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:10.1186/1472-6882-10-47
- [270]. Shin H.S. and Ustunol Z. (2005). Carbohydrate composition of honey from different floral sources and their influence on growth of selected intestinal bacteria: An *in vitro* comparison. Food Research International ,38:721-728
- [271]. Shin, W. Y., & Ustinol, Z. (2005). Effect of botanical origin on sugar content and crystallization properties of honey. Food Chemistry, 89(4), 653-659.
- [272]. Silva Luís R., Videira Romeu , Monteiro Andreia P., Valentão Patrícia , Andrade PaulaB. (2009). Honey from luso Region (Portugal) : physicochemical characteristics and minerl contents .Microchemical Journal , Volume 93 ,Issue 1 Page 73-77.
- [273]. Snowdon A., Cliver D. O. 1996. "Microorganisms in honey," International Journal of Food Microbiology, vol. 31, no. 1–3, pp. 1–26.
- [274]. Snowdon J. A. 1999. The microbiology of honey - meeting your buyers specifications (Why they do what they do). American Bee Journal, v. 1, p. 51-60.
- [275]. Sowa P., Grabek-Lejko D., Wesołowska M., Swacha S. and Zuga M. D. (2017). Hydrogen peroxide-dependent antibacterial action of Melilotus albus honey. 2017. Letters in Applied Microbiology ISSN 0266-8254. doi:10.1111/lam.12749. Letters in Applied Microbiology 65, 82-89
- [276]. Swiecicka, I. and Mahillon, J. (2006). Diversity of commensal *Bacillus cereus* sensu lato isolated from the common sow bug (*Porcellio scaber*, Isopoda). FEMS Microbiol Ecol 56, 132-140

- [277]. Taibi F, Boumendjel M, Zaafour M, Sekiou O, Khaldi T, Delimi A, Abdessmad S, Rebani H, Chnoug H, Siakhene N, Boumendjel A and Messarah M. (2018). Conservation of stored food using plant's extracts. Effect of oregano (*Origanum vulgare*) essential oil on the reproduction and development of flour moth (*Ephesia kuehniella*). Cellular and Molecular Biology 64(10): 05-11. <https://doi.org/10.14715/cmb/2018.64.10.2>
- [278]. Tchoumboue J., Tchouamo I.R., Pinta J.Y. & Njia M.N. (2001). Caractéristiques socio-économiques et techniques de l'apiculture dans les hautes terres de l'Ouest Cameroun. Tropicultura, 19, 3, 141-146
- [279]. Tchoumboue J., Awah-Ndukum J., Fontech F.A., Donghock N.D., Pinta J. et Mvondo Z.A. 2007. Physico-chemical and microbiological characteristics of honey from the Sudano-Guinean zone of West Cameroon. Afr J Biotechnol. 6, 908-913.
- [280]. Terrab A. Diez M. J. et Herdia D. et Heredia F. J. (2004). Characterisation of spanish thyme honeys by their physicochemical characteristics and mineral and contents. Food Chemistry. 88 :537-542
- [281]. Terrab, A., Díez, M. J., & Heredia, F. J. (2002). Characterization of Moroccan unifloral honeys by their physicochemical characteristics. Food Chemistry, 79(3), 373-379.
- [282]. Tornuk, F., Karaman, S., Ozturk, I., Toker, O. S., Tastemur, B., Sagdic, O., & Dogan, M. (2013). Quality characterization of artisanal and retail Turkish blossom honeys: Determination of physicochemical, microbiological, bioactive properties and aroma profile. LWT - Food Science and Technology, 56(1), 114-124.
- [283]. Tosi, E. A., Ré, E., Lucero, H., & Bulacio, L. (2004). Effect of honey high-temperature short-time heating on parameters of quality. Journal of Food Science, 69(4), 103-108. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.tb06340.x>
- [284]. Tysset C. et De Rantline de la Roy Durand C. 1991. Contribution to the Study of Intestinal Microbial Infection of Healthy Honeybees: Inventory of Bacterial Population by Negative Organisms, Department of Agriculture, SEA-AR, Eastern Region Research Centers, Philadelphia, Pa, USA.
- [285]. Vanhanen Leo P., Emmertz Andrea, Savage Geoffry P. (2011). Mineral analysis of monofloral New Zealand honey. Food Chemistry, Volume 128, Issue 1, Pages 236-240
- [286]. Voidarou C., Alexopoulos A., Plessas S., Karapanou A., Mantzourani I, Stavropoulou E., Fotou K., Tzora A., Skoufos I. and Bezirtzoglou E. (2011). Antibacterial activity of different honeys against pathogenic Bacteria. In Anaerobe, 17(6):375-379.
- [287]. Wadi Mahasin and Geregandi Talal. (2020). Efficacy of Bee Honey on Wound Healing: Split Skin Graft with Hyper-granulation Tissue. Journal of Natural Remedies.
- [288]. Waheed, M., Hussain, M. B., Jamil, A., & Rauf, A. (2018). Honey and cancer: Mechanistic insight into its preventive and curative properties. *Journal of Apicultural Research*, 57(3), 214–223. <https://doi.org/10.1080/00218839.2018.1451737>
- [289]. Wasihun, A. G. and Kasa, B. G. (2016). Evaluation of antibacterial activity of honey against multidrug resistant bacteria in Ayder Referral and Teaching Hospital, Northern Ethiopia. Springer Plus, 5(1): 842.

- [290]. Zappala, M., Fallico, B., Arena, E., & Verzera, A. (2005). Methods for the determination of HMF in honey: A comparison. *Food Control*, 16(3), 273-277. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2004.02.001>
- [291]. Zerrouk S., Seijo M.K., Boughediri L., Escuredo O. and Rodríguez-Flores M.C. (2014). Palynological characterisation of Algerian honeys according to their geographical and botanical origin. *Grana Journal*, 53(2): 147-158.
- [292]. Zhou, J., Suo, Z., Pinpin, Z., Cheng, Ni., Gao, H., Jing, Z., Wei, C. (2013). Jujube Honey from China: Physico-chemical Characteristics and Mineral contents. *Journal of Food Science*, 78(3): 1750-3841.

## **Annexes**

### Annexe 1. Résultats brutes des investigations lors de l'audit de l'exploitation

	Bio européen				NOP/NOSB				ACOS				Demeter				Nature et progrès				Biocoherence				Bio Suisse											
	C	PC	NC	NA	C	PC	NC	NA	C	PC	NC	NA	C	PC	NC	NA	C	PC	NC	NA	C	PC	NC	NA	Bio Bourgeon				Bio Fédéral							
																									C	PC	NC	NA	C	PC	NC	NA				
<b>Emplacement des ruches</b>																																				
C	10				09				09				09				09				09				09				09							
O	5	/	/	/	6	/	/	/	5	/	/	/	5	/	/	/	5	/	/	/	5	/	/	/	5	/	/	/	5	/	/	/	5	/	/	/
B	1	/	/	/	1	/	/	/	1	/	/	/	1	/	/	/	1	/	/	/	1	/	/	/	1	/	/	/	1	/	/	/	1	/	/	/
IT	1	/	/	/	1	/	/	/	1	/	/	/	1	/	/	/	1	/	/	/	1	/	/	/	1	/	/	/	1	/	/	/	1	/	/	/
PR	/	/	/	3	/	/	/	1	/	/	/	1	/	/	/	2	/	/	/	2	/	/	/	2	/	/	/	2	/	/	/	2	/	/	/	2
AT	/	/	/	3	8	/	/	1	7	/	/	2	7	/	/	2	7	/	/	2	7	/	/	2	7	/	/	2	7	/	/	2	7	/	/	2
TT	7	/	/	3	8	/	/	1	7	/	/	2	7	/	/	2	7	/	/	2	7	/	/	2	7	/	/	2	7	/	/	2	7	/	/	2
%	70	/	/	30	88.9	/	/	11.1	77.7	/	/	22.2	77.7	/	/	22.2	77.7	/	/	22.2	77.7	/	/	22.2	77.7	/	/	22.2	77.7	/	/	22.2	77.7	/	/	22.2
<b>Origine des abeilles, Constitution et renouvellement du cheptel biologique</b>																																				
C	16				12				13				15				15				15				15											
O	5	/	/	/	7	/	/	/	7	/	/	/	6	/	/	/	6	/	/	/	5	/	/	/	5	/	/	/	5	/	/	/	5	/	/	/
B	3	/	/	/	3	/	/	/	3	/	/	/	4	/	/	/	4	/	/	/	3	/	/	/	3	/	/	/	3	/	/	/	3	/	/	/
IT	2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	2	/	/	/	2	/	/	/	2	/	/	/	2	/	/	/
PR	/	/	/	6	/	/	/	2	/	/	/	3	1	/	/	4	1	/	/	4	/	/	/	5	/	/	/	5	/	/	/	5	/	/	/	5
AT	/	/	/	6	10	/	/	2	10	/	/	3	11	/	/	4	11	/	/	4	10	/	/	5	10	/	/	5	10	/	/	5	10	/	/	5
TT	10	/	/	6	10	/	/	2	10	/	/	3	11	/	/	4	11	/	/	4	10	/	/	5	10	/	/	5	10	/	/	5	10	/	/	5
%	62.5	/	/	37.5	83.3	/	/	16.6	76.9	/	/	23.0	73.3	/	/	26.6	73.3	/	/	26.6	66.6	/	/	33.3	66.6	/	/	33.3	66.6	/	/	33.3	66.6	/	/	33.3
<b>Cire d'abeille utilisable en agriculture biologique</b>																																				
C	07				06				07				07				08				07				07				07							
O	/	2	3	/	/	2	3	/	/	2	3	/	/	2	3	/	/	2	3	/	/	2	3	/	/	2	3	/	/	2	3	/	/	2	3	/
B	/	/	/	/	/	/	/	/	1	/	/	/	/	/	/	/	1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
IT	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
PR	/	2	/	/	/	1	/	/	/	1	/	/	1	1	/	/	/	2	/	/	/	2	/	/	/	2	/	/	/	2	/	/	/	2	/	/
AT	/	4	3	/	/	3	3	/	1	3	3	/	1	3	3	/	1	4	3	/	/	4	3	/	/	4	3	/	/	4	3	/	/	4	3	/
TT	/	4	3	/	/	3	3	/	1	3	3	/	1	3	3	/	1	4	3	/	/	4	3	/	/	4	3	/	/	4	3	/	/	4	3	/
%	/	57.1	42.8	/	/	50	50	/	14.2	42.8	42.8	/	14.2	42.8	42.8	/	12.5	50	37.5	/	/	57.1	42.8	/	/	57.1	42.8	/	/	57.1	42.8	/	/	57.1	42.8	/
<b>Caractéristiques des ruches et des matériaux utilisés dans l'apiculture biologique</b>																																				
C	12				11				11				12				12				12				12											
O	1	2	/	/	1	2	/	/	1	2	/	/	1	2	/	/	1	2	/	/	1	2	/	/	1	2	/	/	1	2	/	/	1	2	/	/
B	3	/	/	/	2	/	/	/	3	/	/	/	5	/	/	/	4	/	/	/	4	/	/	/	4	/	/	/	4	/	/	/	4	/	/	/
IT	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
PR	2	/	1	3	2	/	1	3	2	/	1	2	2	/	1	1	2	/	1	2	2	/	1	2	2	/	1	2	2	/	1	2	2	/	1	2
AT	6	2	1	3	5	2	1	3	6	2	1	2	8	2	1	1	7	2	1	2	7	2	1	2	7	2	1	2	7	2	1	2	7	2	1	2
TT	6	2	1	3	5	2	1	3	6	2	1	2	8	2	1	1	7	2	1	2	7	2	1	2	7	2	1	2	7	2	1	2	7	2	1	2
%	50	16.6	8.33	25	45.4	18.1	9.1	27.2	54.5	18.1	9.1	18.1	66.6	16.6	8.33	8.33	58.3	16.6	8.33	16.6	58.3	16.6	8.33	16.6	58.3	16.6	8.33	16.6	58.3	16.6	8.33	16.6	58.3	16.6	8.33	16.6
<b>Nourrissement biologique</b>																																				
C	13				8				10				13				13				11				11				11							
O	3	/	/	/	3	/	/	/	3	/	/	/	3	/	/	/	3	/	/	/	3	/	/	/	3	/	/	/	3	/	/	/	3	/	/	/
B	4	/	2	/	2	/	/	/	2	/	2	/	4	/	2	/	3	/	2	/	3	/	1	/	3	/	1	/	3	/	1	/	3	/	1	/
IT	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
PR	/	4	/	/	/	3	/	/	/	3	/	/	/	4	/	/	/	4	/	/	/	3	1	/	/	4	/	/	/	4	/	/	/	4	/	/
AT	/	4	2	/	5	3	/	/	5	3	2	/	7	4	2	/	7	4	2	/	6	3	2	/	6	4	1	/	6	4	1	/	6	4	1	/
TT	7	4	2	/	5	3	/	/	5	3	2	/	7	4	2	/	7	4	2	/	6	3	2	/	6	4	1	/	6	4	1	/	6	4	1	/
%	53.8	30.7	15.3	/	62.5	37.5	/	/	50	30	20	/	53.8	30.7	15.3	/	53.8	30.7	15.3	/	54.5	27.2	18.1	/	54.5	27.2	18.1	/	54.5	27.2	18.1	/				
<b>Nettoyage et désinfection des ruches</b>																																				

C	4				3				4				4				3				4				4							
O	1	/	/	/	1	/	/	/	1	/	/	/	1	/	/	/	1	/	/	/	1	/	/	/	1	/	/	/	1	/	/	/
B	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
IT	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
PR	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
AT	2	/	/	1	2	/	/	/	2	/	/	1	2	/	/	/	2	/	/	1	2	/	/	1	2	/	/	1	2	/	1	
TT	3	/	/	1	3	/	/	/	3	/	/	1	4	/	/	/	3	/	/	1	3	/	/	1	3	/	/	1	3	/	1	
%	75	/	/	25	100	/	/	/	75	/	/	25	100	/	/	25	100	/	/	25	100	/	/	25	100	/	/	25	100	/	25	
Prophylaxie et soins vétérinaires																																
C	15				10				13				16				15				13				16				13			
O	9	1	/	/	8	/	/	/	8	/	/	/	8	/	/	/	9	/	/	/	9	1	/	/	9	1	/	/	9	/	/	/
B	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
IT	1	/	/	/	1	/	/	/	2	/	/	/	3	/	/	/	2	/	/	/	1	/	/	/	2	/	/	/	1	/	/	/
PR	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
AT	/	/	/	4	/	/	/	1	/	/	/	3	/	/	/	5	/	/	/	3	/	/	/	2	/	/	/	4	/	/	2	
TT	10	1	/	4	9	/	/	1	10	/	/	3	11	/	/	5	11	1	/	3	10	1	/	2	11	1	/	4	10	1	/	2
%	66.6	6.66	/	26.6	90	/	/	10	76.9	/	/	23.0	68.7	/	/	31.2	73.3	6.67	/	20	76.9	7.7	/	15.3	68.7	6.25	/	25	76.9	7.7	/	15.3
	6			6					2			8	5			3				2			8	5			2			8		
Les pratiques d'élevage																																
C	13				7				7				14				11				12				12				11			
O	1	/	/	/	2	/	/	/	1	/	/	/	3	/	/	/	1	/	/	/	1	/	/	/	1	/	/	/	1	/	/	/
B	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
IT	2	/	/	/	2	/	/	/	2	/	/	/	7	/	/	/	2	/	/	/	2	/	/	/	2	/	/	/	2	/	/	/
PR	3	/	/	/	2	/	/	/	3	/	/	/	1	/	/	/	3	/	/	/	4	/	/	/	3	/	/	/	3	/	/	/
AT	/	/	/	7	/	/	/	1	/	/	/	1	/	/	/	3	/	/	/	5	/	/	/	5	/	/	/	6	/	/	/	5
TT	6	/	/	7	6	/	/	1	6	/	/	1	11	/	/	3	6	/	/	5	7	/	/	5	6	/	/	6	6	/	/	5
%	46.1	/	/	53.8	85.7	/	/	14.2	85.7	/	/	14.2	78.5	/	/	21.4	54.5	/	/	45.4	58.3	/	/	41.6	50	/	/	50	54.5	/	/	45.4
	5			5	1			9	1			9	7			5	5			5	3			7	5			5	5			5
Précédés de préparation du miel et des produits de la ruche																																
C	20				19				19				21				20				18				21				21			
O	9	2	1	/	9	2	1	/	9	2	1	/	10	2	1	/	10	2	1	/	9	2	1	/	9	2	2	/	10	2	1	/
B	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
IT	5	/	/	/	5	/	/	/	5	/	/	/	6	/	/	/	5	/	/	/	5	/	/	/	5	/	/	/	5	/	/	/
PR	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
AT	1	/	/	2	1	/	/	1	1	/	/	1	1	/	/	1	1	/	/	2	1	/	2	1	/	2	1	/	2	1	/	2
TT	15	2	1	2	15	2	1	1	15	2	1	1	17	2	1	1	15	2	1	2	13	2	1	2	15	2	2	2	16	2	1	2
%	75	10	5	10	78.9	10.5	5.2	5.26	78.9	10.5	5.26	5.26	80.9	9.53	4.76	4.76	75	10	5	10	72.2	11.1	5.56	11.1	71.4	9.52	9.52	9.52	76.2	9.52	4.76	9.52
					5	3	6		5	3			5								2	1		1	3							
Enregistrement administratif																																
C	11				11				11				11				11				11				11							
O	10	1	/	/	10	1	/	/	10	1	/	/	10	1	/	/	10	1	/	/	10	1	/	/	10	1	/	/	10	1	/	/
B	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
IT	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
PR	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
AT	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
TT	10	1	/	/	10	1	/	/	10	1	/	/	10	1	/	/	10	1	/	/	10	1	/	/	10	1	/	/	10	1	/	/
%	90.9	9.1	/	/	90.9	9.1	/	/	90.9	9.1	/	/	90.9	9.1	/	/	90.9	9.1	/	/	90.9	9.1	/	/	90.9	9.1	/	/	90.9	9.1	/	/
	0				0				0				0				0				0				0				0			
C	74	14	7	26	71	11	5	9	63	10	7	13	87	12	7	16	78	14	7	19	73	13	7	18	75	14	7	22	75	14	6	19
C	121				96				93				122				118				111				118				114			
Ct	61.1	11.5	5.78	21.4	73.9	11.4	5.2	9.38	67.7	10.7	8.60	12.9	71.3	9.84	5.74	13.1	66.1	11.8	5.93	16.1	65.7	11.7	6.30	16.2	63.5	11.8	5.93	18.6	65.7	12.2	5.26	16.6
%	6	7		9	6	6	0		4	6		0	1			1	4	6		0	6	1		2	6	6		4	9	8		7


**Légende:** C : Conforme ; PC : Partiellement Conforme ; NC : Non-conforme ; NA : Non-Applicable.

**Annexe 2. Tableau de conversion entre l'indice de réfraction et la teneur d'eau**

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



## Biological, physicochemical and antibacterial properties of pure honey harvested at the municipality of Seraïdi (Annaba, north east of Algeria)

Ahmed CHETTOUM<sup>1</sup>, Nesrine FEKNOUS<sup>2\*</sup>, Mahieddine BOUMENDJEL<sup>1</sup> , Djamel-Eddine MEKHANCHA<sup>3,4</sup>, Yasmine BOUDIDA<sup>3</sup>, Abdelmoumen SEDARI<sup>2</sup>, Anissa BERREDJEM<sup>2</sup>, Hanène ATI<sup>2</sup>, Khaled ZAIDI<sup>2</sup>, Amel BOUMENDJEL<sup>1</sup>, Mahfoud MESSARAH<sup>1</sup>

### Abstract

The aim of our work is to assess physicochemical and antibacterial potential of two local honeys compared with two imported honeys. A carbohydrate profile was carried out by HPLC. All honeys are acid and the free acidity of Zriba ( $36 \pm 13$  méq.kg<sup>-1</sup>), Sidi Achour ( $36.66 \pm 0.57$  méq.kg<sup>-1</sup>) were in standards well above those of imported honey: San Francisco ( $7$  méq.kg<sup>-1</sup>), Elshifa ( $20$  méq.kg<sup>-1</sup>). Refractive index complied with the standards. Sidi Achour honey was denser (1.4206) than the others. Ash content of local honey ( $0.76 \pm 0.07$ ) and imported honey San Francisco ( $0.72 \pm 0.57$ ) were higher than those of Zriba honey ( $0.41 \pm 0.08$ ) and Elshifa ( $0.25 \pm 0.038$ ). All honeys had a sucrose content within the standard. Local honey contained Trehalose and melezitose, and richer in fructose and raffinose, F & G and maltose levels were consistent with standards. Sidi Achour contained the highest turanose content ( $2.15 \pm 0.49\%$ ) relative to the studied honey samples. Antibacterial activity showed that all honeys have antibacterial potential when they are pure. Sidi Achour was active against *E.coli* ( $24 \pm 6.08$  mm), *S.enteritidis* ( $26.33 \pm 1.15$  mm), *S.aureus* ( $19.66 \pm 0.57$  mm), *B.cereus* ( $13.33 \pm 8.73$  mm) and *E.faecalis* ( $15 \pm 1$  mm). Zriba honey showed the same antibacterial honey except for *B.cereus* ( $7.66 \pm 2.88$  mm). The imported honeys were active on the growth of only three bacteria: *E.coli*, *S.enteritidis* and *S.aureus*.

**Keywords:** local honey; carbohydrate profile; antibacterial activity; Séraïdi; Annaba; Algeria.

**Practical Application:** This study shows the importance of consuming organic mountain honeys as they provide better protection against certain strains of bacteria and therefore have better biological activities.

### 1 Introduction

Honey is a natural substance produced out of honeydew or nectar from flowers (Buba et al., 2013), that bees are foraging, convert by combining them with specific substances that they secrete themselves, lay, dehydrate, store and let it improve and ripen within the hive combs (Codex Alimentarius, 2001a). Honey is a supersaturated sugar solution, its content is complex and variable and contains at least 181 different substances (El Sohaimy et al., 2015; Bucekova et al., 2019), this solution is made up of approximately 83% sugars, chiefly glucose and fructose and about 17% water at an average 3.9 pH (Almasaudi et al., 2017). Honey derived through nectar have a pH between 3.5 and 4.5 whereas those produced from honeydew range from 5 to 5.5 (Mbogning et al., 2011). The proportion of the various sugars depends on the kind of flowers foraged by the bees (Feknous et al., 2022). Honey also contains minor components like protein, enzymes, amino acids, lipids, vitamins, phenolic acids, flavonoids and minerals (Zhou et al., 2013; Feknous & Boumendjel, 2022). Based on Brudzynski & Lannigan (2012) and Gregório et al. (2021), the composition the quality of honey

varies according to the vegetal species and the environmental conditions. Under the Codex Alimentarius (2001b), the study of the physicochemical parameters makes it possible to verify its quality and its botanical origin. Several physicochemical parameters are checked: The sugar and moisture content, the ash content, electrical conductivity, hydroxy methyl furfural content (HMF); acidity and diastase activity (Silva et al., 2016). Honey is an outstanding antibacterial agent with a high biotechnological potential (Gregório et al., 2020) and is a great dietary supplement (Pasupuleti et al., 2017). It is also used as a natural sweetener in probiotic food since it allows driving growth of lactic bacteria while concomitantly blocking growth of pathogenic bacteria like *Shigella*, *Listeria monocytogenes* and *Staphylococcus aureus* (Feknous et al., 2022). For millennia, popular medicine uses honey to relieve aches (Desmoulière, 2013). Its structure gives it - in addition to nutritional and energy attributes- some antioxidant, antibacterial properties (Missio da Silva et al., 2016) as well as an anti-hypertensive potential (Erejuwa et al., 2012) and hepatoprotective (Al-Waili et al., 2006). This natural

Received 23 Sept., 2022

Accepted 12 Dec., 2022

<sup>1</sup> Biochemistry and Environmental Toxicology Research Laboratory, Faculty of Sciences, Annaba Badji Mokhtar University, Annaba, Algeria

<sup>2</sup> Biodiversity and Polluted Ecosystems Research Laboratory, Faculty of Natural and Life Sciences, Chadli Bendjedid El-Tarf University, El-Tarf, Algeria

<sup>3</sup> Biotechnology and Food Quality Research Laboratory - BIOQAL, Institute of Nutrition and Food and Agri-Food Technologies - INATAA, Brothers Mentouri Constantine 1 University, Constantine, Algeria

<sup>4</sup> Food, Nutrition and Health Laboratory - ALNUTS, Salah Bounnider Constantine 3 University, Constantine, Algeria

\*Corresponding author: nesrinefeknous23@gmail.com

product has an inhibitory effect against a broad spectrum of Gram+, Gram- bacteria and against antibiotic-resistant bacteria (Hammond et al., 2016). The antibacterial potential of honey arise from its physicochemical properties (Hegazi et al., 2017): low pH, high viscosity, high osmotic pressure (Kwakman and Zaat, 2012), hydrogen peroxide (Nolan et al., 2019), organic acids, enzymes (amylase, catalase, glucose-oxylase and lysozyme), phenols, fatty acids, acids (ascorbic acid, benzoic acid), flavonoids, vitamins, carotenoids (Wasihun & Kasa, 2016; Oluwapelumi et al., 2017; Dinkov, 2017) and to the presence of defensin and methylglyoxal (Martinotti and Ranzato, 2018). For this purpose, we have studied the biological, physicochemical quality and the antimicrobial potential of four (04) honey samples: two (02) local honeys (called *Zriba* honey and *Sidi Achour* honey) and two (02) imported honeys (called *San Francisco* and *Elshifa* honeys). Both local ones come from the mountain municipality of Séraïdi located in the city of Annaba (Algeria). Both imported honeys are available in the Algerian market.

## 2 Material and methods

### 2.1 Sampling

The two local honey (*Zriba* and *Sidi Achour*), have been harvested in Edough Mountains in the municipality of Séraïdi, city of Annaba at the north east of Algeria. One was collected at high altitude (*Zriba* honey), in autumn of year 2018, the other

one in low altitude (*Sidi Achour* honey in the summer of that same year. As to the two honeys available in the market, they are imported from King Saudi Arabia (*Elshifa*) and Spain (*San Francisco*). The collected samples were stored in sterile polyethylene bottles at + 4 °C.

### 2.2 Locating apiaries

The beekeeping operator has two sites in the municipality of Séraïdi as shown in the map below (Figure 1).

- The first site at high altitude, *Zriba* (36°56'7.51" N; 7°40'53.41" E), is located in the massif of Edough far from any major urban area, at 05 km by road from the village of Séraïdi on a local winding road i.e. at more than 2 km as the crow flies from the nearest urban community, away from any industrial area.
- The second site is at low altitude, *Sidi Achour* (36°52'16.71" N; 7°42'7.58" E), at the foothills of Mountain Edough, in a forest zone of Eucalyptus at around 850 m west of the urban area of Sidi Achour.

### 2.3 Plant inventory

A plant inventory has been drawn up on from April 2021 to March 2022 for the region surrounding the bees' foraging area



Figure 1. Apiaries localization in Séraïdi.

over a radius of 2 km. A listing was set up chiefly for flowering plants known for their melliferous power. To do so, identification of plants was done based on the Herbarium of de Bélair (2019).

#### 2.4 Analysis of physicochemical quality of honey

##### Dosage of sugars

Determining sugars of the two local honeys was achieved by high-performance liquid chromatography (HPLC) at the analyses and beekeeping ecology laboratory C.E.T.A.M in France. The study of the other physicochemical parameters of honey was achieved at the Quality control and fraud prevention laboratory. All of the physicochemical parameters were performed in three (03) repetitions.

##### Free acidity

A few drops of phenolphthalein ( $C_{20}H_{14}O_4$  à 1%) were added to 10 gram of honey previously dissolved in 75 mL of distilled water in a beaker. We fill the burette with a sodium hydroxide solution NaOH at 0.1 N and adjust it to zero. The sample is titrated with NaOH at 0.1 N until we obtain a permanent pink color. The result is expressed in milliequivalents per kilogram of honey and determined by the following Formula 1:

$$\text{Free acidity} = (\text{Volume of } 0.1 \text{ N NaOH in ml}) \times 10 \quad (1)$$

##### pH

pH of honey was measured with a pH-meter with an immersion probe.

##### Electrical conductivity at 20 °C

Electrical conductivity of honey is measured by way of a conductivity meter. The result of which is expressed in millisiemens per centimeter ( $mS.cm^{-1}$ ).

##### Brix level

Brix and refractive index were measured using ABBE universal refractometer.

##### Water content

Water content is established by referring to the official journal (Journal Officiel de la République Algérienne, 2017), which spells out the relationship between the refractive index and the water content.

##### Ash content

Ash contents were sought according to Journal Officiel de la République Algérienne (2017) in the following way: In a capsule, we drop 5 Gram of honey and a quantity of alcohol. We put the assays in a muffle furnace during 2 hours at 500°C, then we cool them down in the desiccator (capsules containing ashes are weighed). The total ash content ( $W_{TA}$ ) is expressed in weight percent in line with the Equation 2:

$$W_{TA} = (m_3 - m_1 - m_2 - m_1) \times 100\% \quad (2)$$

Where  $m_1$ : weight in Grams of empty capsule;  $m_2$ : weight in Grams of the capsule and obtained residues after steaming.

In order to find out on a moisture-free basis, the result is multiplied by  $[100\% / 100\% - C]$  where C is water content expressed in percentage.

##### Density

Honey density was calculated according to the following equation  $[D=D_2/D_1]$  where  $D_1$  = the weight of pycnometer with distilled water – the weight of empty pycnometer;  $D_2$  = The weight of pycnometer with honey – the weight of empty pycnometer.

#### 2.5 Analyzing the antibacterial power of honey

The antibacterial activity of four honey samples was analyzed by the diffusion method. Gram+ and Gram- pathogenic bacteria were tested, two (02) food-borne bacteria: *Salmonella enteritidis* and *Enterococcus faecalis* supplied by the regional veterinary laboratory of El-Tarf along with three (03) reference strains supplied by The Pasteur Institute in Algiers: *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Bacillus cereus* ATCC 11778 and *Escherichia coli* ATCC 25922.

##### Preparing honey dilutions

For each type of honey, four (04) dilutions were prepared with sterile distilled water in order to get the following concentrations: 25% honey, 50% honey, 75% honey and 100% honey.

##### Diffusion method in agar medium

##### Preparing inoculums and seeding

In an effort to prepare a bacterial suspension, we extract some well-isolated and identical colonies from each 24 h pure culture that we seed in 5 to 10 mL of sterile physiological water at 0,9%. The prepared homogenized bacterial suspension must have an opacity that equals 05 Mac Farland or an OD of 0.08 to 0.10 read at 625 nm. Seeding must be achieved within the 15 min following the preparation of inoculums. We dip a sterile cotton swab in the bacterial suspension. We wring it out by firmly pressing it against the inner wall of the tube so as to dump as much as possible and we rub out all of the dry agar surface up and down while streaking down. We repeat this operation twice, by rotating the box each time at 60°. In case we seed several Petri dishes, the cotton swab must be reloaded every time. We apply four (04) sterile discs on each seeded agar. We add 25  $\mu$ L of each honey dilution to every disc and incubate the boxes at 37 °C during 24 hours in a bacteriological incubator.

##### Interpretation

After incubating, the diameters of inhibition areas were measured using a caliper.

### 3 Results and discussion

#### 3.1 Plant inventory of the region

The Table 1 below lists the melliferous species discovered.

As to the honey of organic quality, we have carried out a plant inventory of *Edough* where lies the beekeeping operation yard *Zeriba*. We could pinpoint 111 melliferous species; a very significant source

of nectar and pollen. These results are identical to our precedent study (Feknous et al., 2022). Our results are very close to Hamel & Boulemtafes (2017) who identified 107 species in the same region. This number of melliferous plants is higher than that of the study performed in the Algerian South-west by Laallam et al. (2011) in the light of which 66 melliferous species were spotted. The obtained results are encouraging. This can be explained by the appropriate location of the beekeeping yard. The latter, thanks to its vegetation criteria complies with the

**Table 1.** Plant inventory of the sampling area.

Common name	Latin name
Wild leek	<i>Allium ampeloprasum</i>
Rosy garlic	<i>Allium roseum</i>
Three-cornered leek	<i>Allium triquetrum</i>
Mauritania grass	<i>Ampelodesmos mauritanicus</i>
Garden anchusa	<i>Anchusa aggregate</i>
Strawberry tree	<i>Anchusa azurea</i>
Absinthe wormwood	<i>Arbatus unedo</i>
Wild asparagus	<i>Artemisia absinthium</i>
Common wild oat	<i>Asparagus acutifolius</i>
Common daisy	<i>Avena fatua</i>
Borage	<i>Bellis perennis</i>
Big quaking grass	<i>Borago officinalis</i>
Quaking grass	<i>Briza maxima</i>
Field marigold	<i>Briza media</i>
Thorny broom	<i>Calendula arvensis</i>
Clustered bellflower	<i>Calycotome spinosa</i>
Distaff thistle	<i>Campanula glomerata</i>
Honeywort	<i>Carlina gummifera</i>
Chamomile	<i>Catananche coerulea</i>
Garland chrysanthemum	<i>Cerintho major</i>
Common chicory	<i>Chamaemelum nobile</i>
Montpellier cistus	<i>Chrysanthemum coronarium</i>
Sage-leaved rock-rose	<i>Cichorium intybus</i>
Old man's beard	<i>Cistus monspeliensis</i>
Cleonia	<i>Cistus salviifolius</i>
Mallow bindweed	<i>Clematis cirrhosa</i>
Field bindweed	<i>Clematis vitalba</i>
Dwarf morning glory	<i>Cleonia lusitanica</i>
Azarole	<i>Convolvulus althaeoides</i>
Midland hawthorn	<i>Convolvulus arvensis</i>
Artichoke thistle	<i>Convolvulus tricolor</i>
Common broom	<i>Crataegus azarolus</i>
Wild carrot	<i>Crataegus laevigata</i>
Southern globethistle	<i>Cynara cardunculus</i>
Purple viper's-bugloss	<i>Cynoglossum creticum</i>
Couch grass	<i>Cytisus scoparius</i>
Redstem filaree	<i>Daucus carota</i>
African valerian	<i>Dipsacus follonum</i>
Fennel	<i>Echinops ritro</i>
	<i>Echium horridum</i>
	<i>Echium plantagineum</i>
	<i>Elytrigia repens</i>
	<i>Erodium cicutarium</i>
	<i>Fedia cornucopiae</i>
	<i>Foeniculum vulgare</i>

Table 1. Continued...

Common name	Latin name
Common fumitory	<i>Fumaria officinalis</i>
Purple milk thistle	<i>Galactites tomentosa</i>
Aulaga	<i>Genista scorpius</i>
Dovesfoot geranium	<i>Geranium molle</i>
Wood cranesbill	<i>Geranium sylvaticum</i>
Sword lily	<i>Gladiolus communis</i>
Spotted rock-rose	<i>Helianthemum guttatum</i>
Heliotropium europaeum	<i>Heliotropium europaeum</i>
Hare's-tail	<i>Lagurus ovatus</i>
Red dead-nettle	<i>Lamium purpureum</i>
Topped lavender	<i>Lavandula stoechas</i>
Narrowleaf flax	<i>Linum bienne</i>
Birdsfoot deervetch	<i>Lonicera implexa</i>
Gypsywort	<i>Lotus corniculatus</i>
Blue pimpernel	<i>Lycopus europaeus</i>
Common mallow	<i>Lysimachia foemina</i>
White horehound	<i>Malva sylvestris</i>
Yellow sweet clover	<i>Marrubium vulgare</i>
Pennyroyal	<i>Melilotus officinalis</i>
Hairy mint	<i>Mentha pulegium</i>
Common myrtle	<i>Mentha villosa</i>
Watercress	<i>Myrtus communis</i>
Basil	<i>Nasturtium officinale</i>
European olive	<i>Ocimum basilicum</i>
Spiny restharrow	<i>Olea europea subsp europea</i>
African wood-sorrel	<i>Ononis spinosa</i>
Blindeyes	<i>Oxalis pes-caprae</i>
Common poppy	<i>Papaver dubium</i>
Yellow bartsia	<i>Papaver rhoeas</i>
Pellitory-of-the-wall	<i>Parentucellia viscosa</i>
Mastic	<i>Parietaria officinalis</i>
Ribwort plantain	<i>Pistacia lentiscus</i>
Sea radish	<i>Plantago lanceolata</i>
White mignonette	<i>Raphanus raphanistrum</i>
Bridal broom	<i>Reseda alba</i>
Evergreen rose	<i>Retama monosperma</i>
Rosemary	<i>Retama raetam</i>
Blackberry	<i>Rosa sempervirens</i>
Wild clary	<i>Rosmarinus officinalis</i>
Big yellow thistle	<i>Rubus fruticosus</i>
Spanish oyster thistle	<i>Salvia verbenaca</i>
Caterpillar-plant	<i>Scolymus grandiflorus</i>
Common catchfly	<i>Scolymus hispanicus</i>
Cardus marianus	<i>Scorpiurus vermiculatus</i>
Charlock mustard	<i>Silene colorata</i>
Sarsaparille	<i>Silene gallica</i>
French honeysuckle	<i>Silybum marianum</i>
Black bryony	<i>Sinapis arvensis</i>
Common dandelion	<i>Smilax aspera</i>
Deadly carrots	<i>Solenopsis bicolor</i>
	<i>Sulla coronaria</i>
	<i>Tamus communis</i>
	<i>Taraxacum officinale</i>
	<i>Thapsia garganica</i>

Table 1. Continued...

Common name	Latin name
Conehead thyme	<i>Thymus capitatus</i>
Hop trefoil	<i>Trifolium campestre</i>
Red clover	<i>Trifolium pretense</i>
White clover	<i>Trifolium repens</i>
Roman nettle	<i>Urtica pilulifera</i>
Scallop-leaved mullein	<i>Verbascum sinuatum</i>
Scallop-leaved mullein	<i>Verbascum sinuatum</i>
Common vetch	<i>Vicia peregrina</i>
Bush vetch	<i>Vicia sativa</i>
	<i>Vicia sepium</i>

requirements put out by European Union (2021) and United State Department of Agriculture (2017a, b) for bee-keeping and the production of honey of organic quality. Indeed, many of these meliferous plants are also considered as aromatic and medicinal one's (Hamel et al., 2018; Taibi et al., 2018; Boumendjel et al., 2021; Rekioua et al., 2022), thus adding quality to the honey harvested.

### 3.2 The carbohydrate Profile of honey

The dosing results of the above-mentioned honey sugars are included in table # 2 below.

#### Monosaccharides

The average contents of fructose and glucose (Table 2) are higher than those of other identified monosaccharides (isomaltose, maltose, trehalose, turanose, erlose, melezitose and raffinose). Lobreaucallan et al. (2000) point out that honey contains higher glucose and fructose contents vis-à-vis the other monosaccharides. According to Shin & Ustunol (2005) fructose has a slight prominence than glucose in honey, indeed, fructose was at  $33.95 \pm 0.21\%$  in **Zriba** honey and at  $36.6 \pm 0.42\%$  in **Sidi Achour** honey, at  $38.8 \pm 0.2\%$  in **Elshifa** honey whereas at  $40.5 \pm 0.5\%$  in **San Francisco** honey. These rates are slightly higher than those found in glucose which respectively are at:  $33.46 \pm 0.42\%$ ,  $24.1 \pm 2.4\%$ ,  $34.2 \pm 2\%$  and at  $30.8 \pm 0.2\%$ . Total sugars levels (F+G) fluctuated from  $59.05 \pm 0.45\%$  to  $60.7 \pm 3.25\%$  for local honey and from  $71 \pm 0.7\%$  to  $73 \pm 2.2\%$  as far as imported honey are concerned.

The Codex Alimentarius (2001a) restricts at 60% total fructose and glucose, we notice that imported honey exhibited a higher total on this limit unlike local honey which remained consistent with the international standards.

**F/G ratio** displays the characteristics of some honeys. This ratio was at  $1.35 \pm 0.01$  for **Zriba** honey and  $1.52 \pm 0.12$  for **Sidi Achour** honey. The latter is richer in fructose (Polus, 2008) relative to that of **Zriba**. As to imported honey, their F/G ratio was lower than that of local honey ( $1.13 \pm 0.017$  for the Saudi honey **Elshifa** and  $1.31 \pm 0.01$  for the Spanish honey **San Francisco**).

#### Disaccharides

The sucrose content in local honey was lower at 1% against  $3.9 \pm 0.6\%$  in **Elshifa** honey and at  $4.3 \pm 0.3\%$  in **San Francisco**

honey. All honey (local or imported) meet the recommendations established by the **Codex Alimentarius** which sets a maximum limit of 5% for any type of honey and 10% for Eucalyptus honey because a high sucrose rate indicates that bees have been fed with sucrose syrup, or an early honey harvest, in which the sucrose has not been fully transformed into glucose and fructose. According To Cavia et al. (2006), maltose content was considerably greater than sucrose content. Based on the same author, when honey are pure, they often contain 2 to 3 times more (even 10 times more) of maltose than sucrose. The average maltose content found in **Zriba** honey was  $0.6 \pm 0.14\%$  whereas in **Sidi Achour** honey it was  $0.35 \pm 0.21\%$ . These contents are stronger than those of Sucrose which were 1% lower (Table 2). Maltose contents in the two imported honey (**El Shifa** and **San Francisco**) were respectively  $2.8 \pm 0.2\%$  and  $2.4 \pm 0.4\%$ , well below sucrose contents.

**Zriba** and **Sidi Achour**, **EL Shifa** and **San Francisco** honey exhibited respectively different isomaltose rates  $1.35 \pm 0.07\%$ ,  $0.95 \pm 0.49\%$ ,  $1.1 \pm 0.2\%$  and  $1.2 \pm 0.3\%$ .

Trehalose was not present in the imported honey but identified in local honey (**Zriba** and **Sidi Achour**) at these respective contents  $0.55 \pm 0.07\%$  and  $0.7\%$ . This disaccharide was spotted in Eucalyptus honey by Makhloufi et al. (2010).

**Sidi Achour** local honey contains in average the highest turanose content  $2.15 \pm 0.49\%$  in relation with samples of the other studied honeys, then comes **Elshifa** honey with an average content of  $2.02 \pm 0.2\%$ . **Zriba** local honey as well as **San Francisco**'s contained respectively:  $1.8 \pm 0.56\%$  and  $1.2 \pm 0.2\%$ .

#### Trisaccharids

The international regulation does not provide any standard for trisaccharids like erlose, raffinose and melezitose. The lowest erlose content was found in local honey **Sidi Achour** ( $0.1\%$ ), followed by **Zriba** honey ( $0.1\%$ ) with a  $0.2\%$  content, as to both imported honey, their content was  $0.3\%$  (Table 1). The carbohydrate profile showed that local honey **Zriba** ( $1.25 \pm 0.77\%$ ) and **Sidi Achour** ( $0.7 \pm 0.28\%$ ) carry higher raffinose contents than that of imported honey **Elshifa** ( $0.2 \pm 0.02\%$ ) and some traces in **San Francisco** honey. Regarding melezitose, it was not detected in imported honey yet this trisaccharid was present in

local honey at 0.6% in *Zriba* honey while  $0.35 \pm 0.07\%$  in *Sidi Achour* honey (Table 1).

### 3.3 Physicochemical parameters:

The results of the various studied physicochemical parameters are broken down in Table 3.

#### pH

According to Mbogning et al. (2011), nectar honey have pH ranging from 3.5 to 4.5 while those of honeydew lie between 5 to 5.5. pH values of all studied honey were acid, the average value was 4.07 (*Elshifa*),  $4.07 \pm 0.12$  (*Zriba*), 4.25 (*Sidi Achour*) and  $4.06 \pm 0.12$  (*San Francisco*). Ibrahim Khalil et al. (2012) indicate that honey is naturally acid irrespective of its geographical origin. This is likely related to the presence of organic acids that contribute to its flavor and stability against microbial spoilage.

#### Free acidity

As per the Codex Alimentarius (2001a) free acidity must be lower than  $50 \text{ méq.kg}^{-1}$ , our honey samples showed a free acidity within the standards. All values were less than  $50 \text{ méq.kg}^{-1}$ . *Sidi Achour* honey displayed a slightly elevated free acidity ( $36.66 \pm 0.57 \text{ méq.kg}^{-1}$ ) in comparison to *Zriba* honey which was  $36 \pm 13 \text{ méq.kg}^{-1}$ , followed by *Elshifa* valued at  $20 \text{ méq.kg}^{-1}$ . The lowest value was *San Francisco's* ( $7 \text{ méq.kg}^{-1}$ ). Acidity of local

honey was thus not artificially modified (Lobreau-Callen et al., 2000; Feknous et al., 2021). Honey's natural acidity goes up when honey ages and whenever it is altered by fermentation (Schweitzer, 2004).

#### Electrical conductivity

According to Zerrouk et al. (2014), honey's electrical conductivity is closely associated with the concentration of mineral salts, organic acids and proteins. It is regarded as a high variability parameter based on the floral engine and one of the best differentiation parameters between all types of flowers honey and honey dew. *Sidi Achour* honey displayed a higher electrical conductivity value of ( $6.9 \text{ mS.cm}^{-1}$ ) than that of *Zriba* ( $5.66 \text{ mS.cm}^{-1}$ ). Imported honeys (*Elshifa* and *San Francisco*) appeared to present a lower electrical conductivity estimated at 2.74 and at  $2.65 \text{ mS.cm}^{-1}$  respectively. The maximum limit recommended by the European standards is  $0.8 \text{ mS/cm}$  (Official Journal of the European Communities, 2001).

The electrical conductivity is all the higher than honey is rich in ionisable substances like mineral matter (Lobreau-Callen et al., 2000).

#### Brix level

We notice that low altitude honey *Sidi Achour* contains a higher dry matter rate (80.7%) than that of the high altitude *Zriba* having a value of 78.83%. Both imported honey revealed

**Table 2.** HPLC profile of glucid percentage (n=3).

Sugars (%)	<i>Zriba</i>	<i>Sidi Achour</i>	<i>Elshifa</i> (Amri et al., 2007)	<i>San Francisco</i> (Amri et al., 2007)
Fructose	$33.95 \pm 0.21$	$36.6 \pm 0.42$	$38.8 \pm 0.2$	$40.5 \pm 0.5$
Glucose	$33.46 \pm 0.42$	$24.1 \pm 2.4$	$34.2 \pm 2$	$30.8 \pm 0.2$
Sucrose	<1	<1	$3.9 \pm 0.6$	$4.3 \pm 0.3$
Isomaltose	$1.35 \pm 0.07$	$0.95 \pm 0.49$	$1.1 \pm 0.2$	$1.2 \pm 0.3$
Maltose	$0.6 \pm 0.14$	$0.35 \pm 0.21$	$2.8 \pm 0.2$	$2.4 \pm 0.4$
Melibiose	NI	NI	NI	NI
Trehalose	$0.55 \pm 0.07$	$0.7 \pm 0.0$	NI	NI
Turanose	$1.8 \pm 0.56$	$2.15 \pm 0.49$	$2.02 \pm 0.2$	$1.2 \pm 0.2$
Erlose	$0.2 \pm 0$	$0.1 \pm 0.0$	$0.3 \pm 0.05$	$0.3 \pm 0.03$
Melezitose	$0.6 \pm 0$	$0.35 \pm 0.07$	NI	NI
Raffinose	$1.25 \pm 0.77$	$0.7 \pm 0.28$	$0.2 \pm 0.02$	TRACES
F/G	$1.35 \pm 0.01$	$1.52 \pm 0.12$	$1.13 \pm 0.017$	$1.31 \pm 0.01$
F+G	$59.05 \pm 0.45$	$60.7 \pm 3.25$	$73 \pm 2.2$	$71 \pm 0.7$

**Table 3.** Physicochemical parameters for studied honeys (n=3).

Parameters	<i>Zriba</i>	<i>Sidi Achour</i>	<i>Elshifa</i>	<i>San Francisco</i>
Acidity	$36 \pm 13$	$36.66 \pm 0.57$	$20 \pm 0.0$	$7 \pm 0.0$
pH	$4.07 \pm 0.12$	$4.25 \pm 0.0$	$4.07 \pm 0.0$	$4.06 \pm 0.12$
Conductivity 20°C	$5.66 \pm 0.0$	$6.9 \pm 0.0$	$2.74 \pm 0.0$	$2.65 \pm 0.17$
Brix	$78.83 \pm 0.15$	$80.7 \pm 0.60$	$80.33 \pm 0.15$	$80.63 \pm 0.11$
Refractive index	$1.48 \pm 2.71$	$1.49 \pm 0.001$	$1.49 \pm 0.0003$	$1.49 \pm 0.0002$
Moisture content	$19.4 \pm 0.0$	$17.86 \pm 0.57$	$17.93 \pm 0.2$	$17.66 \pm 0.11$
Ash content	$0.41 \pm 0.08$	$0.76 \pm 0.07$	$0.25 \pm 0.038$	$0.72 \pm 0.57$
Density	1.4031	1.4206	1.4179	1.3934

a slightly lower Brix level to local honey: *Elshifa* (80.33%) and *San Francisco* (80.63%).

#### Density

Our samples provided varying density values ranging from 1.39 (*San Francisco*) to 1.42 (*Sidi Achour*). These density values are within the standards since for an average moisture content of 17.2% at 20 °C, the average density is 1.42 and usually varies from 1.39 to 1.44 depending on the type of analyzed honey (Lobreau-Callen et al., 2000).

#### Moisture content

Moisture content is closely linked to the quality of honey, its viscosity, its crystallization, its fermentation and its flavor (Nombré et al., 2010). According to Tchoumboue et al. (2001), high moisture contents arise from a premature harvest or a lack of stabilization of the postharvest produce. The average moisture content of *Zriba* honey was at 19.4%; *Sidi Achour's* was 18.00%, *Elshifa* 17.93% and *San Francisco* 17.66%. Moisture contents of our honey are 20% lower than the maximum limit recommended by the Codex Alimentarius (2001a).

#### Refractive Index

The two local honeys (*Zriba* and *Sidi Achour*) had respectively the following refractive indexes: 1.4880 and 1.4918. Imported honey showed the same average value of the refractive index rated at 1.49. These values remain within the standards since as per Lobreau-Callen et al. (2000); the refractive index varies

with temperature and moisture content from 1.4915 to 1.5041 for moisture content from 13 to 18%.

#### Ash content

With regards to local honey, the ash content of the analyzed samples fluctuated from 0.41 (*Zriba*) to 0.76% (*Sidi Achour*). The ash content of the imported honey varied from 0.25% (*Elshifa*) to 0.72% Nanda et al. (2003), report that the standard threshold for ash content of nectar honey is 0.6%. The findings are consistent with the authorized limit set by the Codex Alimentarius (2001a). *San Francisco* honey and *Sidi Achour* honey registered respectively higher ash contents than the standard.

#### 3.4 Antibacterial activity

The antimicrobial potential of honey depends on several factors like: floral source (Latifa et al., 2020), acid pH (Abdulrhman et al., 2013), high sugar concentration (Belhaj et al., 2015), Hydrogen peroxide (Chua et al., 2015), Methylglyoxal (Daniels et al., 2016), defensin (Ilyasov et al., 2012), phenolic acids (Kwakman & Zaat, 2012), flavonoids (Couquet et al., 2013), lysozyme (Bruneau, 2006) and volatile compounds (Abd El-Moaty, 2010).

The results of *in vitro* evaluation of antibacterial activity for local and imported honey samples in the presence of Gram+ and Gram – bacteria by the diffusion method in agar media are summarized in Table 4 below.

Al-Hasani (2018) have shown that diameters of inhibiting areas in bacteria diminish gradually as honey concentrations drop. *Sidi Achour* 100% pure honey had an inhibiting action

**Table 4.** Antibacterial activity for local and imported honey samples.

Honey at 100%	<i>Zriba</i>	<i>Sidi Achour</i>	<i>San Francisco</i>	<i>Elshifa</i>
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	26.33 ± 1.52	24 ± 6.08	25.66 ± 4.16	26 ± 5.56
<i>Salmonella enteritidis</i>	26.33 ± 7.37	26.33 ± 1.15	29.33 ± 2.51	25.00 ± 2.00
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	20.33 ± 3.05	19.66 ± 0.57	15.33 ± 9.01	11.33 ± 6.65
<i>Bacillus cereus</i> ATCC 11778	7.66 ± 2.88	13.33 ± 8.73	8.33 ± 1.52	8.66 ± 2.30
<i>Enterococcus faecalis</i>	14.66 ± 3.51	15.00 ± 1	8.00 ± 2.00	7.66 ± 2.08
Honey at 75%	<i>Zriba</i>	<i>Sidi Achour</i>	<i>San Francisco</i>	<i>Elshifa</i>
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	20.66 ± 1.15	17.00 ± 2.16	17.00 ± 2.00	22.00 ± 6.17
<i>Salmonella enteritidis</i>	19.66 ± 4.93	19.00 ± 1.63	21.33 ± 5.13	20.33 ± 6.15
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	15.00 ± 2.00	11.00 ± 0.81	12.33 ± 5.68	12.00 ± 6.08
<i>Bacillus cereus</i> ATCC 11778	6.33 ± 0.57	9.33 ± 4.71	6.00 ± 0.00	6.33 ± 6.21
<i>Enterococcus faecalis</i>	11.33 ± 4.16	11.33 ± 1.24	7.00 ± 1.73	6.66 ± 0.00
Honey at 50%	<i>Zriba</i>	<i>Sidi Achour</i>	<i>San Francisco</i>	<i>Elshifa</i>
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	14.66 ± 3.78	11.33 ± 0.57	9.66 ± 3.21	17.66 ± 4.71
<i>Salmonella enteritidis</i>	11.33 ± 5.03	12.33 ± 3.05	13.00 ± 6.24	15.66 ± 2.35
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	10.66 ± 1.52	6.33 ± 0.57	8.66 ± 4.61	9.00 ± 2.44
<i>Bacillus cereus</i> ATCC 11778	6.00 ± 0.00	7.66 ± 2.88	6.00 ± 0.00	6.00 ± 0.00
<i>Enterococcus faecalis</i>	8.33 ± 4.04	9.00 ± 2.64	6.66 ± 1.15	6.00 ± 0.00
Honey at 25%	<i>Zriba</i>	<i>Sidi Achour</i>	<i>San Francisco</i>	<i>Elshifa</i>
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	10.33 ± 5.13	7.33 ± 2.30	6.00 ± 0.00	12.33 ± 5.50
<i>Salmonella enteritidis</i>	7.00 ± 1.73	6.33 ± 0.57	9.00 ± 3.60	9.33 ± 4.93
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	6.33 ± 0.57	6.00 ± 0.00	6.00 ± 0.00	7.33 ± 2.30
<i>Bacillus cereus</i> ATCC 11778	6.00 ± 0.00	6.66 ± 1.15	6.00 ± 0.00	6.00 ± 0.00
<i>Enterococcus faecalis</i>	7.33 ± 2.30	7.66 ± 2.88	6.00 ± 0.00	6.00 ± 0.00

on the growth of all the tested strains, this inhibitive action was observed at 75% concentration of the same honey on *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis*, *Staphylococcus aureus* and *Enterococcus faecalis*, except *Bacillus cereus* ( $9.33 \pm 4.71$  mm).

At 50% concentration, this honey has no longer any inhibitive effect on the growth of Gram+ bacteria: *S. aureus*, *B. cereus* and *E. faecalis* which displayed respectively the following diameters:  $6.33 \pm 0.57$  mm,  $7.66 \pm 2.88$  mm and  $9 \pm 2.64$  mm. At 25% concentration, all Gram- et Gram+ bacteria have given small diameters of around  $7.33 \pm 2.30$  mm,  $6.33 \pm 0.57$  mm,  $6 \pm 0$  mm,  $6.66 \pm 1.15$  mm and  $7.66 \pm 2.88$  mm (Table 4). Overall, the obtained results show that almost all types of honey had an inhibiting effect on the growth of bacterial strains when their concentrations were high at 75% and at 100%. Many studies through the word demonstrated the antibacterial efficiency of honey (Bueno-Costa et al., 2016). This effect is reduced when honey concentrations drop to 50% and at 25%. Indeed, *Elshifa* 100% pure honey had an inhibitive action on the growth of three bacteria (Table 4): *E. coli* ( $26.00 \pm 5.56$  mm), *Salmonella enteritidis* ( $25.00 \pm 2.00$  mm) and *S. aureus* ( $11.33 \pm 6.65$  mm). At 75% concentration, the measured diameters were respectively  $22.00 \pm 6.17$  mm,  $20.33 \pm 6.15$  mm and  $12.00 \pm 6.08$ mm. The reference strain *S. aureus* along with *San Francisco* honey recorded greater diameters than those posted by *Elshifa* honey ( $15.33 \pm 9.01$  for 100% and  $12.33 \pm 5.68$  mm for 75%). On *Elshifa* honey, these enterotoxigenic bacteria showed a diameter of  $9.00 \pm 2.44$  mm at 50% concentration and a diameter of  $7.33 \pm 2.30$  mm at 25% concentration of the same honey. Many authors outlined in their researches honey's antibacterial activity on staphylococci. According to Nagi et al. (2009), honey is an effective bactericide to fight against resistant bacteria like *S. aureus* methicillin-resistant (**SARM**). Grecka et al. (2018) found that honey produced by Polish apiaries can be used as an alternative agent for treating staphylococcal infections. Wadi & Geregandi (2020) demonstrated that the growth of this Gram+ was strongly inhibited after a topical application of honey on an infected wound by this bacterial pathogen. All of the tested honey (*San Francisco*, *Elshifa*, *Zriba* and *Sidi Achour*) had an inhibitive effect against this pathogenic germ to high concentrations (75% and 100%), and *Zriba* honey as well at 50%.

*Bacillus cereus* is a bacterium involved in food-borne diseases and food poisoning. It secretes several virulence factors like: Enterotoxins, hemolysins and phospholipases (Kilcullen et al., 2016). In addition to the ground, we find microorganisms in the insects'intestines (Swiecicka & Mahillon, 2006), in the meals-ready-to-eat and rice (Altayar & Sutherland, 2006). Based on our results, only the 100% concentrated *Sidi Achour* local honey had an inhibiting effect on this food-borne pathogen with a diameter of  $13.33 \pm 8.73$  mm.

Enterococci are responsible of skin infections, soft tissues and surgical wounds in intensive care units (Arias & Murray, 2012). *Enterococcus faecalis* was sensitive to two local honeys (*Zriba* and *Sidi Achour*) at 100% and 75% concentrations.

Imported honey (*San Francisco* and *Elshifa*) did not impact its growth regardless of the tested concentrations.

Table 3 shows the inhibiting effect of imported honey (*San Francisco*) on the growth of *Salmonella enteritidis* with diameters  $29.33 \pm 2.51$  mm (100%),  $21.33 \pm 5.13$  mm (75%),  $13.00 \pm 6.24$  mm (50%).

*Salmonella* is a food-borne bacterium, most involved in food intoxications worldwide (Eng et al., 2015; Rajan et al., 2017).

Food-borne infections caused by this disease-causing agent have not seen their number decrease during the last 15 years (Chen et al., 2017). The two local honeys (*Zriba* and *Sidi Achour*) along with imported honey (*Elshifa* and *San Francisco*) had an inhibiting effect on this pathogenic bacterium in the three concentrations 50%, 75% and 100%. Our findings are similar to those that Hussain et al. (2015) came up with when testing Pakistani honey, by Sowa et al. (2017) with Polish honey, by Hegazi Ahmed et al. (2020) with honey coming from Saudi Arabia and by Cilia et al. (2020) with honey from Ukraine.

*San Francisco* honey concentrated at 25% and at 50% did not have any inhibitive effect on *E. coli* as opposed to the strong 75% and 100% concentrations.

Several researchers like Adebolu (2005), Sherlock et al. (2010), Voidarou et al. (2011), Belhaj et al. (2016), Hegazi et al. (2017), Matzen et al. (2018) and Hegazi Ahmed et al. (2020) revealed in their works the antibacterial potential of several honey against *E. coli*. The same thing was noticed in our study: All types of tested honey had an inhibitive effect on the growth of this Gram- in the three concentrations 100%, 75% and 50%. This germ was inhibited as well by both honey *Zriba* and *Elshifa* concentrated at 25%.

All of the tested Gram + and Gram- bacteria were sensitive to *Zriba* local honey concentrated at 100% and 75%, except *B. cereus* that showed respectively a diameter of  $7.66 \pm 2.88$  mm and  $6.33 \pm 0.57$  mm (Table 3).

At 50% concentration, *Zriba* local honey did not inhibit *B. cereus* and *E. faecalis* which disclosed a resistance with respectively diameters  $6.00 \pm 0.00$  mm and  $8.33 \pm 4.04$  mm.

This diluted honey at 25% seems to have an inhibiting effect only on: *E. coli* with a diameter of  $10.33 \pm 5.13$  mm.

This diameter was greater than the other bacteria which recorded  $7 \pm 1.73$  mm for *Salmonella enteritidis*,  $6.33 \pm 0.57$  mm for *S. aureus*,  $6.00 \pm 0.00$  mm for *B. cereus* and  $7.33 \pm 2.30$  mm for *E. faecalis*.

#### 4 Conclusion

Audit results enabled to assert that *Zriba* apiaries bring forward a very encouraging overall compliance before the prescriptive regulation of organic production used in reference thanks to its geographical situation and management approach. The physicochemical, organic quality along with an assessment of the antibacterial activity of the two local honeys harvested at the municipality of Séraïdi located at the North-East of Algeria and two imported honey available in the Algerian market were studied. The physicochemical parameters disclosed that all types of honey were acid, that the free acidity of local honey was within the standards and far greater to that of imported honey. The

findings also showed that Brix values, refractive index, moisture content in all honey were compliant with the international standards. *Sidi Achour* honey was denser compared to the other analyzed honey. Ash content of the same local honey and that of imported honey *San Francisco* were higher than that of *Zriba* and *Elshifa* honey. The carbohydrate profile showed indicated that all honey had sucrose content within the standards, that local honey contained trehalose and melezitose. These honeys were richer in fructose and raffinose and that the F+G rates and maltose were consistent with the standards relative to imported honey. *Sidi Achour* local honey contained the highest average content of turanose vis-à-vis the samples of the other honey. The study of *in vitro* antibacterial activity disclosed that both local honey (*Zriba* and *Sidi Achour*) together with the two imported honey (*Elshifa* and *San Francisco*) had an inhibitive effect on: *Salmonella enteritidis*, *E. coli* at three concentrations 50%, 75% and 100%; *S. aureus* in two concentrations 75% and 100%; *E. faecalis* sensitive only to two local honey at 100% and 75% whereas imported honey did not impact its growth at the four tested concentrations. As to *B. cereus*, only 100% pure local honey *Sidi Achour* had an inhibitive effect on this food-borne pathogen with a diameter of  $13.33 \pm 8.73$  mm. We can conclude that local honey were richer in sugars with physicochemical parameters within the standards, more active and evidenced an inhibitive effect against the tested germs in comparison with imported honey.

#### Conflict of interest

Authors declare that they have no conflict of interest.

#### Acknowledgements

The present work was supported by DGRSDT (General Directorate of Scientific Research and Technological Development, Algeria).

#### References

- Abd El-Moaty, H. I. (2010). Essential oil and iridoide glycosides of *Nepeta septemcrenata* Erenb. *Journal of Natural Products*, 3, 103-111.
- Abdulrhman, M. M., El-Hefnawy, M. H., Aly, R. H., Shatla, R. H., Mamdouh, R. M., Mahmoud, D. M., & Mohamed, W. S. (2013). Metabolic effects of honey in type 1 diabetes mellitus: a randomized crossover pilot study. *Journal of Medicinal Food*, 16(1), 66-72. <http://dx.doi.org/10.1089/jmf.2012.0108>. PMID:23256446.
- Adebolu, T. (2005). Effect of natural honey on local isolates of diarrhea-causing bacteria in south western Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, 4(5), 1172-1174.
- Al-Hasani, H. M. H. (2018). Study antibacterial activity of honey against some common species of pathogenic bacteria. *Iraqi Journal of Science*, 59(1A), 30-37.
- Almasaudi, S. B., Al-Nahari, A. A., Abd El-Ghany, E. S. M., Barbour, E., Al Muhayawi, S. M., Al-Jaouni, S., Azhar, E., Qari, M., Qari, Y. A., & Harakeh, S. (2017). Antimicrobial effect of different types of honey on *Staphylococcus aureus*. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 24(6), 1255-1261. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.08.007>. PMID:28855819.
- Altayr, M., & Sutherland, A. D. (2006). *Bacillus cereus* is common in the environment but emetic toxin producing isolates are rare. *Journal of Applied Microbiology*, 100(1), 7-14. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2672.2005.02764.x>. PMID:16405680.
- Al-Waili, N. S., Saloom, K. Y., Akmal, M., Al-Waili, F., Al-Waili, T. N., Al-Waili, A. N., & Ali, A. (2006). Honey ameliorates influence of hemorrhage and food restriction on renal and hepatic functions, and hematological and biochemical variables. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 57(5-6), 353-362. <http://dx.doi.org/10.1080/09637480600802371>. PMID:17135025.
- Amri, A., Ladjama, A., & Ali, T. (2007). Etude de quelques miels produits à l'est Algérien: aspect physico-chimique et biochimique. *Revue de Synthèse*, 17, 57-63.
- Arias, C. A., & Murray, B. E. (2012). The rise of the Enterococcus: beyond vancomycin resistance. *Nature Reviews: Microbiology*, 10(4), 266-278. <http://dx.doi.org/10.1038/nrmicro2761>. PMID:22421879.
- Belhaj, O., El Abbadi, I., & Ouchbani, T. (2016). Contribution à l'étude de l'activité antibactérienne du miel naturel d'origine marocaine. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 4(3), 12-22.
- Belhaj, O., Oumato, J., & Zrira, S. (2015). Etude physico-chimiques de quelques types de miels marocains. *Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc*, 3(3), 71-75.
- Boumendjel, M., Bouchecker, A., Feknous, S., Taibi, F., Rekioua, N., Bouzeraa, N., Chibi, A., Feknous, N., Baraoui, A., N'har, S., Toubal, A., Taguida, A., Zaidi, H., Sekiou, O., Bouziane, I., Metai, A., Bouaziz, M., Bensehhou, A., Boumendjel, A., & Messarah, M. (2021). Adaptogenic activity of *Cinnamomum camphora*, *Eucalyptus globulus*, *Lavandula stoechas* and *Rosmarinus officinalis* essential oil used in North-African folk medicine. *Cellular and Molecular Biology*, 67(2), 83-88. <http://dx.doi.org/10.14715/cmb/2021.67.2.12>. PMID:34817335.
- Brudzynski, K., & Lannigan, R. (2012). Mechanism of honey bacteriostatic action against MRSA and VRE involves hydroxyl radicals generated from honey's hydrogen peroxide. *Frontiers in Microbiology*, 3, 36. <http://dx.doi.org/10.3389/fmicb.2012.00036>. PMID:22347223.
- Bruneau, E. (2006). Antibiotiques dans le miel. *Abeille & Cie.*, 110, 26-28.
- Buba, F., Gidado, A., & Shugaba, A. (2013). Analysis of biochemical composition of honey samples from North-East Nigeria. *Biochemistry and Analytical Biochemistry*, 2(3), 139.
- Bucekova, M., Jardekova, L., Juricova, V., Bugarova, V., Di Marco, G., Gismondi, A., Leonardi, D., Farkasovska, J., Godocikova, J., Laho, M., Kludiny, J., Majtan, V., Canini, A., & Majtan, J. (2019). Antibacterial activity of different blossom honeys: new findings. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 24(8), 1573. <http://dx.doi.org/10.3390/molecules24081573>. PMID:31010070.
- Bueno-Costa, F. M., Zambiasi, R. C., Bohmer, B. W., Chaves, F. C., Silva, W. P. D., Zanusso, J. T., & Dutra, I. (2016). Antibacterial and antioxidant activity of honeys from the state of Rio Grande do Sul, Brazil. *Lebensmittel-Wissenschaft + Technologie*, 65, 333-340. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2015.08.018>.
- Cavia, M. M., Fernández-Muiño, M. A., Alonso-Torre, S. R., Moreno, G., & Mato, I. (2006). An attempt to establish reliable « Best before » dates for honeys originating in both continental and oceanic climates. *Apiacta*, 41, 86-98.
- Chen, I. H., Horikawa, S., Bryant, K., Riggs, R., Chin, B. A., & Barbaree, J. M. (2017). Bacterial assessment of phage magnetoelastic sensors for *Salmonella enterica* Typhimurium detection in chicken meat. *Food Control*, 71, 273-278. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.07.003>.
- Chua, L. S., Lee, J. Y., & Chan, G. F. (2015). Characterization of the proteins in honey. *Analytical Letters*, 48(4), 697-709. <http://dx.doi.org/10.1080/00032719.2014.952374>.

- Cilia, G., Fratini, F., Marchi, M., Sagona, S., Turchi, B., Adamchuk, L., Felicioli, A., & Kačániová, M. (2020). Antibacterial activity of honey samples from Ukraine. *Veterinary Sciences*, 7(4), 181. <http://dx.doi.org/10.3390/vetsci7040181>. PMID:33233581.
- Codex Alimentarius. (2001a). *Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires (commission du Codex Alimentarius): rapport de la trente-troisième session du comité du codex sur l'hygiène alimentaire (ALINORM 01/13A)*. Organisation Mondiale de la Santé. Retrieved from <https://www.fao.org/3/x8735f/x8735f.pdf>
- Codex Alimentarius. (2001b). *Standard for honey: codex standard 12-1981: revised codex standard for honey, standards and standard methods*. Organisation Mondiale de la Santé. Retrieved from [https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B12-1981%252FCXS\\_012e.pdf](https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B12-1981%252FCXS_012e.pdf)
- Couquet, Y., Desmoulière, A., & Rigal, M. L. (2013). Les propriétés antibactériennes et cicatrisantes du miel. *Actualités Pharmaceutiques*, 52(531), 22-25. <http://dx.doi.org/10.1016/j.actpha.2013.10.005>.
- Daniels, B. J., Pricj, G., Meidinger, S., Loomes, K. M., Stephens, J. M., Schlothauer, R. C., Furkert, D. P., & Brimble, M. A. (2016). Isolation, structural elucidation, and synthesis of leperidine from mānuka (*Leptospermum scoparium*) Honey. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(24), 5079-5084. <http://dx.doi.org/10.1021/acs.jafc.6b01596>. PMID:27210444.
- de Béclair. (2019). *Herbier GdB*. Retrieved from <https://gdebclair.com/>.
- Desmoulière, A. (2013). Le miel, de remarquables propriétés cicatrisantes. *Actualités Pharmaceutiques*, 531(531), 17. <http://dx.doi.org/10.1016/j.actpha.2013.10.003>.
- Dinkov, D. (2017). Perspection of Royal Jelly and Bee Honey as new antibacterial therapy agents of hospital infections. *J. Clin. Path. Labe Med.*, 1(1), 5-8.
- El Sohaimy, S. A., Masry, S. H. D., & Shehata, M. G. (2015). Physicochemical characteristics of honey from different origins. *Annals of Agricultural Science*, 60(2), 279-287. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aos.2015.10.015>.
- Eng, S., Pusparrajah, P., Ab Mutalib, N., Ser, H., Chan, K., & Lee, L. (2015). Salmonella: a review on pathogenesis, epidemiology and antibiotic resistance. *Frontiers in Life Science*, 8(3), 284-293. <http://dx.doi.org/10.1080/21553769.2015.1051243>.
- Erejuwa, O. O., Sulaiman, S. A., Wahab, M. S., Salam, S. K., Salleh, M. S., & Gurtu, S. (2012). Hepatoprotective effect of tualang honey supplementation in streptozotocin-induced diabetic rats. *International Journal of Applied Research in Natural Products*, 2012(4), 37-41.
- European Union (2021). *Beekeeping sector: results of the pilot study on honey bee selection*. Retrieved from [https://agriculture.ec.europa.eu/news/beekeeping-sector-results-pilot-study-honey-bee-selection-2022-03-15\\_en](https://agriculture.ec.europa.eu/news/beekeeping-sector-results-pilot-study-honey-bee-selection-2022-03-15_en)
- Feknous, N., & Boumendjel, M. (2022). Natural bioactive compounds of honey and their antimicrobial activity. *Czech Journal of Food Sciences*, 40(3), 163-178. <http://dx.doi.org/10.17221/247/2021-CJFS>.
- Feknous, N., Douaoui, G., Hafafni, N., Chettoum, A., Mekhancha, D. E., Boudida, Y., & Boumendjel, M. (2021). Benchmarking of collected honeys from El-Tarf, Ain Karma, Bouhadjar & Zitouna (department of El-Tarf, North east, Algeria). *PhytoChem and BioSub Journal*, 15(1), 238-246.
- Feknous, N., Ouchene, L. L., Boumendjel, M., Mekhancha, D. E., Boudida, Y., Chettoum, A., Boumendjel, A., & Messarah, M. (2022). Local honey goat milk yoghurt production. Process and quality control. *Food Science and Technology (Campinas)*, 42, 1-10. <http://dx.doi.org/10.1590/ftst.26621>.
- Grecka, K., Kuś, P. M., Worobo, R. W., & Szweida, P. (2018). Study of the anti-staphylococcal potential of honeys produced in northern Poland. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 23(2), 260. <http://dx.doi.org/10.3390/molecules23020260>. PMID:29382105.
- Gregório, A., Galhardo, D., Sereia, M. J., Wielewski, P., Gavazzoni, L., Santos, I. F., Sangaleti, G. S. S. G. M. G., Cardoso, E. C., Bortoti, T. L., Zanatta, L. A., Gonçalves, L. M., Suzin, M. A., Santos, A. A., & Toledo, V. D. A. A. (2020). Antimicrobial activity, physical-chemical and activity antioxidant of honey samples of *Apis mellifera* from different regions of Paraná, Southern Brazil. *Food Science and Technology (Campinas)*, 41(Suppl. 2), 583-590. <http://dx.doi.org/10.1590/ftst.32820>.
- Gregório, A., Galhardo, D., Sereia, M. J., Wielewski, P., Gavazzoni, L., Santos, I. F., Sangaleti, G. S. S. G. M. G., Cardoso, E. C., Bortoti, T. L., Zanatta, L. A., Gonçalves, L. M., Suzin, M. A., Santos, A. A., & Toledo, V. D. A. A. (2021). Antimicrobial activity, physical-chemical and activity antioxidant of honey samples of *Apis mellifera* from different regions of Paraná, southern Brazil. *Food Science and Technology (Campinas)*, 41(Suppl. 2), 583-590. <http://dx.doi.org/10.1590/ftst.32820>.
- Hamel, T., & Boulemtafes, A. (2017). Plantes butinées par les abeilles à la péninsule de l'Edough (Nord-Est algérien). *Livestock Research for Rural Development*, 29(9), 1-13.
- Hamel, T., Zaafour, M., & Boumendjel, M. (2018). Ethnomedical knowledge and traditional uses of aromatic and medicinal plants of the wetlands complex of the guerbes-sanhadja plain (Wilaya of Skikda in Northeastern Algeria). *Herbal Medicine.*, 4(1), 1-9. <http://dx.doi.org/10.21767/2472-0151.100035>.
- Hammond, E. N., Duster, M., Musuuza, J. S., & Safdar, N. (2016). Effect of United States Buckwheat honey on antibiotic-resistant hospital acquired pathogens. *The Pan African Medical Journal*, 25, 212. <http://dx.doi.org/10.11604/pamj.2016.25.212.10414>. PMID:28292167.
- Hegazi Ahmed, G., Al Guthami Faiz, M., Al Gethami Ahmed, F. M., & Fouad Ehab, A. (2020). Antibacterial and Antioxidant Activities of Some Saudi Arabia Honey Products. *Majallah-i Mikrub/Shinasi-i Pizishki-i Iran*, 14(5), 490-500. <http://dx.doi.org/10.30699/ijmm.14.5.490>.
- Hegazi, A. G., Al Guthami, F. M., Al Gethami, A. F., Allah, F. M. A., Saleh, A. A., & Fouad, E. A. (2017). Potential antibacterial activity of some Saudi Arabia honey. *Veterinary World*, 10(2), 233-237. <http://dx.doi.org/10.14202/vetworld.2017.233-237>. PMID:28344408.
- Hussain, M. B., Hannan, A., Akhtar, N., Fayyaz, G. Q., Imran, M., Saleem, S., & Qureshi, I. A. (2015). Evaluation of the antibacterial activity of selected Pakistani honeys against multi-drug resistant *Salmonella typhi*. *Complementary and Alternative Medicine*, 15(1), 32. <http://dx.doi.org/10.1186/s12906-015-0549-z>. PMID:25880671.
- Ibrahim Khalil, M. D., Moniruzzaman, M., Boukraa, L., Benhanifia, M., Asiful Islam, M. D., Nazmul Islam, M. D., Sulaiman, S. A., & Hua Gan, S. (2012). Physicochemical and antioxidant properties of algerian honey. *Journal Molecules*, 17(9), 11199-11215. <http://dx.doi.org/10.3390/molecules170911199>. PMID:22996344.
- Ilyasov, R. A., Gaifullina, L. R., Saltykova, E. S., Poskryakov, A. V., & Nikolenko, A. G. (2012). Review of the expression of antimicrobial peptide defensin in honey bees *Apis mellifera* L. *Journal of Apicultural Science*, 56(1), 115-124. <http://dx.doi.org/10.2478/v10289-012-0013-y>.
- Journal Officiel de la République Algérienne – JORA. (2017). *Arrêté du 24 octobre 2017 rendant obligatoire la méthode de détermination des cendres totales dans les épices*. Retrieved from <https://www.joradp.dz/ftp/jo-francais/2018/f2018003.pdf>
- Kilcullen, K., Teunis, A., Popova, T. G., & Popov, S. G. (2016). cytotoxic Potential of *Bacillus cereus* Strains ATCC 11778 and 14579 against human lung epithelial cells under microaerobic growth conditions.

- Frontiers in Microbiology*, 7, 69. <http://dx.doi.org/10.3389/fmicb.2016.00069>. PMID:26870026.
- Kwakman, P. H., & Zaat, S. (2012). Antibacterial components of honey. *IUBMB Life*, 64(1), 48-55. <http://dx.doi.org/10.1002/iub.578>. PMID:22095907.
- Laallam, H., Boughediri, L., & Bissati, S. (2011). Inventaire des Plantes Mellifères du Sud Ouest Algérien. *Revue Synthèse*, 23(C), 81-89.
- Latifa, H., Saada, A., & Arezki, M. (2020). Antimicrobial potential of ziziphus and euphorbia honeys harvested in semi-arid region of Algeria and their possible use in soft medicine. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 9(6), 1114-1118. <http://dx.doi.org/10.15414/jmbfs.2020.9.6.1114-1118>.
- Lobreau-Callen, D., Clément, M. C., & Marmion, V. (2000). Les miels. *Techniques de l'ingénieur*, TIB432DUO, f7000. Retrieved from <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/procedes-chimie-bio-agro-th2/filiere-de-production-produits-dorigine-animale-42432210/les-miels-f7000/>
- Makhloufi, C., Kerkvliet, J. D., D'Albore, G. R., Choukri, A., & Samar, R. (2010). Characterization of Algerian honey by palynological and physico-chemical methods. *Apidologie*, 41(5), 509-521. <http://dx.doi.org/10.1051/apido/2010002>.
- Martinotti, S., & Ranzato, E. (2018). Review honey, wound repair and regenerative medicine. *Journal of Functional Biomaterials*, 9(2), 34. <http://dx.doi.org/10.3390/jfb9020034>. PMID:29738478.
- Matzen, R. D., Leth-Espensen, J. Z., Jansson, T., Nielsen, D. S., Lund, M. N., & Matzen, S. H. (2018). The antibacterial effect *in vitro* of honey derived from various danish flora. *Dermatology Research and Practice*, 2018, 7021713. <http://dx.doi.org/10.1155/2018/7021713>. PMID:30018636.
- Mbogning, E., Tchoumboue, J., Damesse, F., Sanou Sobze, M., & Canini, A. (2011). Caractéristiques physico-chimiques des miels de la zone Soudano-guinéenne de l'Ouest et de l'Adamaoua Cameroun. *Tropicicultura*, 29(3), 168-175.
- Missio da Silva, P., Gauche, C., Gonzaga, L. V., Oliveira Costa, A. C., & Fett, R. (2016). Honey chemical composition, stability and authenticity. *Food Chemistry*, 196:309-323. *Cultural and Food Chemistry*, 46, 393-400.
- Nagi, A. A., Amghalia, E., Shamsudin, M. N., Abdullah, R., Mohammed, R., & Sekawi, Z. (2009). Antibacterial activity of honey against methicillin resistant *Staphylococcus aureus*. *Research Journal of Biological Sciences*, 4(8), 943-947.
- Nanda, V., Sarkar, B. C., Sharma, H. K., & Bawa, A. S. (2003). Physico-chemical properties and estimation of mineral content in honey produced from different plants in Northern India. *Journal of Food Composition and Analysis*, 16(5), 613-619. [http://dx.doi.org/10.1016/S0889-1575\(03\)00062-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0889-1575(03)00062-0).
- Nolan, V. C., Harrison, J., & Cox, J. A. G. (2019). Dissecting the antimicrobial composition of honey. *Antibiotics (Basel, Switzerland)*, 8(4), 251. <http://dx.doi.org/10.3390/antibiotics8040251>. PMID:31817375.
- Nombré, I., Schweitzer, P., Boussim, J. I., & Rasolodimby, J. M. (2010). Impacts of storage conditions on physicochemical characteristics of honey samples from Burkina Faso. *African Journal of Food Science*, 4(7), 458-463.
- Official Journal of the European Communities. (2001). Council Directive 2001/110/EC of 20 December 2001 relating to honey (12/01/2002). L 010 47-52. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32001L0110&qid=164883752092&from=EN>
- Oluwapelumi, O. B., Morayo, A., Buru, A. S., Richard, A. Y., Funmilayo, A. J., & Funmi, A. A. (2017). Antimicrobial Activities of Different Honeys Sold in Ado-Ekiti on Bacteria Associated with Upper Respiratory Tract Infections. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(2), 1-10. <http://dx.doi.org/10.20546/ijcmas.2017.602.001>.
- Pasupuleti, V. R., Sammugam, L., Ramesh, N., & Gan, S. H. (2017). Honey, propolis, and royal jelly. A comprehensive review of their biological actions and health benefits. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2017, 1259510. <http://dx.doi.org/10.1155/2017/1259510>. PMID:28814983.
- Polus, P. (2008). Anomalies de cristallisation: séparation de phase et arborescence. *Labeille de France*, 944, 83-84.
- Rajan, K., Shi, Z., & Ricke, S. C. (2017). Current aspects of Salmonella contamination in the US poultry production chain and the potential application of risk strategies in understanding emerging hazards. *Critical Reviews in Microbiology*, 43(3), 370-392. <http://dx.doi.org/10.1080/1040841X.2016.1223600>. PMID:27869522.
- Rekioua, N., Boumendjel, M., Taïbi, F., Samar, M. F., Mediouni Ben Jemaa, J., Benaliouch, F., Negro, C., Nicoli, F., De Bellis, L., Boushah, E., & Haouel, S. (2022). Insecticidal effect of Eucalyptus globulus and Rosmarinus officinalis essential oils on a stored food pest Ephestia kuehniella (Lepidoptera, Pyralidea). *Cellular and Molecular Biology*, 68(4), 144-157. <http://dx.doi.org/10.14715/cmb/2022.68.4.18>. PMID:35988266.
- Schweitzer. Laboratoire d'analyse et d'Ecologie Apicole. (2004). Le monde des miellats. *Revue labeille de France*, 908, 1-2.
- 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 Complementary and Alternative Medicine*, 10(1), 47. <http://dx.doi.org/10.1186/1472-6882-10-47>. PMID:20813024.
- Shin, H. S., & Ustunol, Z. (2005). Carbohydrate composition of honey from different floral sources and their influence on growth of selected intestinal bacteria: An *in vitro* comparison. *Food Research International*, 38(6), 721-728. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2005.01.007>.
- Silva, P. M., Gauche, C., Gonzaga, L. V., Costa, A. C. O., & Fett, R. (2016). Honey: chemical composition, stability and authenticity. *Food Chemistry*, 196(1), 309-323. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.051>. PMID:26593496.
- Sowa, P., Grabek-Lejko, D., Wesolowska, M., Swacha, S., & Dżugan, M. (2017). Hydrogen peroxide-dependent antibacterial action of *Melilotus albus* honey. *Letters in Applied Microbiology*, 65(1), 82-89. <http://dx.doi.org/10.1111/lam.12749>. PMID:28426165.
- Swiecicka, I., & Mahillon, J. (2006). Diversity of commensal *Bacillus cereus sensu lato* isolated from the common sow bug (Porcellio scaber, Isopoda). *FEMS Microbiology Ecology*, 56(1), 132-140. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1574-6941.2006.00063.x>. PMID:16542411.
- Taïbi, F., Boumendjel, M., Moncef, Z., Omar, S., Taha, K., Amel, D., Safa, A., Hassiba, R., Hanène, C., Nacira, S., Amel, B., & Mahfoud, M. (2018). Conservation of stored food using plant's extracts. Effect of oregano (*Origanum vulgare*) essential oil on the reproduction and development of flour moth (*Ephestia kuehniella*). *Cellular and Molecular Biology*, 64(10), 5-11. <http://dx.doi.org/10.14715/cmb/2018.64.10.2>.
- Tchoumboue, J., Tchouamo, I. R., Pinta, J. Y., & Njia, M. N. (2001). Caractéristiques socio-économiques et techniques de l'apiculture dans les hautes terres de l'Ouest Cameroun. *Tropicicultura*, 19(3), 141-146.
- United State Department of Agriculture (2017a). National Organic Program. Retrieved from <https://www.ams.usda.gov/about-ams/programs-offices/national-organic-program>

- United State Department of Agriculture (2017b). Authorized Certification Official. Retrieved from [https://www.aphis.usda.gov/aphis/ourfocus/planthealth/SA\\_Export/SA\\_ACNS/CT\\_Accreditation-Certification](https://www.aphis.usda.gov/aphis/ourfocus/planthealth/SA_Export/SA_ACNS/CT_Accreditation-Certification)
- Voidarou, C., Alexopoulos, A., Plessas, S., Karapanou, A., Mantzourani, I., Stavropoulou, E., Fotou, K., Tzora, A., Skoufos, I., & Bezirtzoglou, E. (2011). Antibacterial activity of different honeys against pathogenic bacteria. *Anaerobe*, 17(6), 375-379. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anaerobe.2011.03.012>. PMID:21524711.
- Wadi, M., & Geregandi, T. (2020). Efficacy of bee honey on wound healing: split skin graft with hyper-granulation tissue. *Journal of Natural Remedies*, 20(2), 71-78. <http://dx.doi.org/10.18311/jnr/2020/24172>.
- Wasihun, A. G., & Kasa, B. G. (2016). Evaluation of antibacterial activity of honey against multidrug resistant bacteria in Ayder Referral and Teaching Hospital, Northern Ethiopia. *SpringerPlus*, 5(1), 842. <http://dx.doi.org/10.1186/s40064-016-2493-x>. PMID:27386291.
- Zerrouk, S., Seijo, M. K., Boughediri, L., Escuredo, O., & Rodriguez-Flores, M. C. (2014). Palynological characterisation of Algerian honeys according to their geographical and botanical origin. *Grana Journal*, 53(2), 147-158. <http://dx.doi.org/10.1080/00173134.2014.897751>.
- Zhou, J., Suo, Z., Zhao, P., Cheng, N., Gao, H., Zhao, J., & Cao, W. (2013). Jujube honey from China: physico-chemical characteristics and mineral contents. *Journal of Food Science*, 78(3), 1750-3841. <http://dx.doi.org/10.1111/1750-3841.12049>.