

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد الصديق بن يحي-جيجل

Université Mohammed Seddik Ben Yahiya - Jijel-

Faculté des sciences de la nature et de la vie

Département de microbiologie appliqué et
sciences alimentaires



كلية العلوم الطبيعية و الحياة
قسم ميكروبيولوجيا تطبيقية و علوم
التغذية

Mémoire fin de cycle

En vue de l'obtention du diplôme : **Master Académique en biologie**

Option : Contrôle de qualité des produits alimentaires

Thème

**Etude physicochimique de quelques miels locaux et autres
importés (Langnese)**

Membre de Jury :

Président : Dr. DAIRI S

Examineur : Mme DJABALI S

Encadrant : Mr. LAIB E

Présenté par :

DJABELKHIER TAKIA

LE HACANI SARRA

Numéro d'ordre :...../.....

Sommaire

Introduction.....	1
I. Miel : composition et propriétés	
I.1. Définition du miel.....	3
I .2. Origine botanique du miel.....	3
I .2.1. Miel du nectar.....	3
I .2.2. Miel du miellat.....	3
I .2.3. Miels monofloraux (miel cru).....	4
I .2.4. Miels polyfloraux.....	4
I.3. Origine géographique.....	4
I.4. Acteurs de la colonie.....	4
I.4.1. Reine	5
I.4.2. Ouvrières	5
I .4.3. Mâle (faux bourdon).....	5
I .4.4. Couvain	5
I.5. Production du miel.....	5
I.5.1. Butinage.....	5
I.5.2. Trophallaxie et enrichissement.....	6
I .5.3. Evaporation.....	6
I .6. Composition du miel	6
I .6.1. Glucides	6
I .6.2. Acides organiques.....	7
I .6.3. Acides aminés et protéines.....	7
I.6.4. Lipides.....	7
I .6.5. Sels minéraux.....	8

I. 6.6. Vitamines.....	8
I. 6.7. Enzymes.....	9
I.6.8. Composés phénoliques.....	9
I.6.9. Autres composants.....	9
II. Technologie du miel	
II.1. Récolte du miel.....	11
II.1.1. Enlèvement des cadres	11
II.1.2. Extraction	11
II.1.3. Centrifugation.....	11
II.1.4. Filtration	11
II.1.5. Traitement/Raffinage.....	12
II.1.6. Remplissage.....	12
II.1.7. Étiquetage.....	13
II.1.8. Entreposage.....	13
II.2. Types du miel.....	13
II.3. Types de fraudes du miel.....	13
II.3.1. Ajout de sucre	13
II.3.2. Recyclage de miels dégradés.....	14
II.3.3. Fausse appellations	14
II.4. Modification et altération du miel	14
II.4.1. Détérioration due à la chaleur	14
II.4.2. Cristallisation.....	15
II.4.3. Fermentation.....	16
II.5. Autre produits de la ruche	16
III. Matériel et méthodes	
Choix des échantillons de miel.....	18

III.1. Analyse sensorielle.....	19
III.2. Analyse pollinique.....	19
III.3. Analyses physico-chimiques.....	20
III.3.1. Degré brix.....	20
III.3.2. Activité de l'eau	20
III.3.3. Humidité.....	20
III.3.4. Cendre	20
III.3.5. Conductivité électrique.....	21
III.3.6. pH.....	21
III.3.7. Acidité	21
III.3.8. Densité.....	21
III.3.9. Indice de la diastase (I.D).....	22
III.3.10. Dosages des sucres par HPLC.....	22
III.3.11. Glucides.....	22
III.3.12. Énergie.....	23
III.3.13. Analyse des éléments traces métalliques	23
III.3.14. Intensité de la couleur (Abs₄₅₀).....	23
III.3.15. Couleur du miel.....	23
III.3.16. Lipide.....	24
III.3.17. Protéines.....	24
III.3.18. Acides aminés.....	24
III.3.19. Proline	24
III.4. Analyse microbiologique.....	25
III.4.1. FTAM.....	25
III.4.2. Levures et moisissures.....	25
III.5. Analyses phyto-chimiques.....	25

III.5.1. Polyphénols totaux.....	25
III.5.2. Flavonoïdes.....	25
III.5.3. Capacité anti-oxydante totale.....	26
III.5.4. Test de pouvoir réducteur	26
III.5.5. Capacité d'inhibition anti radical par DPPH.....	26
III.6. Activité anti-microbienne.....	27
IV. Résultats et discussion	
IV.1. Analyse sensorielle.....	28
IV.2. Analyse pollinique.....	30
IV.3. Analyses physico-chimiques.....	36
IV.4. Analyse microbiologique.....	57
IV.5. Analyses phyto-chimiques.....	58
IV.6. Activité anti-microbienne.....	63
Conclusion et perspectives	69
Références	
Annexe	

Liste des abréviations

HMF : hydroxy méthyl furfural

mUA : milli unité d'absorbance

CE : conductibilité électrique

LE : la leucine

PCA : plate count agar

EAG/g : équivalent acide gallique par gramme

EQ/g :équivalent quercitine gramme

EAA/g :équivalent acide ascorbique par gramme

DPPH :2-diphenil-1-picril-hidrazil

RIA : inhibition des radicaux libres

SAA : spectrophotométrie d'absorption atomique

HPLC : chromatographie haute performance liquide

FRAP : activité de réduction de ferrocyanure de potassium.

USDA : Département de l'Agriculture des États-Unis_

Liste des tableaux

Tableau 1. Différences entre miel de nectar et de miellat.....	4
Tableau 2. Valeurs nutritives du miel.....	8
Tableau 3. Composition moyenne du miel.....	10
Tableau 4. Détérioration des enzymes du miel et formation de HMF en fonction de la température de stockage.....	15
Tableau 5. Les caractéristiques des miels étudiés	18
Tableau 6. Les caractéristiques sensorielles des miels.....	28
Tableau 7. Les graines de pollens identifiés dans les échantillons analysés....	34
Tableau 8. La teneur en glucide dans les échantillons de miel analysés.....	48
Tableau 9. La teneur de l'énergie dans les échantillons de miel analysés.....	49
Tableau 10. L'évaluation de l'activité antimicrobienne des miels analysés.....	63
Tableau 11. Coefficients de corrélation de Pearson entre différents paramètres effectués.....	66

Liste des figures

Figure 1. Ligne de vie de l'abeille ouvrière.....	5
Figure 2. Composition moyenne du miel.....	7
Figure 3. Décomposition et centrifugation des peignes, suivie d'une première filtration..	12
Figure 4. Processus de raffinage du miel.....	12
Figure 5. Grivage du miel.....	15
Figure 6. Cristallisation grossière.....	16
Figure 7. Formation de deux phases.....	16
Figure 8: Photographie des grains de pollen présents dans l'échantillon E1.....	30
Figure 9: Photographie des grains de pollen présents dans l'échantillon E2.....	30
Figure 10: Photographie des grains de pollen présents dans l'échantillon E3.....	31
Figure 11: Photographie des grains de pollen présents dans l'échantillon E4.....	31
Figure 12: Photographie des grains de pollen présents dans l'échantillon E5.....	32
Figure 13: Photographie des grains de pollen présents dans l'échantillon E6.....	32
Figure 14: Photographie des grains de pollen présents dans l'échantillon E7.....	33
Figure 15: Photographie des grains de pollen présents dans l'échantillon E8.....	33
Figure16: Représentation graphique des valeurs du degré brix.....	36
Figure 17: Représentation graphique des valeurs de l'Aw.....	37
Figure 18 : Représentation graphique des valeurs du Humidité.....	38

Figure 19. Représentation graphique des valeurs des cendres.....	39
Figure 20. Représentation graphique des valeurs de la conductivité électrique.....	40
Figure 21. Représentation graphique des valeurs du pH	42
Figure 22. Représentation graphique des valeurs de l'acidité.....	43
Figure 23. Représentation graphique des valeurs de la densité.....	44
Figure 24. Représentation graphique des valeurs de l'indice diastasique.....	44
Figure 25. Représentation graphique des valeurs de dosage des sucres.....	46
Figure 26 A. Représentation graphique des valeurs de taux fructose/glucose.....	47
Figure 26 B. Représentation graphique des valeurs de taux glucose/humidité.....	47
Figure 27. La teneur en éléments (Cu et Zn) dans les miels analysés.....	49
Figure 28. La teneur en éléments toxiques (Pb et Cd) dans les miels analysés.....	50
Figure 29. Représentation graphique des valeurs de l'intensité de la couleur.....	52
Figure 30. Représentation graphique des valeurs de la couleur.....	53
Figure 31. Représentation graphique des valeurs des lipides.....	54
Figure 32. Représentation graphique des valeurs des protéines.....	54
Figure 33. Représentation graphique des valeurs des acides aminés.....	55
Figure 34. Représentation graphique des valeurs de la proline.....	56
Figure 35. Représentation graphique des valeurs des polyphénols.....	58

Figure 36. Représentation graphique des valeurs des flavonoïdes.....	59
Figure 37. Représentation graphique des valeurs de l'activité antioxydant totale.....	60
Figure 38. Représentation graphique des valeurs de l'activité antioxydant DPPH.....	61
Figure 39. Représentation graphique des valeurs de pouvoir réducteur.....	63
Figure 40. Activité antibactérienne des miels analysés.....	64

Introduction

Le miel est un produit naturel important qui procure des effets bénéfiques sur la santé humaine. Il est composé d'une forte concentration de sucres, d'eau, de minéraux, de protéines, de vitamines, d'acides organiques, de flavonoïdes, d'acides phénoliques et d'enzymes. Ces composants définissent à la fois les propriétés physiques et les caractéristiques nutritionnelles du produit lui-même (**Halouzka et al., 2016**). C'est l'édulcorant le plus ancien, et il a été noté qu'il était utilisé par l'homme il y a plusieurs millions d'années pour sa haute valeur nutritive et sa contribution à la santé de l'être humaine (**Rosdi et al., 2016**).

Le miel est défini comme la substance douce naturelle produite par les abeilles, des nectars de plantes et du miellat. Les propriétés sensorielles du miel (couleur, saveur et texture) sont en fonction des complexes paramètres physico-chimiques, principalement déterminés par les paramètres botaniques et géographiques. Ces origines sont déterminées par l'analyse du pollen qui fournira des informations sur les plantes à fleurs utilisées par les abeilles dans la zone d'étude.

Selon les normes internationales, le miel authentique est un produit alimentaire naturel qui ne doit contenir aucun additif ni d'autres substances ajoutées (**Amiry et al., 2016**). La qualité du miel est principalement déterminée par son analyse sensorielle, caractéristiques chimiques, physiques et microbiologiques. Les principaux critères d'intérêt sont la teneur en humidité, la conductivité électrique, la teneur en cendres, l'acidité libre, l'activité diastase et l'hydroxyméthyl-furfural (HMF) (**Alvarez-Suarez et al., 2010**).

Dans la wilaya de Jijel, la production de miel connaît une croissance significative grâce à la richesse des espèces de miel et au soutien du ministère de l'agriculture. Ce produit naturel n'est pas soumis à un contrôle de qualité et le consommateur est exposé à des risques de santé. A l'échelle Européenne il existe une commission internationale de contrôle de qualité et qui définis les normes de qualité de miel. Dans ce contexte nous nous sommes proposé de mener une étude comparative entre huit échantillons du miel, quatre locaux (Djimla, Hemza, Beni-khatab et Texanna), et quatre importés d'Allemagne de marque Langnese (tilleul, châtaigner, foret noir et golden).

Dans la démarche globale de cette étude, en premier lieu un constat général sur le miel, son origine, sa production, et sa composition nutritionnelle est effectué. En second lieu une description de la technologie de fabrication du miel, ses différents types est faite.

Dans la partie expérimentale, une étude est basée sur les caractéristiques physico-chimiques, microbiologiques, phyto-chimiques et de la méliissopalynologie. Les résultats de ce travail sont discutés et comparés avec d'autres travaux.

En fin, le travail est clôturé par une conclusion.

I. Le miel : composition et propriétés

I.1. Définition du miel

Le miel est une substance sucrée naturelle, produite par l'abeille *Apis mellifera* à partir du nectar des plantes, de la sécrétion de parties vivantes des plantes, ou des excréments d'insectes qui sucent les parties vivantes des plantes et que les abeilles récoltent, transforment en les associant à des substances spécifiques qu'elles produisent, déposent, déshydratent, stockent et font mûrir dans des rayons à miel (**Koechler, 2015**).

I.2. Origine botanique du miel

Le miel est caractérisé par son origine botanique (miel du nectar ou miel du miellat)

I.2.1. Le miel du nectar

Le miel du nectar provient des fines gouttes sucrées, butinées et travaillées par les abeilles, elles se transformeront en miel (**Miller et al., 2009**). Le nectar est un liquide sucré produit par les nectaires. Il est formé à partir de la sève organique de la plante. Il constitue l'aliment énergétique privilégié de l'abeille. Chaque butineuse peut ramener à la ruche jusqu'à 40 mg de nectar par voyage (**Godet, 2011**). Le nectar contient de l'eau, des sucres (saccharose, glucose et fructose, des acides organiques, des protéines, notamment des enzymes, des acides aminés libres, et des composés inorganiques. Chaque espèce végétale fournit un nectar aux caractéristiques propres qui confèrent au miel sa saveur et son parfum (**Bonté et Desmoulière, 2013**).

I.2.2. Le miel du miellat

Le miel du miellat provient de l'exsudation déposée en pellicule gluante sur les végétaux par certains pucerons qui se sont nourris des éléments azotés de la sève (**Clément, 2000**). Le miellat est un liquide épais et visqueux constitué par les excréments liquides des homoptères. Il est plus dense que le nectar, plus riche en azote, en acides organiques, en minéraux et sucres complexes. Il est récolté par les abeilles en complément ou en remplacement du nectar et produit un miel plutôt sombre, moins humide que le miel de nectar (**tableau 1**). (**Bonté et Desmoulière, 2013**).

Tableau 1. Différences entre miel de nectar et de miellat (Cardinault, 2016).

	Miel de nectar	Miel de miellat
Acidité	22.4 milliéquivalent / kg	33 milliéquivalent / kg
pH	3.9	4.5
Minéraux	0.26 %	0.58 %
Fructose + glucose	74 %	61.6 %

I.2.3. Les miels monofloraux (miel cru)

Les miels monofloraux sont élaborés à partir du nectar ou du miellat provenant d'une seule espèce végétale (Clément, 2000), ce qui nécessite d'installer les ruches à proximité de la plante recherchée (Bonté et Desmoulière, 2013).

I.2.4. Les miels polyfloraux

Ces miels sont élaborés par les abeilles à partir du nectar et/ou du miellat provenant de plusieurs espèces végétales (Clément, 2000). Ils résultent d'un butinage dans un environnement où plusieurs variétés de plantes donnent simultanément du nectar (Clément, 2011).

I.3. Origine géographique

La qualité du miel sur le plan physicochimique est fortement influencée par son origine géographique et de nombreux facteurs environnementaux. Un aspect important de la qualité du miel est la présence de métaux qui est directement liée au produit chimique composant des sols dans les zones où les abeilles fourragères (Atanassoval et al., 2016). Le miel de la même source floral peut varier en raison d'une origine saiso-climatique ou à une situation géographique (Ankalm, 1998). Traditionnellement, la détermination de l'origine de miel a été réalisée par l'analyse du pollen présent dans le miel (Rosdi et al., 2016).

I.4. Les acteurs de la colonie

Les abeilles domestiques, *Apis mellifera* également appelées abeilles mellifiques sociales vivent en groupe au sein de colonies dans la ruche qui représente un abri destiné à accueillir convenablement une colonie d'abeilles, et permet que le miel soit récolté avec le minimum de dérangement (Paterson, 2006).

I.4.1. La reine est la seule à pondre des œufs. Elle n'a pas de structures pour recueillir le pollen ni les glandes fonctionnelles de cire (Devilleers et Pham, 2002 ; Cramp, 2008). Elle sécrète des phéromones, ce qui permet de la localiser et contribue à préserver la cohésion de la colonie (Paterson, 2006).

I.4.2. Les ouvrières ont des structures spécialisées, Tels que les glandes alimentaires de couvain, les glandes odorantes, les glandes de cire, et les paniers de pollen, qui leur permettent d'accomplir toutes les tâches de la ruche (Miller et al., 2009 ; Cramp, 2008). La répartition des postes s'effectue selon un calendrier biologique bien précis (Figure 1) (Clément, 2011).

I.4.3. Les faux bourdons sont les mâles de la colonie. Ils se développent à partir d'œufs non fécondés et sont un peu plus grands que les abeilles ouvrières. Leur seule fonction est de s'accoupler avec une reine vierge (Evans et Butler, 2010).

I.4.4. Le couvain est l'ensemble des membres d'une colonie qui n'ont pas encore atteint leur stade adulte; des œufs, des larves, mais aussi des nymphes d'abeilles (Koechler, 2015). Les colonies d'abeilles se développent progressivement, une grosse colonie pouvant comporter entre 50000 et 60000 individus, parfois plus (Paterson, 2006).

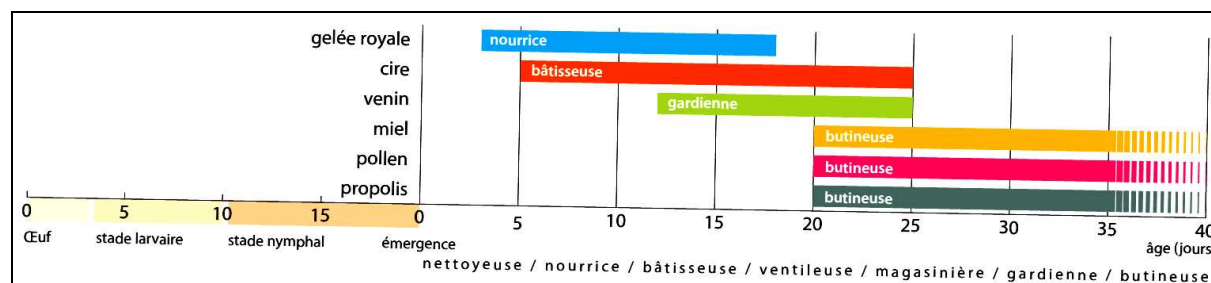


Figure 1. Ligne de vie de l'abeille ouvrière (Lintermans, 2011)

I.5. La production du miel

I.5.1. Le butinage

Au 21^{ème} jour de leur vie, les ouvrières deviennent donc exclusivement butineuses (Darrigol, 2007). Avant de sortir butiner, l'ouvrière ingère environ 30 mg de miel pour assurer ses besoins énergétiques pendant le vol. Des estimations montrent que cette énergie lui donnerait une autonomie de 60 km (Chesnais, 2002). Les abeilles butineuses aspirent le nectar des fleurs ou le miellat, qu'elles stockent dans leurs jabots. Durant le retour à la ruche, une enzyme, l'invertase, est sécrétée dans le jabot de l'abeille et s'ajoute au nectar, ce qui permet d'hydrolyser le saccharose en glucose et fructose (Bradbear, 2010).

I.5.2. Trophallaxie et enrichissement

Une fois arrivées à leur ruche, les abeilles butineuses régurgitent le nectar à des abeilles receveuses. Ces abeilles, à tour de rôle, régurgiteront et ingurgiteront ce nectar en le mêlant à de la salive et des sucs digestifs, ce qui complètera le processus de digestion des sucres (trophallaxie) (**Evans et Butler, 2010**). D'individu en individu, la teneur en eau s'abaisse et le liquide s'enrichit de sécrétions salivaires riches en enzymes (**Bredaer, 2010**).

I.5.3. Evaporation

Le miel est ensuite stocké dans des alvéoles où il est déshumidifié par brassage à l'aide de leurs pièces buccales et par ventilation avec les ailes des ouvrières ventileuses (**Balas, 2015**).

L'évaporation est améliorée par l'étalement du liquide en couches minces dans des cellules formées de cire. Elle se fait sous la double influence de la chaleur régnant dans la ruche et de la ventilation (**Balas, 2015**). Lorsque la teneur en eau atteint un seuil inférieur à 18%, le miel est alors emmagasiné dans d'autres alvéoles, qui, une fois remplies, seront operculées (**Bonté et Desmoulière, 2013**).

I.6. Composition du miel

La composition chimique du miel varie d'un échantillon à l'autre, selon les plantes visitées par les abeilles (**Laouar et Tahar, 2017**). Généralement, il est constitué d'hydrates de carbone pour 80 % environ, d'eau pour 17 % environ et de divers éléments (acides organiques, acides aminés, protéines, lipides, sels minéraux, enzymes, pigments et vitamines) (**tableau 3**) (**Bonté et Desmoulière, 2013**).

I.6.1. Glucides

Les sucres sont les constituants principaux du miel, qui représentent environ 95 % du poids sec du miel. Les sucres principaux sont les monosaccharides hexoses : fructose et glucose (**Bogdanov, 2017**). Viennent ensuite les disaccharides, principalement le maltose et le saccharose. Les sucres supérieurs, ne représentent en moyenne que 1.5 % du miel, mais avec une marge de variation assez importante puisque certains miels peuvent en contenir plus de 8 à 28 % (**Figure 2**) (**Boukraâ, 2014**).

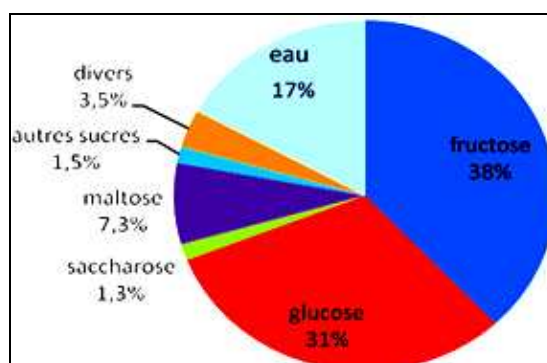


Figure 2. Composition moyenne du miel (Bruneau, 2002).

I.6.2. Acides organiques

Les acides organiques comprennent une faible proportion de miel et l'acidité du miel est principalement due aux acides organiques dont la quantité est inférieure à 0.5 % (p/p) (Boukraâ, 2014). C'est l'acide gluconique, qui prédomine dans le miel. Mais une vingtaine d'acides organiques tels que les acides acétique, benzoïque, citrique, lactique, malique, oxalique, et succinique y sont également représentés. D'autres composés permanents, les lactones, assurent parallèlement une fonction acide (Bonté et Desmoulière, 2013).

I.6.3. Acides aminés et protéines

Le miel contient environ 0.2 % de protéines, la majorité de ceux-ci étant du pollen (Boukraâ, 2014). La teneur en azote est négligeable, de l'ordre de 0.041 %. Il s'agit essentiellement de peptones, d'albumines, de globulines et de nucléoprotéines qui proviennent soit de la plante, soit des sécrétions de l'abeille.

De faibles quantités d'acides aminés libres comme la proline, la trypsine, l'histidine, l'alanine, la glycine ou la méthionine sont également retrouvées (Bonté et Desmoulière, 2013). La proline est le principal contributeur avec 50-85 % des acides aminés totaux (Boukraâ, 2014). La concentration de proline sert de déterminant supplémentaire de la qualité et, ainsi qu'un indicateur de détection de la falsification du sucre. La teneur en proline du miel qualifié doit être supérieure à 180 mg kg^{-1} de miel (Bogdanov, 2017).

I.6.4. Lipides

La proportion de lipides est infime, sous forme de glycérides et d'acides gras (acide palmitique, oléique et linoléique) (Bonté et Desmoulière, 2013).

I.6.5. Sels minéraux

Les miels en fleurs ont une teneur minérale principalement entre 0.1 et 0.3 %, tandis que celle des miels de miellat peut atteindre 1 % du total (**Bogdanov, 2017**). De nombreux facteurs affectent la composition minérale du miel, y compris le type de sol, la source florale, les conditions climatiques et la fertilisation, et une grande variabilité a été rapportée dans les teneurs en minéraux de miel (**Boukraâ, 2014**).

I.6.6. Vitamines

Le miel ne contient que très peu de vitamines, essentiellement des vitamines du groupe B provenant des grains de pollen en suspension, telles que la thiamine B1, la riboflavine B2, la pyridoxine B6, l'acide pantothénique B5, l'acide nicotinique B3, la biotine B8 ou H et l'acide folique B9, la vitamine C est également présente (**tableau 2**). Les vitamines du miel sont d'autant mieux conservées que le pH est faible (**Da Silva et al., 2015**).

Tableau 2. Valeurs nutritives du miel (**Shahid, 2009**)

Nutriment	Teneur moyenne par 100 g	nutriment	Teneur moyenne par 100 g
Eau	17.10 g	phosphore	4.00 mg
Calories	304 kcals	sodium	4.00 mg
Carbohydrates	82.20 g	fer	0.42 mg
Lévéulose (D- Fructose)	38.50 g	zinc	0.22 mg
Dextrose (D- Glucose)	31.00 g	magnésium	2.00 mg
Maltose	7.20 g	sélénium	0.80 mg
Sucrose	1.50 g	cuivre	0.40 mg
Autres carbohydrates	4.00 g	manganèse	0.80 mg
Fibre diététique	0.20 g	vitamines	0.28 mg
Protéine totale	0.30 g	niacines	0.12 mg
Cendres	0.20 g	Acide pantothénique	0.07 mg
minéraux	14.64 mg	riboflavines	0.04 mg
Calcium	6.00 mg	Vitamine C	0.50 mg

I.6.7. Enzymes

Les principales enzymes présentées dans le miel sont l'invertase, la diastase et le glucose oxydase (**Michener, 2013**).

L'invertase est le principal facteur responsable de la transformation chimique du nectar dans le miel. Elle hydrolyse le saccharose en glucose et en fructose (**Bonté et Desmoulière, 2013**). La glucose-oxydase et la catalase régulent la production de H₂O₂, l'un des facteurs antibactériens du miel. La diastase et l'invertase jouent un rôle important pour juger de la qualité du miel et sont utilisées comme indicateurs de la fraîcheur du miel. Une valeur minimale de 8 unités de diastase est définie dans le Codex Alimentarius. Leur activité se désintègre lors du stockage et du chauffage du miel (**Bogdanov, 2017**).

I.6.8. Composés phénoliques

La plupart des propriétés biologiques du miel sont basées sur des substances phénoliques. Le miel contient environ 0.1 % à 0.5 % de composés phénoliques. Les caroténoïdes et les flavonoïdes sont principalement responsables de la coloration du miel (**Boukraâ, 2014**). Les flavonoïdes possèdent des propriétés anti-oxydantes, car ils participent à la neutralisation des radicaux libres. La quantité et le type de flavonoïdes varient selon la source florale, plus les miels sont foncés, plus ils en sont riches. La pinocembrine, la galangine, la quercétine, et la lutéoléine font partie des flavonoïdes contenus dans le miel (**Bonté et Desmoulière, 2013**).

I.6.9. Autres composants

Des composés volatiles qui jouent un rôle important dans l'arôme et la valeur nutritive du miel, ils varient en fonction de l'origine du nectar, de la transformation et des conditions de stockage (**da Silva et al., 2015**), des pollens; aliment protéique des abeilles (**Zitouni, 2014**), des produits de la réaction de Maillard (hydroxy méthyl furfural issu de la décomposition du fructose, sa concentration augmente avec le stockage et le chauffage prolongé du miel) (**Boukraâ, 2014**), et des contaminants représentés principalement par les pesticides, les métaux lourds (**Achour et Khali, 2014**), les antibiotiques (**Al-Waili et al., 2012**) et les matières radioactives (**Bonté et Desmoulière, 2013**). Les miels biologiques présentent les taux de contamination les plus bas (**Olaitan et al., 2007**).

Tableau 3. Composition moyenne du miel (Cardinault, 2016)

Type de composés	Teneur	Détails
Eau	18 – 20 %	
Glucides	78 – 80 %	Monosaccharides : glucose, fructose Disaccharides : maltose, isomaltose, saccharose Polysaccharides : erlose, raffinose, mélezitose
Acides organiques	traces	Acide gluconique, formique, malique, citrique, succinique, acétique
Protéines et acides aminés	0 – 0.18 %	Défensine, albumine, globuline, et proline, tyrosine, leucine, histidine, glycine, méthionine, acide aspartique
lipides	traces	Acides palmitique, oléique, linoléique, butyrique, caprique, caproïque, valérique
Minéraux et oligo-élément	0.3 %	Potassium, fer, calcium, zinc, chrome, sodium, manganèse, magnésium, cuivre, nickel, cobalt
enzymes		Glucose oxydase, catalase, diastases, phosphatase, amylases, α -glucosidase, invertase
vitamines	traces	B1, B2, B3, B5, B6, B8, B9, et parfois C, A, E, D, K
Pigments		Caroténoïdes, polyphénols
Substances aromatiques		Alcools, aldéhydes, acétones et esters
Divers		Peroxyde d'hydrogène, HMF, résidus médicamenteux (antibiotiques), pesticides (chloramphénicol), métaux lourds (plomb, cadmium, arsenic)

II. Technologie du miel

II.1. La récolte du miel

Lorsque le miel est mûr, avec une humidité de moins de 20 %, les abeilles coiffent les peignes, empêchant l'absorption de l'humidité par le miel. La teneur en eau a une importance capitale pour la qualité et la capacité de stockage du miel. L'apiculteur peut estimer la maturité du miel par un simple test: un peigne de miel avec un couvain ouvert est poinçonné par le poing - si le miel n'éclate pas, le miel est prêt pour la récolte (**Bogdanov, 2011**).

II.1.1. Enlèvement des cadres

Pour extraire le miel de la cire d'abeille, l'apiculteur doit d'abord envoyer les abeilles loin des cadres, en appliquant une substance aromatique sur une plaque de fumée. Une fois que les abeilles sont éloignées du miel, l'apiculteur peut enlever les boîtes, qui contiennent les cadres et les amener à la maison de miel, où l'extraction du miel peut commencer (**Marchese et Flottum, 2013**).

II.1.2. Extraction

La première étape dans l'extraction est d'amener les supers et leur contenu à température ambiante de sorte que la cire sera douce et le miel va couler facilement. Une fois chaud chaque cadre est retiré des boîtes et l'apiculteur, en utilisant un grand couteau tranchant, retire soigneusement la couverture de cire d'abeille des cellules remplies de miel (**Marchese et Flottum, 2013**).

II.1.3. Centrifugation

Les nids d'abeilles sont insérés dans un extracteur, un grand tambour qui emploie des forces centrifugeuses pour tirer le miel, parce que les peignes complètes peuvent peser autant que 2.27 Kg, l'extracteur est démarré à une vitesse lente pour empêcher les peignes de se briser. Comme l'extracteur tourne, le miel est tiré. Il goutte vers le bas en forme de cône et hors de l'extracteur à travers un robinet. Positionné sous la tige est un seau à miel surmonté de deux tamis, un grossier et un fin, pour retenir les particules de cire et d'autres débris. Le miel est versé dans des fûts et conduit au Traitement (**figure 3**) (**Marchese et Flottum, 2013**).

II.1.4. Filtration

Le miel est nettoyé en le faisant passer à travers des filtres, généralement avec un maillage non supérieur à 0.2 mm, afin que le pollen ne soit pas filtré. Dans certains pays, des filtres avec un petit maillage sont utilisés pour filtrer le miel, le miel ne contenant plus de pollen.

Selon le Codex Alimentarius et les normes de miel de l'UE, ce miel devrait être étiqueté «filtré» et ne peut être étiqueté pour une origine géographique et botanique spécifique (Bogdanov, 2016).



Figure 3. Décomposition et centrifugation des peignes, suivie d'une première filtration (Bogdanov, 2011).

II.1.5. Traitement/Raffinage

Les installations de traitement modernes comprennent des unités de chauffage et de refroidissement, des presses à filtre et des pompes qui livrent le produit fini à la ligne d'emballage. Voici les principales étapes (Pre-Feasibility Study, 2007).

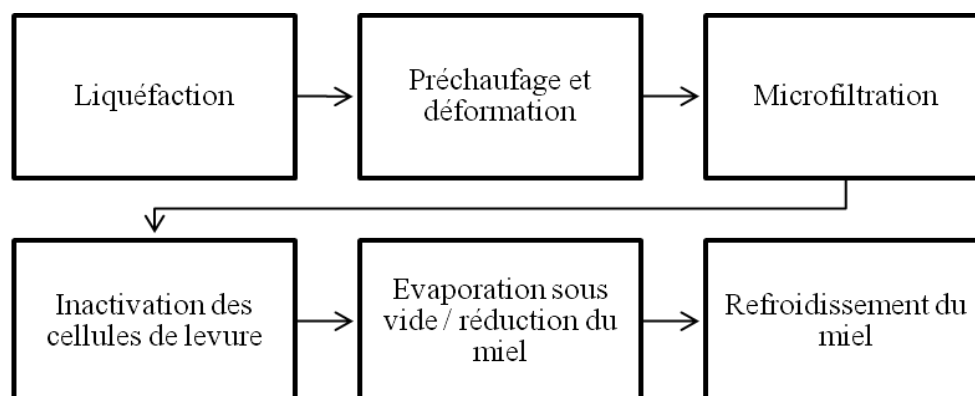


Figure 4. Processus de raffinage du miel (Pre-Feasibility Study, 2007)

II.1.6. Remplissage

Les lignes comprennent le nettoyage des bouteilles, le remplissage, le cachetage, l'étiquetage et l'emballage avant et arrière. Le miel filtré est versé dans un réservoir, équipé d'un filtre maintenu à une température d'environ 30 °C. Le miel est offert dans une grande variété de bouchons. Le verre est utilisé principalement, Les récipients et les bouchons doivent être fermés

hermétiquement pour exclure l'altération par l'humidité et les odeurs étrangères. Tous les produits finis sont livrés aux entrepôts par un système de convoyeurs (**Bogdanov, 2011**).

II.1.7. Étiquetage

Les étiquettes avant et arrière pré-imprimées sont collées à travers les machines pour s'assurer que les noms exacts et les tailles correspondent à chaque bouteille se révèle (**Pre-Feasibility Study, 2007**). La réglementation précise les modalités générales et particulières d'étiquetage et de présentation, ainsi que les caractéristiques de composition des produits (**DGCCRF, 2016**).

II.1.8. Entreposage

Enfin, les produits finis sont stockés dans l'entrepôt et distribués selon le plan tout au long de l'année que la durée de conservation du miel est généralement plus élevée que les autres. La température optimale de stockage est de 10-16 °C, l'humidité relative des entrepôts doit être inférieure à 65 % (**Bogdanov, 2011**).

II.2. Les types du miel

- Le miel extrait est le miel obtenu uniquement par centrifugation des peignes débroussaillés ;
- Le miel pressé est un miel obtenu en pressant des peignes sans application de chaleur modérée ;
- Le miel biologique est produit par des ruchers avec apiculture biologique certifiée (**Bogdanov, 2011**).

II.3. Les types de fraudes du miel

La détection et la quantification de l'adultération des miels restent des problèmes difficiles. Même avec l'adoption de normes internationales, les fraudes sur les appellations et l'authenticité des miels restent une préoccupation actuelle (**Cordella et Moussa, 2009**).

II.3.1. L'ajout de sucre

L'ajout de sirop des sucres issus de sucre inverti de canne, de chicorée ou de betterave constitue une fraude que seul un bas prix du sucre rend possible. Pour détecter ces fraudes, il faut recourir à de nouvelles techniques très sophistiquées qui mettent en évidence le mélange de deux sucres d'origine différentes. Ce type de fraude touche en priorité les miels commerciaux à l'état liquide et en particulier ceux d'origine étrangère (**Chesnais, 2002**).

II.3.2. Le recyclage de miels dégradé

Cette fraude consiste à faire passer des miels déclassés pour des miels de bouche. Certains miels par exemple fermentés, sont asséchés, désaromatisés et filtrés pour être mélangés à des miels répondants aux nouvelles normes. Pour éviter de telles fraudes, il faut assurer une traçabilité du miel de son lieu de production jusqu'au consommateur (Chesnais, 2002).

II.3.3. Les fausses appellations

La fraude sur les fausses appellations est beaucoup plus ancienne, on donne une appellation Monoflorale ou géographique à un miel qui ne provient pas essentiellement de l'origine florale annoncée ou pas totalement de l'aire géographique signalée (Chesnais, 2002).

▪ L'amidon : l'indice à suivre

L'amidon n'est pas considéré comme un élément constitutif naturel du miel. Cependant, dans la pratique, des traces d'amidon y sont tolérées. La quantification des grains d'amidon se fait par rapport aux pollens. Généralement, un échantillon de miel est considéré conforme lorsque la quantité d'amidon ne dépasse pas un à quatre grains pour cent pollens. Différentes études confirment la légitimité de cette tolérance vis-à-vis des miels (Cordella et Moussa, 2009).

II.4. Modification et altération du miel

II.4.1. Détérioration due à la chaleur

L'activité enzymatique du miel diminue en fonction de la durée d'entreposage et de la température. Simultanément, la teneur en HMF augmente en fonction de la durée d'entreposage, de la température, de l'humidité et de l'acidité du miel stocké (tableau 4) (Hummel et Feltin, 2014). D'aliment vivant, le miel devient par chauffage un aliment normal sans enzymes et sans inhibines comme une « simple confiture » (Hummel et Feltin, 2014).

Tableau 4. Détérioration des enzymes du miel et formation de HMF en fonction de la température de stockage (Bogdanov, 1999).

Température de stockage	Temps nécessaire à la formation de 40 mg HMF/kg	Durée de demi-vie diastase	Durée de demi-vie invertase
10 °C	10 - 20 années	35 années	26 années
20 °C	2 - 4 années	4 années	2 années
30 °C	0.5 - 1 années	200 jours	83 jours
40 °C	1 - 2 mois	31 jours	9.6 jours
50 °C	5 – 10 jours	5.4 jours	1.3 jours
60 °C	1 – 2 jours	1 jour	4.7 heures
70 °C	6 – 20 jours	5.3 heures	47 minutes

II.4.2. La cristallisation

La cristallisation du miel est un processus naturel et inévitable, la température à laquelle la cristallisation se produit le plus rapidement se situe entre 16 et 20 °C. On peut essayer de la ralentir par un stockage à une température constante de 10 à 16 °C, à une humidité régulière de moins de 60 % et à l'abri de la lumière. Ces conditions permettent au miel de garder toutes ses qualités (Hummel et Feltin, 2014).

Défauts de cristallisation

- **Formation de grivage**

Provoqué par des infiltrations d'air entre les cristaux, le grivage apparaît en particulier dans les miels au contenu hydrique peu élevé (figure 5) (Bogdanov, 2011).

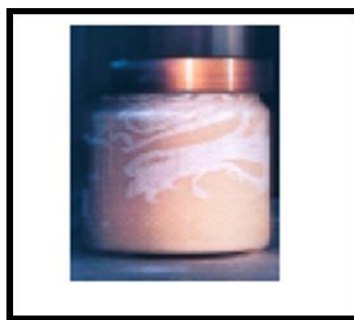


Figure 5. Grivage du miel (Bogdanov, 2011).

- **Cristallisation grossière**

Elle apparaît en particulier dans les miels à cristallisation lente et faible, elle peut être évitée par la cristallisation dirigée (**figure 6**) (**Bogdanov, 2011**).



Figure 6. Cristallisation grossière (**Bogdanov, 2011**).

- **Formation de deux phases**

Les miels ayant une haute teneur en eau cristallisent souvent en deux phases (**figure 7**) (**Bogdanov, 2011**).



Figure 7. Formation de deux phases (**Balis, 2013**)

II.4.3. La fermentation

La fermentation du miel est provoquée par l'action des levures osmo-tolérantes sur les sucres fructose et glucose conduisant à la formation d'alcool éthylique et de dioxyde de carbone.

L'alcool en présence d'oxygène peut alors être décomposé en acide acétique et en eau; le miel fermenté peut goûter aigre. La *Saccharomyces spp* représente la levure dominante trouvée, mais d'autres genres ont également été rapportés (**Chirife et al., 2006**).

II.5. Autre produits de la ruche

Le pollen : il pourrait être un complément nutritif intéressant dans les régions où le régime alimentaire habituel est pauvre en protéines (**Paterson, 2006**).

La propolis

C'est un exsudant végétal que les abeilles récoltent surtout sur les arbres (**Marchese et Flottum, 2013**). La propolis contient de la vitamine A et B, des acides aminés et toute une palette d'oligoéléments (**Cardinault, 2016**). Cette substance connue pour ses propriétés antibiotiques et pourrait être utile pour le traitement des plaies (**Paterson, 2006**).

La gelée royale

C'est une substance blanchâtre à consistance gélatineuse, acide et légèrement sucré (**Cardinault, 2016**). C'est la sécrétion glandulaire des abeilles qui leur sert à nourrir leurs larves (**Marchese et Flottum, 2013**). Elle peut augmenter la résistance à la fatigue physique et intellectuelle (**Cardinault, 2016**).

Le venin d'abeille

C'est une sécrétion produite par les glandes à venin, stockée dans une poche spécifique et injectée au travers du dard lors de la piqûre (**Cardinault, 2016**). Il est utilisé à des fins médicales, pour traiter des arthrites et autres pathologies similaires (**Marchese et Flottum, 2013**).

La cire d'abeille

C'est une matière molle, jaunâtre et fusible produite par les glandes cirières des ouvrières. L'abeille utilise la cire pour construire des cellules hexagonales, elle l'utilise également en fine couche pour operculer les alvéoles contenant le couvain et le miel. On utilise également la cire pour la fabrication de cosmétiques, de produits pharmaceutiques, de cierges (**Bogdanov, 2009**).

III. Matériel et méthodes

Choix des échantillons de miel

Nous avons travaillé sur 4 échantillons de miel, proviennent de différentes régions de la wilaya de Jijel et 4 autres échantillons de miel importés d'Allemagne et vendu aux superettes de la ville de Jijel (**tableau 5**).

À chaque échantillon, il a été attribué un code E1,..... E8 désignant les différents échantillons ont été conservés dans des flacons en verre (de 30 ml) stériles, hermétiquement fermés, étiquetés, datés, et gardés à la température ambiante (25-30 °C).

Tableau 5: caractéristiques des miels étudiés.

	Type du miel	Nombre d'échantillons	Localisation	Origine botanique	Date de production Récolte
Miels importés	Miel de tilleul E1	1	Allemagne	tilleul	Avril 2016
	Miel de châtaigne E2	1	Allemagne	châtaigne	Avril 2016
	Miel de la forêt noire E3	1	Allemagne	Multifleurs	Avril 2016
	Miel nature éch4	1	Allemagne	Multifleurs	Avril 2016
Miels locaux	Miel E5	1	Hamza	Multifleurs	Juillet 2016
	Miel E6	1	Djimla	Multifleurs	Juillet 2016
	Miel E7	1	Beni khattab	Multifleurs	Juillet 2016
	Miel E8	1	Texenna	Multifleurs	Juillet 2016

Si l'échantillon est liquide, bien mélanger avant de prélever l'aliquote.

Si l'échantillon est solide ou liquide avec début de cristallisation, chauffé dans un bain-marie à 60 °C pendant 30 minutes, puis à 65 °C pour liquéfier complètement le miel. Bien mélanger avant de prélever l'aliquote.

Nous avons essayé de réaliser six types d'analyses pour chaque type de miel étudié :

1. Analyse sensorielle.
2. Analyse pollinique.
3. Analyses physico-chimiques.
4. Analyses microbiologiques.
5. Analyses phyto-chimiques.
6. Activité anti-microbienne

III.1. Analyse sensorielle

Selon **Escriche et al. (2017)**, nous avons évalué la qualité organoleptique des échantillons en fonction de leur profil olfacto-gustatif, de leurs couleur, et leurs texture. Cette analyse a été réalisée par quatre étudiantes AM, BD, BI, ZW, et deux ingénieurs de laboratoire de contrôle de qualité AN et BS Les dégustateurs ont placé une petite quantité de miel (environ 5 g) sur leur langue, la dilué avec de la salive et la projeté vers l'arrière de leur bouche pour évaluer la saveur et l'arôme via la voie retro-nasale. Ensuite, le miel a été avalé lentement, et la persistance du goût a été évaluée. Cette procédure a été suivie pour tous les échantillons. la couleurs et la texture est évalué à l'œil nue.

III.2. Analyse pollinique

L'analyse du pollen a été effectuée en utilisant les recommandations de la Commission internationale pour la botanique de l'abeille (**El Sohaimy et al. (2015)**), et **Borras et al. (2015)**, sans solution d'acétolyse pour préserver tous les composants. Les diapositives ont été préparées comme suit: 10 g de miel ont été dissous dans de l'eau acidulée (H_2SO_4 , 5 %) sur une plaque chauffante de type Hotplate Stirrer à 40 °C. Ensuite, il a été centrifugé, le surnageant a été décanté et le précipité a été mis en suspension dans 10 ml d'eau distillée. Une deuxième centrifugation a été effectuée, le surnageant a été décanté et 0.2 ml d'eau ont été ajoutés au précipité. Après l'agitation, on a déposé 0.2 ml sur un coulisseau et on la séché. Enfin, une goutte de glycérine a été utilisée pour sceller la lamelle. Un microscope optique (Motic), a été utilisé dans cette analyse.

III.3. Analyses physico-chimiques

III.3.1. Degré brix

Pour la mesure du Degré brix, la méthode de **Nabti et al. (2016)** a été utilisée, dont le principe est basé sur la mesure de l'indice de réfraction à l'aide d'un réfractomètre de type ATAGO HSR - 500.

III.3.2. Activité de l'eau

Pour la mesure du l'Activité de l'eau, la méthode de **Oroian et al. (2017)** a été utilisée, dont le principe est basé sur la mesure de l'Aw à l'aide de la formule swivant :

$$aw = 0.262 + 0.0179 .\% \text{ humidité}$$

III.3.3. Teneur en humidité

La teneur en humidité a été déterminée selon **Adeonipekun et al. (2017)**, en pesant 5 g d'échantillons de miel dans un creuset pré-pesé, qui a été ensuite séché à 105 °C dans une étuve de type memmert pendant 3 heures La teneur en eau ou humidité H (%) est exprimée en g pour % de miel et donnée par la formule suivante :

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

Avec :

- **m₀** : poids de la capsule vide (g).
- **m** : poids de la capsule et de l'échantillon après séchage (g).
- **M** : poids de la capsule et de l'échantillon avant séchage (g).

III.3.4. Mesure de la teneur en cendres

Selon **Adeonipekun et al. (2017)**, la teneur en cendres a été déterminée par l'incinération d'un échantillon de 4 g de miel dans un four à moufle de type Furnace 6000 à 600 °C pendant 6 heures jusqu'à ce que la cendre soit blanche. Ces mesures ont été exprimées en (%).

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

Avec :

MM: teneur en cendres

P₁: poids du creuset de cendres plus les cendres

P₂: poids de creuset de cendres

P₀: poids de miel

III.3.5. Mesure de la conductivité électrique

La mesure de la conductivité électrique de chaque échantillon de miel a été effectuée à l'aide d'un conductimètre selon la méthode d'Achouri *et al.* (2015).

4 g de miel ont été pesés et ajoutés à 100 ml d'eau déminéralisée, la solution est bien mélangée jusqu'à son homogénéisation. La valeur de la conductivité électrique de l'échantillon est déterminée directement à partir du conductimètre de type HANNA Instrument en (mS.cm^{-1}).

III.3.6. pH

Selon Adeonipekun *et al.*, (2017), le pH des solutions de miel à 10 % dans l'eau distillée a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre de type HANNA instrument.

III.3.7. Détermination de l'acidité

Selon Achouri *et al.* (2015), l'acidité libre est déterminée comme suite :

Quelques gouttes de l'indicateur coloré de phénolphthaléine, sont ajoutées à l'échantillon à analyser, lors du titrage (titrages alcalimétriques) à l'hydroxyde de sodium de 0.1 mol/l incolore dans un milieu acide devient rose en milieu basique. La lecture du volume versé s'effectue sur la burette dès l'apparition de la couleur rose (point de virage). L'acidité totale est exprimée en milliéquivalents d'acide pour 100 g de miel et sa valeur est calculée selon la relation suivante :

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

III.3.8. Détermination de la densité

Selon Delphine (2015), la densité du miel a été obtenue en comparant la masse et le volume de miel mesurés dans un bécher de 250 ml. En effet, le bécher est rempli avec du miel pesé précédemment. La densité a été obtenue en utilisant la formule:

$$D = \frac{m}{V}$$

Avec :

D = Densité

m = masse

v = volume

III.3.9. Indice diastasique (I.D)

L'activité diastasique a été déterminée en utilisant 10 g de miel pondéré dans un bêcher de 50 ml, 5 ml de tampon acétate ont été ajoutés, conjointement avec 20 ml d'eau. Lorsque l'échantillon a été complètement dissous, 3 ml de chlorure de sodium 0,5 M ont été ajoutés et la solution a été diluée dans 50 ml d'eau distillée. De plus, une solution d'amidon a été normalisée en utilisant une solution d'iode. Les deux solutions ont été chauffées à 40 °C. 5 ml de solution d'amidon ont été ajoutés dans 10 ml de solution de miel. On utilisant le chronomètre, une aliquote a été prélevée toutes les 5 minutes et ajoutée à 10 ml de solution d'iode. Selon la méthode officielle AOAC, le nombre 300 a été divisé par le temps nécessaire pour atteindre la valeur d'absorbance de 0.235 et exprimé en DN ou en nombre de diastases **Pasias (2017)**.

$$ND = 300 / t_x$$

Soit :

ND : nombre de diastase.

t_x : temps nécessaire pour que l'absorbance soit 0.235

III.3.10. Dosage des sucres

Le profil en sucre des échantillons a été analysé par chromatographie liquide à haute performance).

La séparation chromatographique a été effectuée en utilisant une colonne Shodex Asahipak NH2P-504E (C18, 250 nm x 4.6 nm) et acétonitrile: eau (78:22, v / v) en tant que phase mobile (1 ml / min). Le volume d'injection était de 10 µl, la température était réglée à 35 °C et le temps d'analyse était de 30 minutes. Les échantillons ont été préparés comme suit:

0.5 g de miel a été dissous dans une solution à 70 % d'éthanol (50 ml) et chauffé dans un bain-marie à 35-40 °C. Avant l'injection, les échantillons ont été filtrés en utilisant des filtres de **PTFE** (0.22 µm) et dilués 10 fois. Les sucres ont été identifiés en fonction de leur temps de rétention (**Dzukan, 2016**).

III.3.11. Glucides

Selon **Kek (2016)**, la teneur en hydrates de carbone des échantillons de miel a été calculée en utilisant l'équation ci-dessous:

$$\text{Carbohyrate \%} = 100 - (\text{humidité} + \text{cendres} + \text{lipides} + \text{protéines})$$

III.3.12. Énergie

Selon **Kek (2016)**, l'énergie d'un aliment dépend de la quantité de glucides, de protéines et de matières grasses contenues dans l'aliment. La teneur en énergie des échantillons de miel a été calculée en utilisant les facteurs généraux comme suit:

$$\text{Energie kcals / 100g du miel} = \text{carbohydrates} \times 4 + \text{protéines} \times 4 + \text{lipides} \times 9$$

III.3.13. Analyse des métaux lourds

Selon **Kek (2016)**, on a placé environ 0,5 g d'échantillons de miel dans un récipient de tétrafluorométhoxil (TFM) avec 3 ml d'acide nitrique (65 % v / v) et on a ajouté 2 ml de peroxyde d'hydrogène (30 % v / v).

Les récipients TFM ont été fermés et placés dans le corps de rotor de polypropylène qui a ensuite été placé dans un digesteur à micro-ondes pour le procédé de digestion. Le corps du rotor a été refroidi à température ambiante après digestion. L'échantillon digéré a été recueilli et dilué à 50 ml avec de l'eau dés-ionisée pour l'analyse des métaux minéraux et des métaux lourds. On a déterminé des éléments minéraux du zinc (Zn), le cuivre (Cu), et les métaux lourds du plomb (Pb), et cadmium (Cd). En utilisant un spectromètre d'adsorption atomique (SAA). Les résultats ont été exprimés en mg / kg de miel.

III.3.14. Intensité de la couleur (Abs à 450)

La couleur joue un rôle très important dans la détermination de la capacité anti-oxydante du miel. Selon **Doukani et al. (2014)**, les échantillons de miel sont dilués à 50 % (p/v) avec de l'eau distillée chaude (45 – 50 °C). La solution obtenue a été filtrée à travers un papier filtre pour assurer une absence totale de particules grossières dans les solutions de miel. L'absorbance est mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre à 450 et 720 nm et la différence d'absorbance est exprimée en milli absorbance unit (**mUA**)

L'intensité de la couleur exprimée en mUA est donnée par la formule suivante :

$$\text{Abs 450 (mUA)} = (\text{Abs 450} - \text{Abs 720}) \times 100$$

III.3.15. Couleur du miel

La couleur a été déterminée en utilisant la méthode décrite par **Fyfe et al. (2017)**. Les échantillons de miel ont été dilués à 50 % (p / v) dans de l'eau distillée et chauffés à 40 °C

pour dissoudre tous les cristaux de sucre. L'absorbance de l'échantillon a été lue à 635 nm et converti en valeurs d'échelle Pfund.

III.3.16. Matières grasses

Selon **Kek et al. (2016)**, la teneur en matières grasses des échantillons de miel a été déterminée par l'extraction de 10 g d'échantillons de miel avec de l'éther de pétrole en utilisant l'appareil de Soxhlet suite à la Méthode officielle 991 de l'AOAC.

III.3.17. Protéines

La protéine brute a été estimée par la méthode de Kjeldahl, la protéine totale a été calculée en multipliant l'azote évalué par le facteur **6.25 (Adeonipekun et al., 2017)**.

III.3.18. Teneur totale en acides aminés

Les acides aminés totaux ont été quantifiés par réaction avec le réactif Cd-ninhydrine (**Cimpoi et al., 2013**). Le groupe amine réagit avec la ninhydrine pour former un complexe pourpre qui a une absorption maximale à **507 nm**. Le réactif a été préparé en dissolvant 1,6 g de ninhydrine dans 160 ml d'éthanol absolu, puis on a ajouté 20 ml d'acide acétique glacial et une solution de 2.48 g de chlorure de cadmium (pentahydrate) dans 2 ml d'eau distillée purifiée. **LE** a été utilisée pour construire la courbe standard (2.5 à 40 mg / l). Le miel (1.25 g) a été dilué à 25 ml avec de l'eau purifiée, et à 2 ml de cette solution, on a ajouté 4 ml du réactif Cd-ninhydrine. Les mélanges ont été chauffés à 84 °C pendant 5 min, et après refroidissement dans un bain d'eau glacée, les absorbances ont été lues à **507 nm**, en utilisant comme blanc le même mélange réactionnel sans l'échantillon. Les résultats ont été exprimés en mg LE / 100 g.

III.3.19. Teneur en Proline

La teneur en Proline des échantillons de miel a été déterminée selon la méthodologie modifiée de **Mathumitha et al. (2014)**. On a ajouté 0.5 ml de solution de chaque échantillon de miel (0.05 g / ml) et 1 ml d'acide formique (80 %) et 1 ml de la solution de Ninhydrine (0.2 g dans 100 ml d'alcool rectifié) ont été ajoutés dans des tubes à essai et incubés à 70 °C dans un bain-marie pendant 15 minutes. 5 ml d'une solution de 50 % de 2-propanol ont été utilisés comme suppléments et le mélange a été laissé refroidir à la température ambiante. Après 45 minutes, l'absorbance a été lue à **510 nm**.

0.032 mg / ml de proline a été pris comme standard et la teneur en proline a été calculée et exprimée en mg / Kg.

III.4. Analyse microbiologique

Les déterminations microbiologiques ont été effectuées selon la méthode décrite par **Leyva-Daniel et al. (2017)** et **Fernández et al. (2017)**. Dix grammes de chaque échantillon de miel ont été homogénéisés dans 90 ml de l'eau physiologique (10^{-1}). Les dilutions décimales ont été faites dans la même solution (10^{-2} et 10^{-3} et 10^{-4}), et 1.0 g d'échantillon de miel ou 1,0 ml de chaque dilution ont été placés en plaques triplées d'agar approprié.

III.4.1. FTAM

Les bactéries mésophiles aérobies ont été comptées sur l'agar de comptage standard (PCA) et incubées à 35 ± 2 °C pendant 48 h, les boîtes avec 25 à 250 colonies ont été comptées. La limite de détection de la méthode utilisée pour la bactérie mésophile aérobie était de 25 UFC/g.

III.4.2. Levures et moisissures

La détermination des Levures et moisissures a été effectuée en appliquant des dilutions appropriées des échantillons de miel. Les dilutions séquentielles décimales ont été placées sur une gélose de levure (OGA). Les levures et moisissures ont été comptées après trois à cinq jours après l'incubation de la boîte à 22 - 24 °C.

III.5. Analyses phyto-chimiques

III.5.1. Dosage des polyphénols totaux

La teneur phénolique totale a été estimée en utilisant la méthode spectrométrique de Folin-Ciocalteu décrite par **Bouyahya et al. (2017)**. Les solutions sont dilués à une concentration de 1 mg/ml, puis 100 µl d'extrait ou de la solution standard d'acide gallique (20, 40, 60, 80 et 100 mg/l) sont mélangés avec 500 µl du réactif du Folin-Ciocalteu dilué dix fois dans l'eau distillée et 400 µl de Na_2CO_3 (7 %). Après 40 minutes d'incubation à température ambiante (23 ± 2 °C), l'absorbance a été mesurée à **760 nm**. La quantification a été faite par rapport à la courbe standard de l'acide gallique. Les résultats ont été exprimés en milligrammes d'équivalents d'acide gallique (EAG) par gramme d'extrait (**mg EAG/g d'extrait**).

III.5.2. Détermination des flavonoïdes

Le contenu total en flavonoïdes a été déterminé en utilisant la méthode colorimétrique de chlorure d'aluminium décrite par **Bouyahya et al. (2017)**. En bref, 1 ml d'extrait (1 mg/ml dans le méthanol) ou de la solution standard de quercétine (20, 40, 60, 80 et 100 mg/l) sont

mélangés avec 1 ml d'AlCl₃ (2 %) dans le méthanol. Après 40 minutes d'incubation à température ambiante (23±2 °C), l'absorbance est mesurée à **430 nm**. Les concentrations des flavonoïdes ont été déduites à partir de la courbe d'étalonnage établie avec la quercétine. Les résultats ont été exprimés en milligrammes d'équivalents de quercétine par gramme d'extrait (**mg EQ/g d'extrait**).

III.5.3. Détermination de la capacité anti-oxydante totale

La capacité anti-oxydante des échantillons a été déterminée selon la méthode décrite par **Tornuk et al. (2013)**. On a mélangé 0.4 ml de la solution de miel préparée pour l'analyse du contenu phénolique total avec 4 ml de solution de réactif contenant de l'acide sulfurique 0.6M du phosphate de sodium 28 mM et du molybdate d'ammonium 4 mM.

Le méthanol a été utilisé comme un blanc. Les échantillons préparés ont été incubés dans un bain-marie à 95 °C pendant 90 min. Après l'incubation, les tubes ont été refroidis rapidement dans l'eau et leur absorbance a été mesurée à **415 nm** en utilisant un spectrophotomètre. Les résultats de l'activité antioxydant ont été exprimés en mg d'équivalent d'acide ascorbique / g de miel (**mg EAA / g de miel**).

III.5.4. Test de pouvoir réducteur

Le pouvoir réducteur a été mesuré selon **Mouhoubi-Tafinine et al. (2016)**. Un volume de 0.5 ml d'échantillon a été homogénéisé avec 1.25 ml le tampon phosphate (0.2 M, pH 6.6) et 1.25 ml de Ferricyanure de potassium [K₃Fe(CN)₆] (1 %). Après incubation dans un bain-marie (50 °C / 20 min), on a ajouté au mélange 1.25 ml d'acide tri-chloro-acétique (10 %). Ensuite, la mélange total a été centrifugé à 2000 tr / min pendant 20 min. La couche supérieure de la solution (1.25 ml) a été mélangée avec de l'eau distillée (1.25 ml). L'absorbance a été lue à **700 nm** après l'addition de 0.25 ml de chlorure de fer (1 %). Les résultats ont été exprimés en équivalents antioxydants (acide gallique) en mg pour 100 g de produit (**mg EAGA / 100 g**).

III.5.5. La capacité d'inhibition anti radical par DPPH

Selon **Flores et al. (2015)**, l'essai anti-oxydant DPPH basé sur la capacité des antioxydants à bloquer le radical 2,2-diphényl-1-picryl-hydrazil a été utilisé pour mesurer l'activité anti-oxydante dans les échantillons de miel. On a mélangé 0.3 ml d'une solution de miel dans du méthanol (0.1 g / ml) avec une solution de 2.7 ml de DPPH (6 à 10⁻⁵ M). Le mélange d'échantillons et la solution de DPPH (blanc) ont été maintenus à l'obscurité à température ambiante pendant 30 min. L'absorbance des solutions a été mesurée à **517 nm** en utilisant un

spectrophotomètre UV-vis (Jenway 7315). Le radical libre de DPPH a été réduit en hydrazine et devient jaune lorsqu'il réagit avec différents donneurs d'hydrogène. L'activité antioxydante de chaque échantillon a été calculée comme le pourcentage de RIA (activité de radical) en utilisant la formule $RIA = [(A_B - A_A) / A_B] \times 100$

Où :

A_B est l'absorbance de la solution DPPH ;

A_A est l'absorbance de la solution d'échantillon de miel.

III.6. Activité anti-microbienne

Selon Almasaudi *et al.* (2016), Alvarez-Suarez *et al.* (2010) et Nedji et Loucif. (2014). Nous avons choisi pour cette étude trois germes, selon leur degré de sensibilité aux antibiotiques, à savoir : des souches très sensibles, moyennement sensibles et des souches résistantes.

L'ensemencement des microorganismes (*E. coli*, *Staphylococcus aureus*, et *Listeria locura*) est effectué, selon la technique de la culture en nappe sur le milieu Muller Hinton gélosé dans des boîtes de Pétri.

L'inoculum correspond à 10^5 à 10^6 UFC/ml.

L'évaluation du pouvoir antimicrobien du miel est réalisée par la technique de diffusion en gélose, des disques stériles, imprégnés jusqu'à la saturation dans les différents échantillons du miel, sont déposés dans des boîtes de pétri puis incubées 24 heures à 37 °C.

Le profil de sensibilité des bactéries au miel peut être déterminé par la mesure des diamètres des zones d'inhibition autour des disques sur boîtes.

Une souche sensible si le diamètre de la zone d'inhibition est supérieur à 10 mm ;

Une souche résistante si le diamètre de la zone d'inhibition est inférieur à 10 mm.

La sensibilité est intermédiaire si le diamètre est égal à 10 mm.

III.7. Analyses statistiques

Toutes les données représentent la moyenne de trois essais. Pour la comparaison des résultats, l'analyse de la variance, ANOVA (IBM SPSS STATISTICS 22) est utilisée et le degré de signification de données est pris à la probabilité $P \leq 0.05$.

IV. Résultats et discussion

IV.1. Analyse sensorielle

Pour l'évaluation de la qualité de nos échantillons, cette analyse s'est articulée sur la couleur, la texture dans la bouche, l'odeur, la saveur et l'arôme, les résultats de notre analyse sensorielle sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 6. Les caractéristiques sensorielles des échantillons de miel étudiés :

Produit	Couleur	Texture	Texture dans la bouche	Odeur	Goût	Arrière-goût
E1	Jaune pâle	moins dense	fondante	fraîche	sucré	sucré plus délicat
E2	Rouge foncée	dense	lisse	forte	sucré amer	Amer
E3	noire	dense	lisse	forte	sucré	sucré plus prononcé
E4	dorée	dense	lisse	fruité	sucré	sucré fruité doux
E5	jaune pâle	dense	présence de granules	douce	sucré	sucré fruité doux
E6	jaune pâle	dense	présence de granules	douce	sucré	sucré fruité
E7	jaune pâle	dense	présence de granules	douce	sucré	sucré fruité
E8	rouge foncée	dense	présence de granules	douce	sucré	sucré fruité

Pour la couleur, les échantillons **E1**, **E5**, **E6**, et **E7** sont caractérisés par une couleur jaune pâle, l'échantillon **E2** et **E8** ont une couleur rouge foncée, l'échantillon **E4** possède une couleur dorée, alors que l'échantillon **E3** est caractérisé par la couleur noire qui indique son nom (la forêt noire). Selon **Visquert (2014)**, la couleur des miels crus varie selon l'origine botanique; du blanche ou jaune pâle (habituellement du nectar) au rouge foncée ou noire (des sécrétions végétales ou de miellat), ce paramètre peut être influencé par les facteurs géographiques et climatiques connues. D'autres chercheurs ont déclaré que la couleur du miel dépend de sa teneur en minéraux; plus la teneur en matière minérale est élevée plus la couleur est foncée (**El Sohaimy et al. , 2015**).

Concernant la texture, appart l'échantillon **E1** qui possède une densité assez faible, tous les échantillons étudiés sont caractérisés par une densité élevée. Lors de la dégustation, les échantillons **E2**, **E3**, et **E4** ont présenté une texture lisse dans la bouche, l'échantillon 1 a une texture fondante, alors que les échantillons **E5**, **E6**, **E7** et **E8** sont caractérisés par la présence de granules. Cette variation est due à la teneur en sucre et en eau, qui dépend de l'origine botanique et aux conditions de stockage (**Bradbear, 2010**).

Pour l'odeur, le goût et l'arrière-goût, les échantillons **E4**, **E5**, **E6**, **E7**, et **E8** sont caractérisés par un goût sucré, une odeur fruitée et un arrière-goût sucré fruité. L'échantillon **E2** et **E3** ont une odeur forte, un goût sucré amer et sucré, respectivement. Un arrière-goût amer a été observé pour l'échantillon **E2** et sucré plus prononcé pour l'échantillon **E3**. L'échantillon **E1** est caractérisé par une odeur fraîche, un goût sucré et un arrière-goût sucré plus délicat. Ces résultats sont confirmés par **White et al. (1980)**. La saveur et l'odeur du miel varient encore plus que la couleur. Bien qu'il semble y avoir une caractéristique « saveur de miel », il peut exister un nombre presque infini de variations d'odeur et de saveur. Les variations semblent être régies par la source florale. Pour le miel d'eucalyptus, l'odeur était très faible et on a trouvé des arômes de fruits et de fleurs, l'intensité de l'odeur était trop faible. La douceur (goût élémentaire unique) était modérée, l'arôme principal était léger (céréales, herbes sèches, farinees) de faible persistance et il n'y avait pas de perception des goûts résiduels. L'intensité de l'odeur a été caractérisée principalement par une persistance faible et modérée, bien qu'il y ait eu des échantillons qui ont une faible odeur et d'autres avec une forte odeur (**Piana et al., 2004**).

Enfin les dégustateurs ont déclaré que l'échantillon 4 est le meilleur (note 10/10).

IV.2. L'analyse pollinique

L'analyse du pollen dans le miel a été introduite au début du 20^{ème} siècle. Cette méthode peut être utilisée pour la détermination microscopique des grains de pollen, contenus dans le miel. L'analyse pollinique de nos échantillons a permis l'identification de l'origine florale et géographique des miels. Nous avons identifié 25 espèces florales (**figures 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 et 15**) :

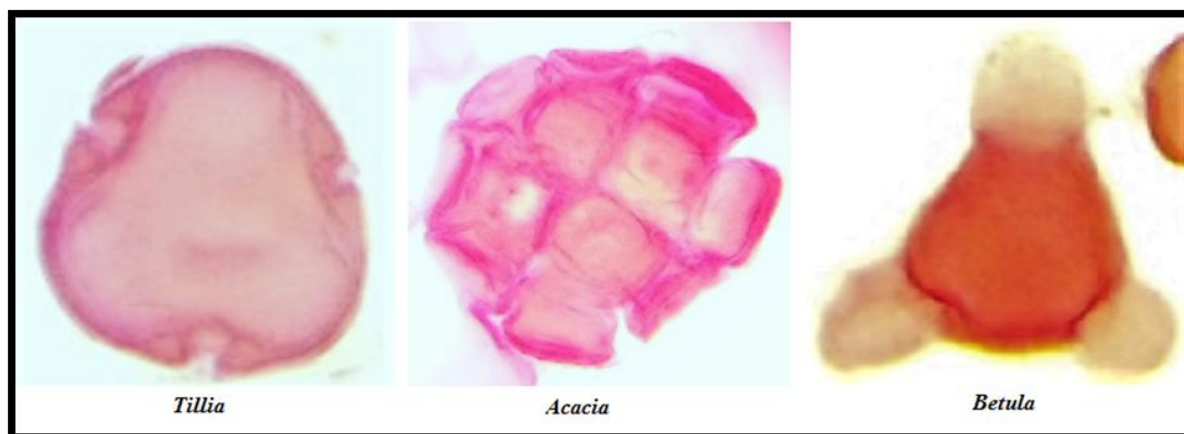


Figure 8. Photographie des grains de pollen présents dans l'échantillon E1 (G×100)

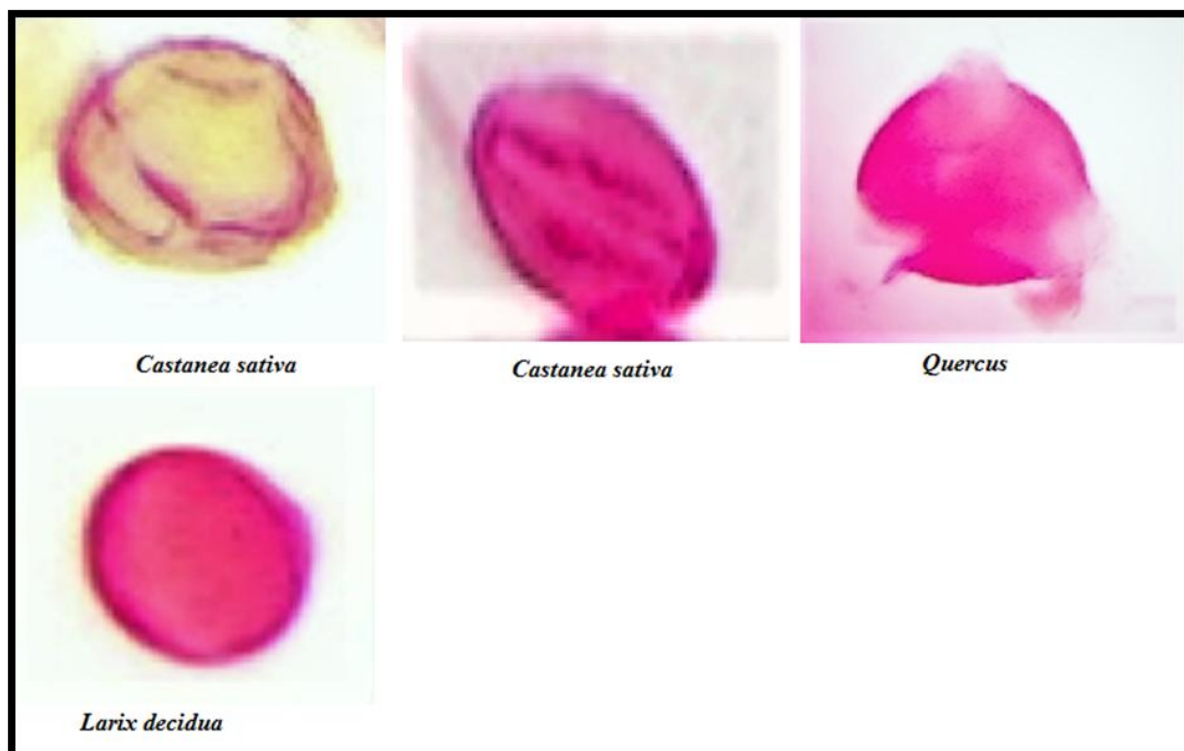


Figure 9. Photographie des grains de pollen présents dans l'échantillon E2 (G×100)

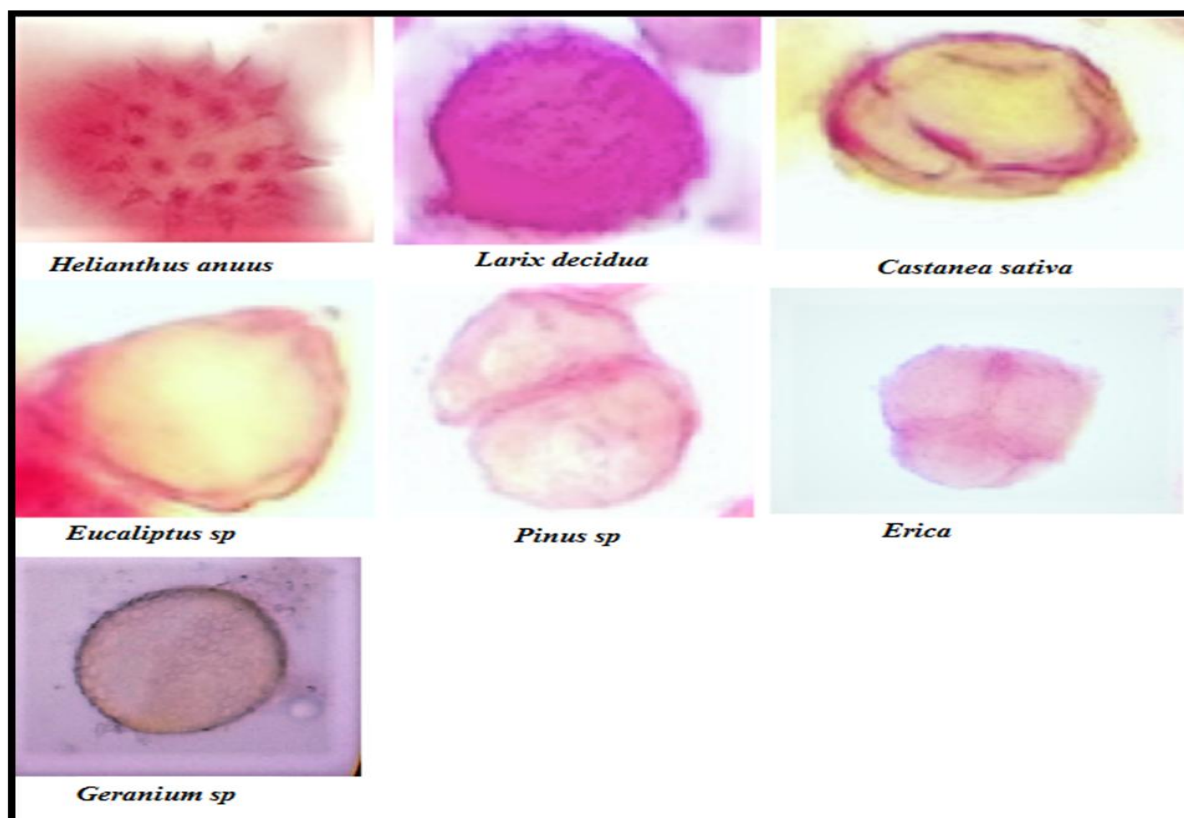


Figure 10. Photographie des grains de pollen présents dans l'échantillon E3 (G×100)

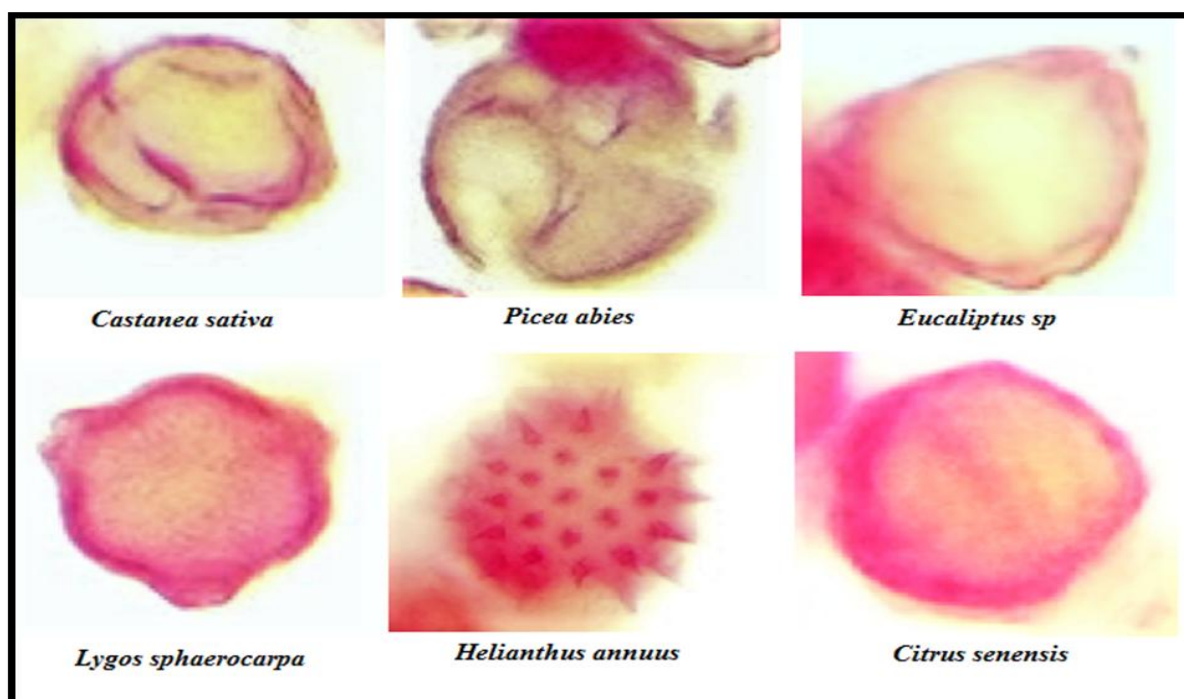


Figure 11. Photographie des grains de pollen présents dans l'échantillon E4 (G×100)

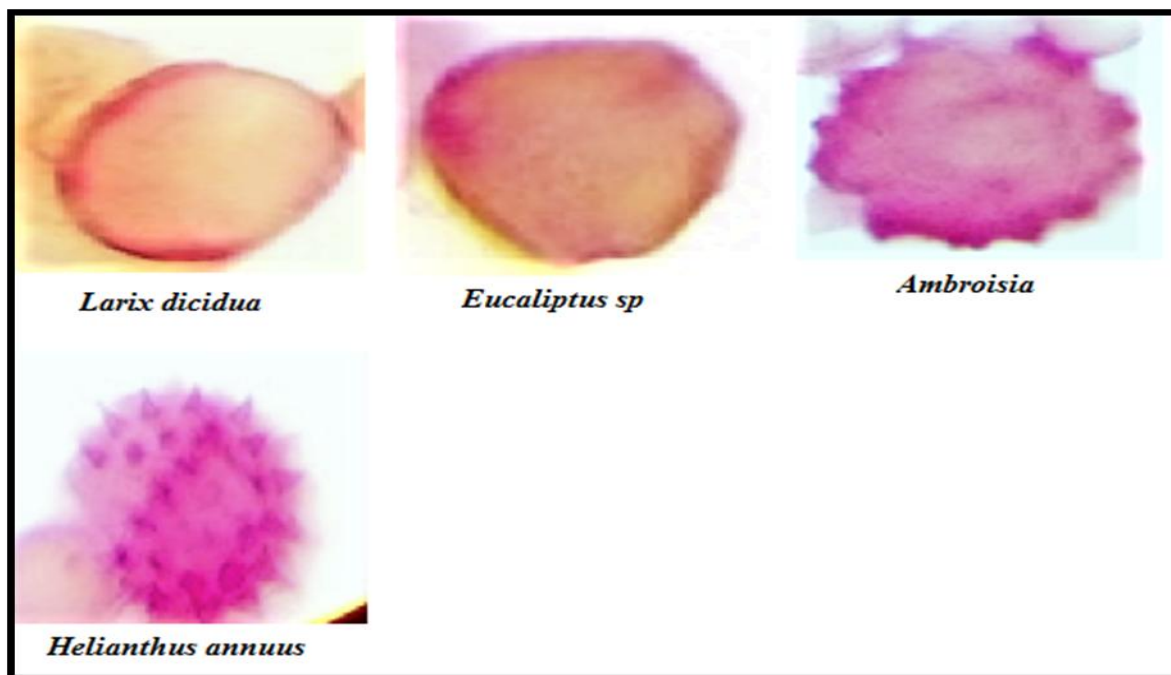


Figure 12. Photographie des grains de pollen présents dans l'échantillon E5 (G×100)

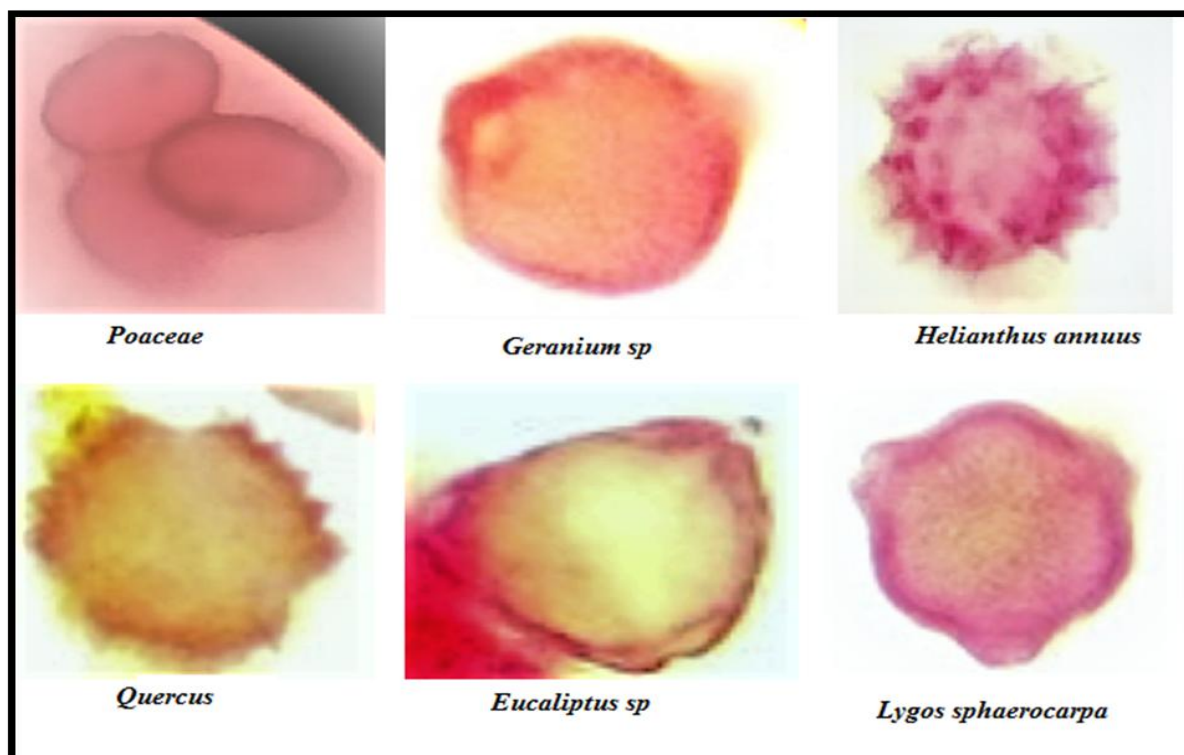


Figure 13. Photographie des grains de pollen présents dans l'échantillon E6 (G×100)

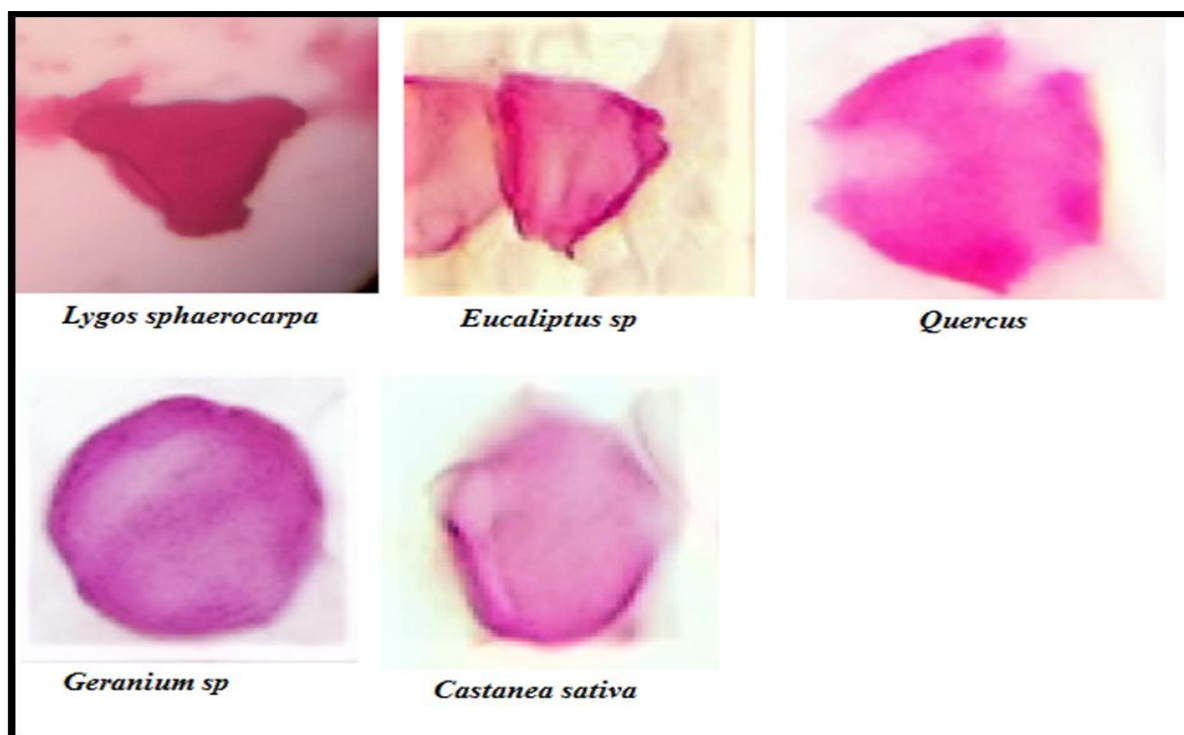


Figure 14. Photographie des grains de pollen présents dans l'échantillon E7 (G×100)

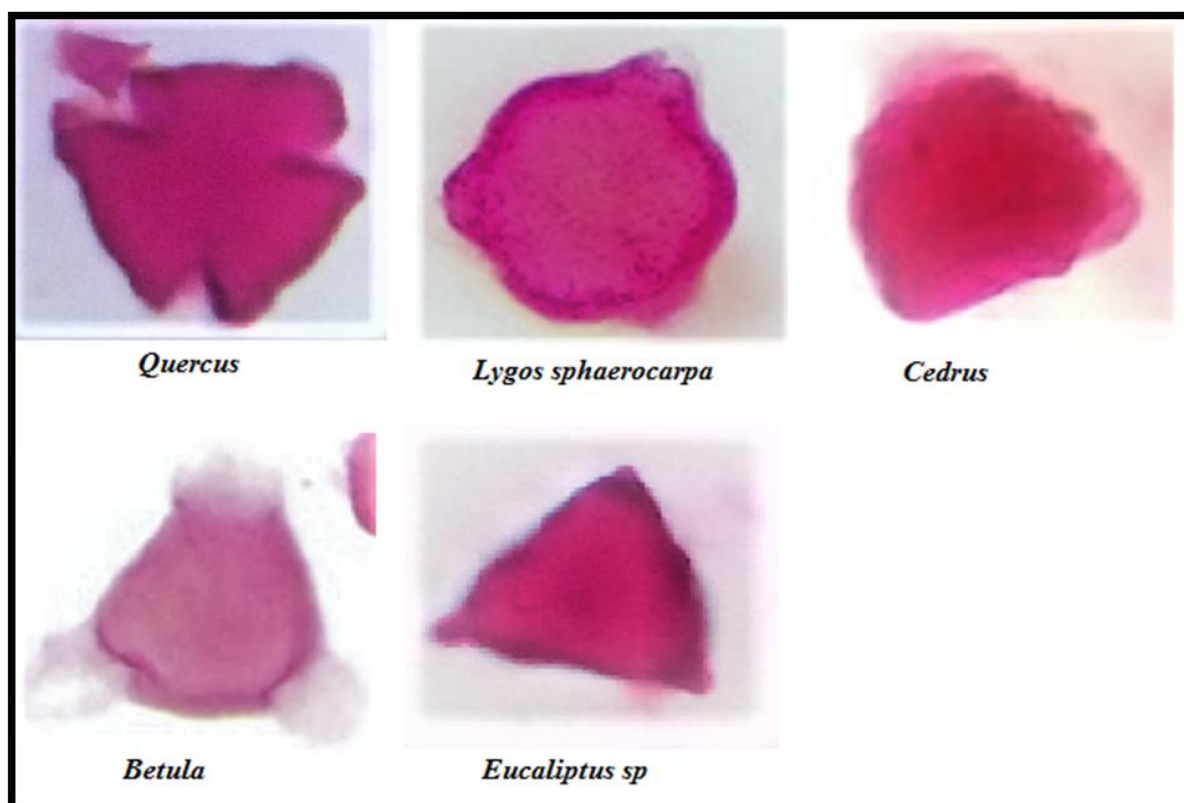


Figure 15. Photographie des grains de pollen présents dans l'échantillon E8 (G×100)

Nos résultats de l'analyse du pollen ont révélé une richesse en pollens, mais en faible quantité. En outre, le miel de notre région, surtout les échantillons **E6** et **E8**, est plus riche en pollens que celui importé (allemand); les espèces identifiées sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 7. Les grains de pollen identifiés dans les échantillons analysés.

Echantillons	Les espèces identifiées
E1	<i>Tilia, Acacia, Betula.</i>
E2	<i>Castanea sativa, Quercus, Larix decidua</i>
E3	<i>Heltianthus annuus, Larix decidua, Castanea sativa, Eucaliptus sp, Pinus sp, Erica, Geranium sp, Rosmarinus officinalis, Cedrus, Ambrosia, Abies.</i>
E4	<i>Castanea sativa, Eucaliptus sp, Heltianthus annuus, Picea abies, Lygos sphaerocarpa, Citrus seneensis, Lavandula stoechas, Corylus, Pinus sp, Poaceae, Larix decidua.</i>
E5	<i>Eucaliptus sp, Heltianthus annuus, Larix decidua, Cedrus, Ambrosia, Erica, Castanea sativa, Geranium sp.</i>
E6	<i>Poacée, Eucaliptus sp, Heltianthus annuus, Lygos sphaerocarpa, Quercus, Geranium sp, Cedrus, Castanea sativa, Betula, Pinus sp, Abies.</i>
E7	<i>Castanea sativa, Eucaliptus sp, Lygos sphaerocarpa, Quercus, Geranium sp.</i>
E8	<i>Eucaliptus sp, Lygos sphaerocarpa, Quercus, Betula, Cedrus, Abies, Citrus sinensis, Castanea sativa, Thymus, Lavandula stoechas.</i>

Selon l'analyse melissopalynologique, nos échantillons examinés sont des miels naturels d'abeille (**Abd Alla et al., 2014**). On pourrait également suggérer que ces miels ont été produits à partir de différents types de plantes (pollens et nectars). Selon la quantité de pollens observée, nous avons classé nos échantillons en 3 groupes (**Oroian et Sorina, 2017**) :

Classa I : Beaucoup de pollens (+++)

C'est le cas de l'échantillon **E2** qui renferme un nombre important de grains de pollen identifiés par comparaison avec des pollens de référence, nous pouvons dire qu'il confirme son appellation florale présumée, puisqu'il est dominé par les grains de pollen de *Castaania sativa* ; c'est un miel monofloral (miel de châtaigner).

Classe II : peu de pollens (++)

Les échantillons **E3**, **E4**, **E5**, **E6**, **E7** et **E8** sont des miels multif floraux, ils présentent différents types de pollens, après identification par comparaison avec des pollens de référence nous avons trouvé des pollens de : *Citrus sinensis*, *Heltianthus annuus*, *Thymus*, *Eucaliptus sp*, *Erica*, *Lygos sphaerocarpa*.

Classe III : Très peu de pollens (+)

L'échantillon **E1** est monoflorale car il renferme un nombre limité de pollens (*Tilia*).

Les familles végétales mellifères les plus représentées sont : *Heltianthus annuus*, *Castanea sativa*, *Eucaliptus sp*, *geranium sp*, *Lygos sphaerocarpa*, *Pinus sp*, *Geranium sp*.

Les familles végétales faiblement représentées sont : *Lavandula stoechas*, *Citrus sinensis*, *Picea abies*, *Erica*, *Thymus*, Bouleau, *Quercus* et *Acacia*. La présence de toutes ces variétés reflète la grande diversité de végétations sur le plateau de la région (**Adeonipekun, 2017**). La melissopalynologique des échantillons a montré une grande variabilité entre les échantillons provenant de différentes origines géographiques du miel. Elle fournit des informations sur la végétation où le miel a été recueilli : *Castanea sativa*, *Erica*, *Pinus*, *Eucalyptus*, *Thymus* et *Quercus*.

Selon **Estevinho et al., (2012)**, l'un des aspects fondamentaux de la qualité le miel qui affecte sa valeur commerciale est sa déclaration botanique et géographique d'origine. Les résultats de l'analyse du profil de pollen nous ont permis de déterminer son origine florale et confirmer l'identité du miel, source indiquée par les apiculteurs. Nos résultats d'analyse qualitative du pollen ont montré que tous les échantillons analysés possèdent des pollens d'*Erica sp*.

La présence de pollens dominants et secondaires des plantes nectarines est connue pour être les déterminants fondamentaux pour trouver l'origine du miel et par conséquent affecter les paramètres de qualité (**Estevinho et al., 2012**).

D'après **Flores (2015)**, nos échantillons présentent des grains de pollen d'eucalyptus et d'érice qui caractérisent la région. D'autre part les résultats obtenus, nous ont permis de confirmer que les miels sont recueillis pendant la saison estivale, car les miels contiennent des grains de pollen des plantes qui fleurissent à la fin du printemps et pendant l'été (*Castanea sativa* ou *Heltianthus annuus*). Le pollen de *Quercus* était présent à des niveaux faibles car il fleurit au début du printemps.

Selon **Rosidi et al., (2016)**, la présence d'une grande diversité de pollens nous a également indiqué que les miels étaient purs et non falsifiés. Les variations de la teneur en nectar, ainsi que d'autres facteurs telles que les conditions climatiques, le type de sol, les activités d'apiculteur contribuent ainsi à l'existence de différents types de miels. Les différences dans leur composition, signifient également des différences dans les propriétés organoleptiques et nutritionnelles de ces miels.

IV.3. Analyse physico-chimique

IV.3.1. Degré brix

La concentration de miel (Brix) qui représente la teneur en solides dissous principalement des composés de sucre, variait entre 77.8 ± 0.56 et 80.09 ± 0.41 brix avec une moyenne de 79 brix (**figure 16**). Les résultats obtenus présentent des différences non significatives ($p > 0.05$).

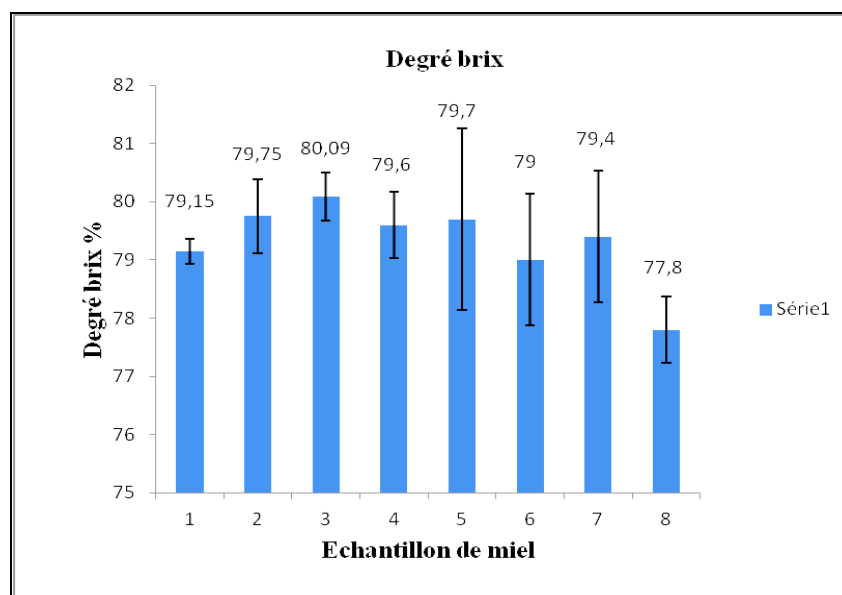


Figure 16. Représentation graphique des valeurs du degré brix (%).

Les normes des miels exigent que le degré Brix des miels soit de 70 à 88 %. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par **Oroian et al. (2017)**, avec des degrés Brix allant de 76.3 à 85.3 %. Les différences dans nos échantillons de miel pourraient être liées au climat, à la source florale et à d'autres facteurs (**Cenet et al., 2017**).

IV.3.2. Activité de l'eau

L'activité de l'eau est influencée par la concentration molaire des espèces solubles présentes dans le miel. Les substances qui ont une masse moléculaire élevée ou qui sont présentes en petites quantités telles que les composés azotés (protéines, enzymes, acides aminés), acides

organiques, vitamines, composés aromatiques ou minéraux ne contribuent pas à la grandeur de l'activité de l'eau (Oroian *et al.*, 2017).

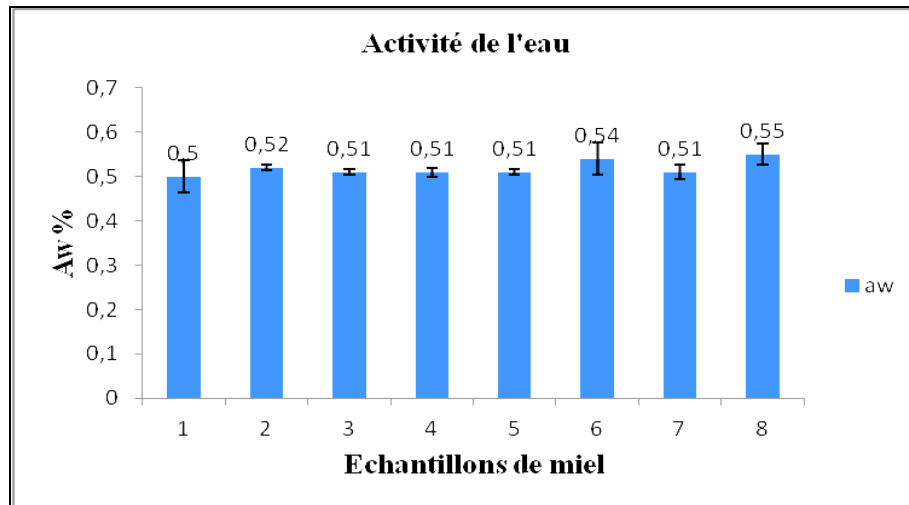


Figure 17. Représentation graphique des valeurs de l'Aw (%)

Nous remarquons que l'aw de nos échantillons du miel varie de 0.5 à 0.55 %, avec une moyenne de 0.51 (figure 17). Ces valeurs se situent bien dans l'intervalle préconisé par Bogdanove (2017). Cette légère variation était évidemment liée à la source florale de nectar (Adenekan *et al.*, 2010). Les résultats obtenus présentent des différences non significatives ($p > 1$).

Compte tenu de ce fait, on peut conclure que l'activité de l'eau de miel est influencée principalement par les concentrations de fructose, de glucose et dans une certaine mesure, par la teneur en saccharose (Oroian *et al.*, 2017).

Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Oroian *et al.* (2017), avec des Aw allant de 0.48 à 0.6 %, et Adenekan *et al.* (2010) des Aw allant de 0.41 à 0.56 %.

IV.3.3. Humidité

La teneur en humidité est l'un des paramètres les plus importants du miel; le Codex Alimentarius (2001) a fixé une limite de 20 % dans le cas du miel, car à des niveaux supérieurs à 20 %, les processus de fermentation sont accélérés pendant le stockage. Dans notre cas, la teneur en humidité du miel variait entre 13.46 ± 2.00 et 16 ± 1.4 %, tous nos échantillons respectent le seuil fixé par le Codex Alimentarius (2001).

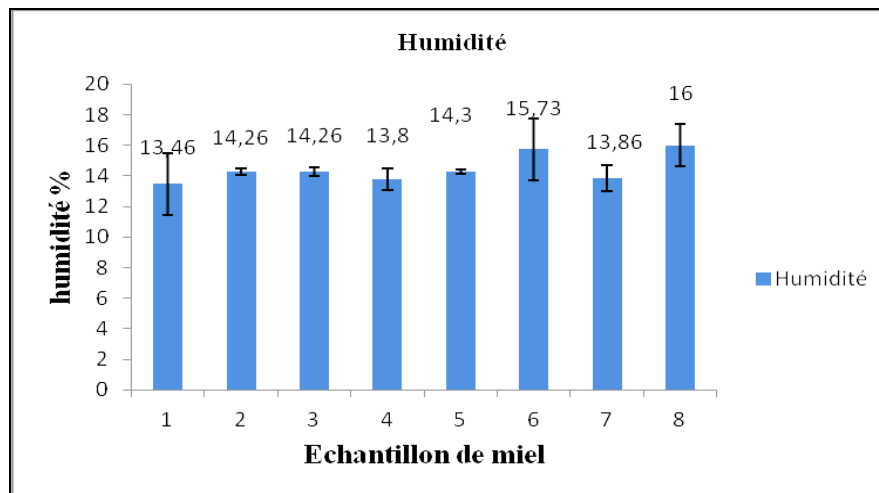


Figure 18. Représentation graphique des valeurs d'humidité (%)

Les miels de Hamza et Texanna (**figure 18**) ont enregistré la plus forte teneur en humidité 15.75 ± 2.0 et 16 ± 1.4 %, respectivement, tandis que le miel industrielle allemand ont enregistré des niveaux de la teneur en humidité entre 13.46 ± 2.00 et 14.26 ± 0.23 , respectivement. Les résultats obtenus présentent des différences non significatives ($p > 0.05$).

Différentes organisations d'apiculture en Allemagne, en Belgique, en Autriche, en Italie et en Suisse ont recommandé un taux d'humidité maximal de 18 à 18.5 % (**Ahmed et al., 2016**). Alors le risque de fermentation est très faible dans nos échantillons ce qui confirme que nos échantillons peuvent être conservés sans risque d'altération sur le plan physico-chimique.

No résultat sont conformes à celles obtenues par **Ahmed et al., (2016)** et **Oroian et al., (2017)**, en analysant des miels d'origines diverses ; ils ont trouvé des valeurs variant entre 14.4 et 19.9 %, avec une moyenne de 17.2 %. L'étude effectuée par **Achouri et al., (2016)** sur les miels algériens a révélé des valeurs comprises entre 13 et 15 % avec une moyenne de 13.85 %.

La teneur en humidité est influencée par les conditions climatiques telle que le climat, le sol, l'origine géographique et botanique et la saison de production (**Flores et al., 2015**), l'origine florale, la teneur en eau du nectar (**Nabti et al., 2016**), le degré de maturité et les conditions d'extraction, de stockage et de manipulation de l'apiculteur pendant la récolte (**Halazouka et al., 2016, Oroian et al., 2017**).

La teneur en humidité influence la viscosité, la couleur, la saveur, la cristallisation, le goût, la solubilité, la gravité spécifique et la conservation du miel (**Kadri et al., 2017 ; Pita-Calvo et al., 2017**).

L'humidité peut augmenter pendant le traitement et le temps de stockage et devrait être évalué depuis son augmentation qui rend le miel plus sensible au processus de fermentation (Oliveira et al., 2017) ; plus le taux d'humidité est élevé dans le miel, plus la fermentation de levure est grande (changement de saveur et de couleur du miel) (Kaur et al., 2016).

La fermentation du miel indésirable au cours de stockage est provoquée par l'action des levures osmo-tolérantes conduisant à la formation de l'alcool éthylique et le dioxyde de carbone. L'alcool peut être en outre oxydé en acide acétique et eau, entraînant un goût amer (Doukani et al., 2014). La teneur en humidité joue un rôle important dans la durée de conservation du miel car une faible teneur en eau rend la durée de conservation du miel très longue puisqu'elle empêche la fermentation de levure osmo-tolérante. (Ahmed et al., 2016).

IV.4. Cendres

Les résultats analytiques des taux de cendres de nos échantillons étudiés sont représentés dans la figure suivante :

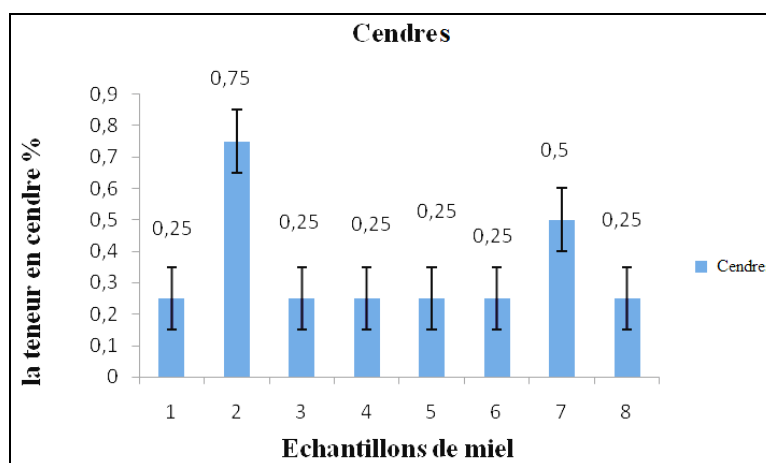


Figure 19. Représentation graphique des valeurs des cendres (%)

La teneur en cendres dans les échantillons de miel analysés varie entre 0.25 et 0.75 %, d'après Laouar et Taher., (2017), ces miels ont une origine nectarifère. Les résultats obtenus présentent des différences non significatives ($p > 1$).

La teneur en cendres est un paramètre utilisé pour déterminer l'origine botanique (floral, miellat ou mixte). La teneur maximale en cendres dans les miels de fleurs est égale à 0.6 % (Laouar et Taher., 2017). Et celle du miel de miellat est de 1.2 % (Doukani et al., 2014).

Le Codex Alimentarius (2001) n'a pas établi de niveau pour le contenu en cendres, celui-ci peut varier entre 0.02 et 1.03 %. La teneur en cendres est exprimée par le contenu minéral présent dans le miel (Oroian et al., 2017). Elle représente un indicateur du contenu minéral qui est un critère de qualité pour l'origine du miel (Pita-Calvoet al., 2017).

La variation de la teneur en cendres peut s'expliquer par les procédés de récolte, les techniques de l'apiculture et les matériels collectés par les abeilles lors de la recherche de nourriture sur la fleur et principalement déterminée par la nature du sol et le climat (**Balhaj et al., 2015**).

Les variations de la teneur en cendres dans le miel peuvent être dues à la matière collectée par les abeilles pendant la recherche de nourriture sur la flore et aussi de différents types de miel d'origine botanique (**Kek et al., 2016**).

IV.5. Conductivité électrique

Les résultats issus de cette analyse sont portés sur la **figure 20**.

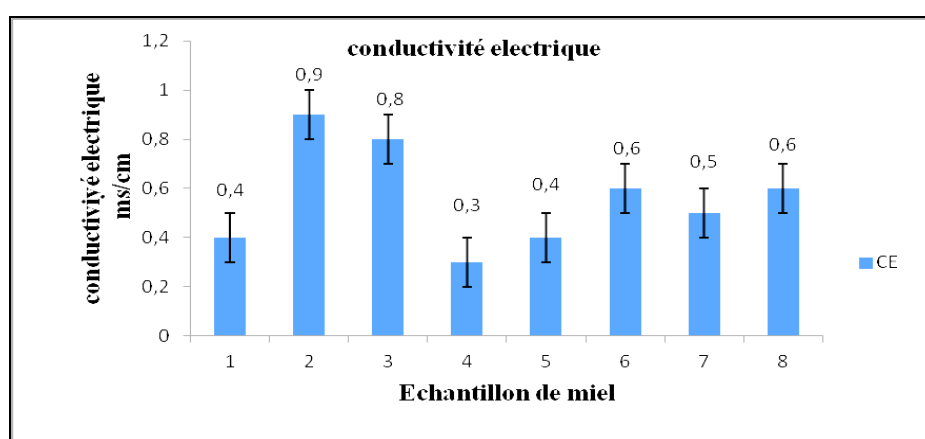


Figure 20. Représentation graphique des valeurs de la conductivité électrique (mS/cm)

Les valeurs de la conductivité électrique (mS/cm) dans les échantillons de miel variaient dans de 0.3 à 0.9 ms/cm avec un moyenne de 0.56 (**figure 20**), elles sont dans les normes (inférieurs à 0.8 mS/cm) et correspondaient à ceux précédemment rapportés par **Ahmed et al. (2016)**.

Les miels de nectar ont une conductivité allant de 0.1 à 0.5 mS/cm, par contre le miel de miellat de 1.0 à 1.5 mS/cm, les valeurs médianes correspondent à des mélanges de deux origines (nectar + miellat) (**Doukani et al., 2014**).

Ces valeurs correspondent à ceux rapportées par le Codex, ces dernières ne dépassent pas 0.8 mS/cm pour les miels de nectar, et supérieures à 0.8 mS/cm pour les miels de miellat.

Tous les échantillons mesurés ont une conductivité au-dessous de la limite préconisée, ce qui suggère encore une fois que les miels recueillis pour cette étude étaient d'origine florale.

Les échantillons (**E2** et **E3**) sont les meilleurs conducteurs du courant électrique (0.8 et 0.9 mS/cm) par rapport aux autres échantillons du miel.

Oroian et al. (2017), ont constaté que la conductivité électrique étant plus élevée dans le cas des miels de couleur foncée. Nos résultats obtenus présentent des différences non significatives ($p > 1$).

La conductivité électrique du miel présente une grande variabilité selon l'origine florale et peut être utilisée pour différencier les échantillons de miel. La conductivité électrique d'une solution aqueuse mesure sa capacité à effectuer le courant électrique au moyen d'un mouvement ionique. Le miel contient des acides organiques, des minéraux, de la teneur en cendres, des protéines et des sels minéraux, qui sont ionisables en solution et ont la propriété de conduire un courant électrique (**Kaur et al., 2016**).

Les miels de miellat ont une conductivité électrique plus élevée en raison des concentrations élevées en ions reflétées par la teneur en cendres (**Oroian et al., 2017**)

Selon **Doukani et al. (2014)**, la conductivité électrique est influencée par le pH de la solution, la valence des ions et le degré d'ionisation. C'est un bon critère lié à l'origine botanique du miel, il est très souvent utilisé dans les contrôles de routine du miel au lieu de la teneur en cendres.

Ces valeurs sont supérieures à celles trouvées par **Pasias et al. (2017)** qui varient entre 8 et 22 mS/cm. et **Laouar et Taher. (2017)** qui travaillé sur des miels algériens, et révélé des valeurs qui varient de 0.1 à 0.39 mS/cm, avec une moyenne de 0.245 mS/cm. Ces valeurs sont similaires à celles rapportées par **Cenet et al., (2017)** qui oscillent entre 0.24 à 0.9 mS/cm.

IV.6. pH

Les résultats du pH issus de cette analyse nous a donnés des indications sur l'acidité des miels analysés. Ces valeurs sont présentées dans la **figure 21**.

L'examen des résultats montre que la valeur de pH dans tous les échantillons varie entre $3,94 \pm 0,05$ pour l'échantillon **E5** à $5,16 \pm 0,07$ pour l'échantillon **E2**, avec une moyenne de 3.81. Ces résultats montrent que tous nos échantillons de miels analysés proviennent d'une source de nectar (**Laouar et Taher., 2017**). Le pH des miels en fleurs varie entre 3.3 et 4.6. Une exception est observée pour le miel de châtaigne avec une valeur de pH relativement élevée de 5 à 6 (**Bogdanov, 2017**).

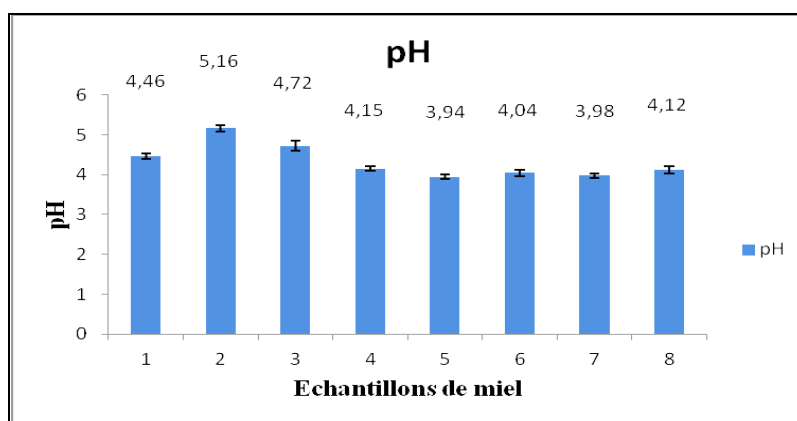


Figure 21. Représentation graphique des valeurs du pH

Ce paramètre est important lors de l'extraction et du stockage du miel, car il influence la stabilité, la texture et la durée de conservation (Kadri *et al.*, 2017), il peut être utilisé pour montrer une contamination microbienne (Pita-Calvo *et al.*, 2017). La détermination du pH dans les échantillons de miel est important pour confirmer son authenticité, car une addition de sucre dans le miel augmente considérablement les valeurs de pH (Oliveira *et al.*, 2017).

Le pH acide du miel est indépendant de sa région géographique, mais en raison de la présence d'acides organiques formés après la fermentation des sucres et des anions inorganiques (phosphates et sulfates). Ces acides organiques contribuent à la saveur, au pH acide du miel qui le stabilise et empêche la croissance bactérienne (les bactéries poussent dans des milieux neutres ou légèrement alcalins). Les miels en fleurs et le miel du miellat peuvent être distingués par les valeurs de pH (Ahmed *et al.*, 2016). Donc tous les miels étudiés sont acides. Nos résultats sont conformes à ceux trouvés par Cenet *et al.* (2017), qui ont annoncé que les miels ont un pH compris entre 3.80 et 4.24.

Nos résultats sont conformes avec ceux représentés par Bogdanov *et al.* (2017) qui ont signalé que les miels issus de nectar ont un pH compris entre 3.5 et 4.6, par contre ceux provenant des miellats sont compris entre 5 et 6.5.

La variation du pH serait due à la flore butinée, à la sécrétion salivaire de l'abeille et aux processus enzymatiques et fermentatifs pendant la transformation de la matière première (Doukani *et al.*, 2014).

Tous les miels Algériens étaient de nature acide, avec un pH qui varie entre 3.94 et 4.46. Ces valeurs sont similaires à celles rapportées par d'autres auteurs en Inde, Brésil, Espagne et Turquie, qui auraient entre 3.49 et 4.0 (Doukani *et al.*, 2014).

Aucun de nos échantillons étudiés n'a dépassé la limite permise, ce qui peut être considéré comme un indice de fraîcheur. On conclut que nos échantillons sont tous des miels de nectar.

IV.7. Acidité

Les données de l'acidité totale obtenues sont présentées dans la figure suivante :

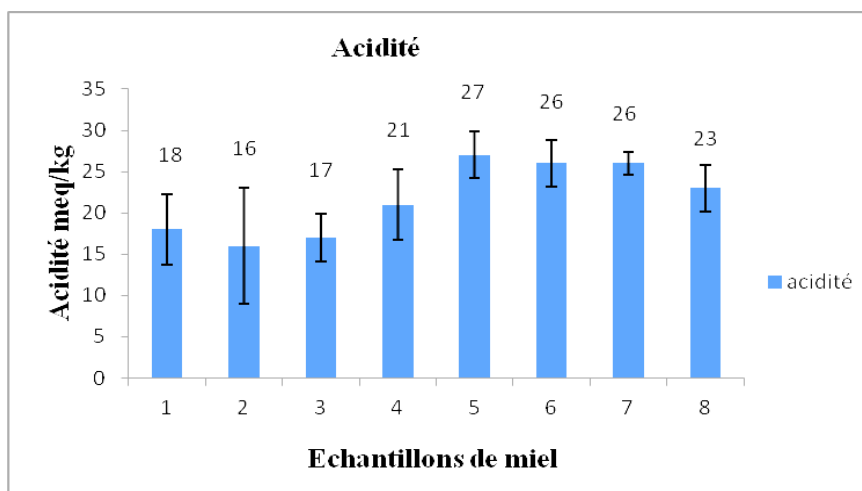


Figure 22. Représentation graphique des valeurs de l'acidité

D'après la **figure 22**, nous remarquons que les valeurs d'acidité libre des miels varient de 16.0 à 27.0 milliéquivalent/kg, avec une moyenne de 21.75. La plus forte valeur est obtenue dans le miel du Djimla **E5** (27.00±2.82), suivie de Hamza et Texanna **E6** et **E7** (26±2.82). D'autre part, la valeur la plus basse a été enregistrée dans l'échantillon **E2** (16.00±7.07). Les résultats obtenus présentent des différences non significatives ($p \leq 1$).

Selon les normes internationales de **Codex (2001)**, l'acidité libre du miel ne doit pas dépasser 50 milliéquivalents d'acide par kg. Nos miels étudiés sont conformes aux normes préconisées. Ce qui peut être considéré comme un indice de fraîcheur de tous les échantillons de miel et une absence de fermentations indésirables (**Alvarez-Suarez et al., 2010** et **Doukani et al., 2014**).

Les différences dans l'acidité des échantillons de miel ont été liées à la saison et au type d'espèce végétale où l'abeille récolte le nectar (**Cenet et al., 2017**). L'acidité libre se caractérise par la présence d'acides organiques en équilibre avec leurs lactones, leurs esters et leurs ions inorganiques respectifs. C'est un paramètre utilisé pour évaluer la détérioration du miel, car la fermentation du sucre en acides organiques augmente sa valeur (**Oliveira et al., 2017**).

L'acidité naturelle du miel s'accroît lorsque le miel vieillit, lorsqu'il est extrait des rayons avec de la propolis et notamment lorsqu'il s'altère par fermentation. L'acidité est un critère important de qualité, elle donne des indications très importantes de l'état du miel (**Doukani et al., 2014**).

IV.8. Densité

Les valeurs obtenues sont comprises entre 1.31 et 1.47. **Laouar et Taher., (2017)** ont constaté que les valeurs de densité des miels oscillent entre 1.32 à 1.55.

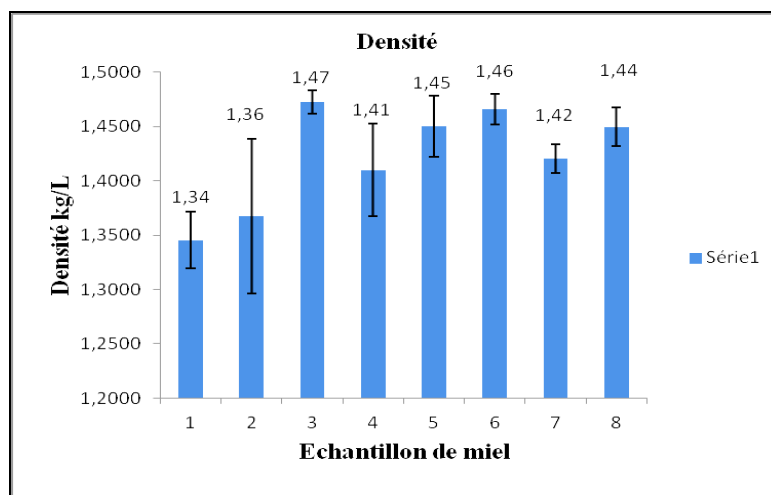


Figure 23. Représentation graphique des valeurs de la densité (kg/l)

La densité des échantillons de miel était supérieure à la densité de l'eau dans tous les échantillons; elle variait (à 20 °C) entre 1.317 et 1.476 kg/l. La densité est légèrement influencée par la température (**Oroian et al., 2013**). Les valeurs de la densité de miel (**figure 23**) dans les 8 échantillons sont comparables à celles d'**Oroian et al. (2013)** ; elles varient de 1.38 à 1.40 kg/l). Les résultats obtenus présentent des différences non significatives ($p \leq 1$).

IV.9. Indice diastasique

Les valeurs de l'index de la diastase des miels varient de 11.53 à 37.5 avec une moyenne de 24.53 kg/l. On constate que ces valeurs sont dans les normes fixées par le **Codex Alimentarius (2001)** qui est > 8 . Les résultats obtenus présentent des différences non significatives ($p > 1$).

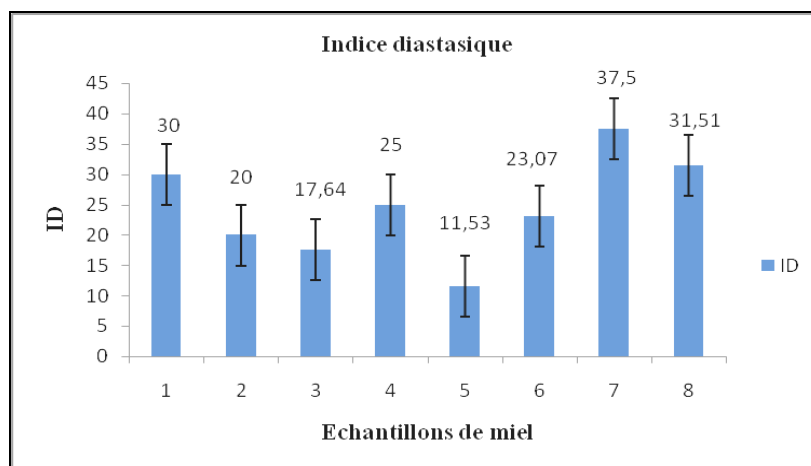


Figure 24. Représentation graphique des valeurs de l'indice diastasique (ID)

La diastase est le nom commun de α -amylase trouvée dans le miel, naturellement sécrétées à partir de la glande salivaire de l'abeille cette enzyme mesure les activités combinées des α -et β -amylases dans le miel. L'enzyme diastase facilite la conversion de l'amidon au maltose et qui est logiquement affaiblie et détruite par la chaleur, car elle diminue chez les miels anciens, chauffés ou stockés pendant une longue durée (**Kek et al., 2016** et **Pita-Calvo et al., 2017**).

L'activité diastase a été utilisée comme indicateurs de la fraîcheur de miel (**Flores et al., 2015**). Les miels ont présenté des taux élevés de diastase, avec des valeurs moyennes de 24.53 ID. Ces résultats ont indiqué que le miel était frais. Une valeur minimale de 8 unités de diastase est définie dans le Codex Alimentarius et la directive européenne sur le miel (**Bogdanov, 2017**).

La gamme de l'activité diastase était supérieure à celle trouvée dans d'autres miels où des valeurs varient entre 8 et 24.9 ND et 8 à 22 ND rapportées par **Halouzka et al. (2016)** et **Pasias et al. (2017)**, respectivement.

L'échantillon **E8** a une activité enzymatique la plus élevée (31.51 DN) tandis que l'échantillon **E5** a eu la plus faible (11.53 DN). Ces écarts sont liés à l'origine florale du miel, au stade physiologique des abeilles ainsi qu'au flux de nectar et aux modèles de nourriture des abeilles. Tous ces facteurs pouvant influencés l'activité enzymatique. Tous les échantillons de miel ont respecté les limites de l'UE fixées pour l'activité diastase (**Blidi et al., 2017**).

Les différences dans l'activité de la diastase chez les miels peuvent varier en fonction de l'âge des abeilles, de la saison de collecte du nectar, de la période physiologique de la colonie, de la grande quantité de nectar et de sa teneur en sucres car un débit élevé de nectar et de pollen aboutit à la consommation de l'enzyme.

Une faible activité diastasique survient lorsque les abeilles sont alimentées artificiellement.

Des auteurs ont constaté que les abeilles nourries avec le glucose commercial peuvent avoir une déficience enzymatique (en particulier la diastase) qui est utilisée pour convertir le glucose et le fructose. Ils ont également proposé que les miels à faible activité diastase doivent contenir au maximum 15 mg/kg de HMF, afin de prouver que le miel n'a pas subi de traitement thermique ou de stockage prolongé (**Pasias et al., 2017**).

IV.10. Dosages des sucres par HPLC

Les glucides sont les principaux constituants du miel (95 à 99 % de la matière sèche). Ces sucres sont composés principalement de: fructose, glucose et saccharose.

Les sucres de miel ont été déterminés par HPLC (Halouzka et al., 2016). Les résultats sont présentés dans la figure 26 :

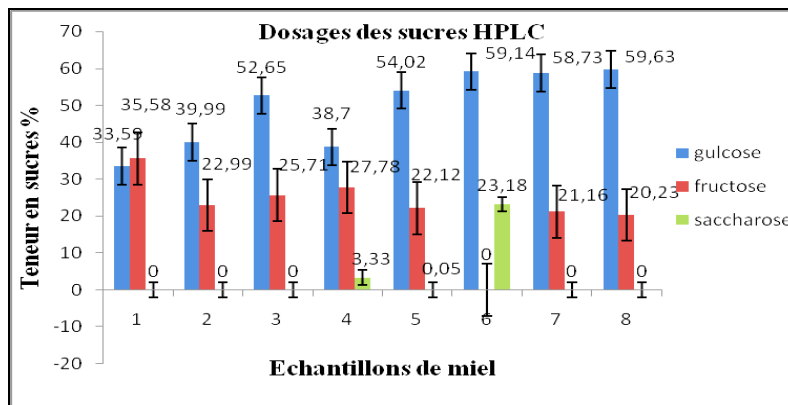


Figure 25. Représentation graphique des valeurs de dosage des sucres (%)

Les teneurs moyenne en fructose, glucose et saccharose du miel ont été fixées respectivement à 21.94 g/100g, 49.55 g/100 g, 3.32 g/100 g du miel, on a constaté que le sucre majeur trouvé dans les miels était le glucose avec une concentration varie de 59.63 g/100 g dans l'échantillon **E8** à 33.58 g/100 g du miel dans l'échantillon **E1**. Le deuxième sucre dominant est le fructose ; sa concentration varie de 33.59 g/100 g dans l'échantillon **E1** à 20.23 g/100 g du miel dans l'échantillon **E8**, à l'exception, l'échantillon **E6** a enregistré une absence du fructose. En ce qui concerne le saccharose, on a trouvé une concentration varie de 3.33 g/100 g dans l'échantillon **E4** à 0.05 g/100 g du miel dans l'échantillon **E5**, alors que le reste des échantillons en enregistré une absence totale du saccharose. Elles sont dans les normes données par le **codex alimentaire (2001)**, la somme des teneurs en fructose et en glucose au minimum 60 g/100g, la teneur en saccharose au maximum 5 g/100 g, en revanche l'échantillon **E6** a enregistré une valeur de 23.18 g/100 g du miel.

Nos résultats sont semblables à ceux donnés par **El Sohaimy et al. (2015)** en ce qui concerne les concentrations de fructose et de saccharose varient entre 50.78 ± 0.41 g/100g et 4.48 ± 0.31 g/100g et de 3.59 ± 0.20 g/100g à 1.34 ± 0.19 g/100g, respectivement, alors qu'elles sont supérieures pour le glucose 26.54 ± 0.31 g/100g à 10.34 ± 0.32 g/100g du miel.

La composition du sucre dépend principalement de l'origine botanique du miel (les types de fleurs utilisées par les abeilles), de l'origine géographique, le climat, le traitement et le stockage. La concentration de fructose et de glucose, ainsi que le rapport entre eux, sont des indicateurs utiles pour la classification des miels.

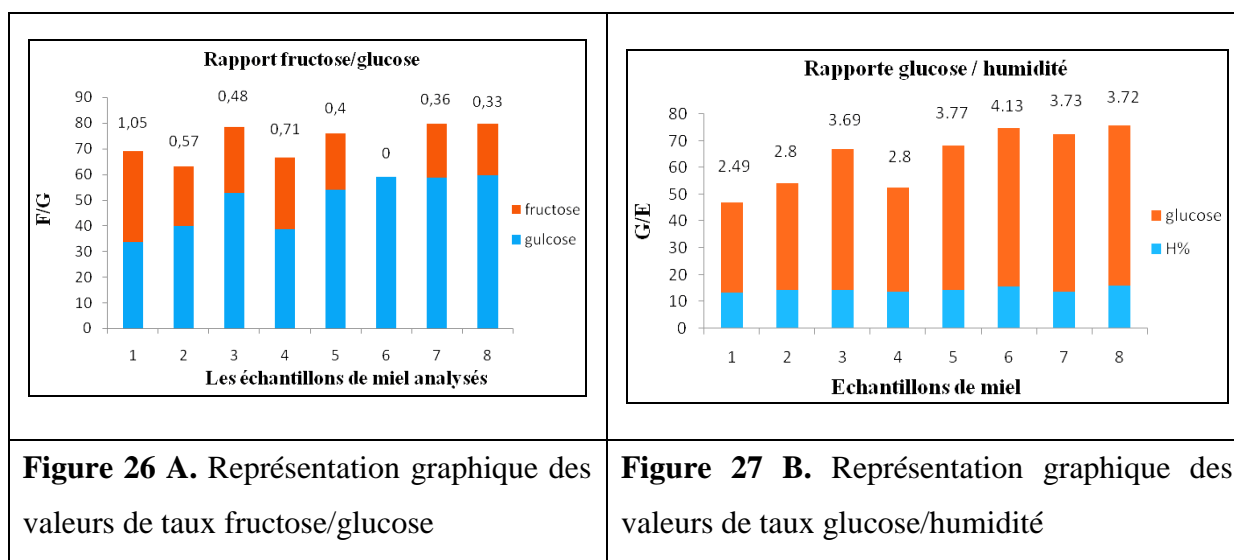
Presque dans tous les types de miel, le fructose est le glucide ont la plus grande proportion, à l'exception de certains miels tels que *Brassica napus* et le *Taraxacum officinale*, dans lequel

la fraction de glucose peut être supérieure à la fraction de fructose et, par conséquent, Les miels en général ont une cristallisation rapide (da Silva et al., 2015).

La teneur élevée en fructose a indiqué une alimentation naturelle des colonies de miel, elle a confirmé la qualité élevée des types de miel étudiés, alors que la concentration élevée en saccharose indique une suralimentation en sucre (El Sohaimy et al., 2015).

11. Rapport fructose/glucose et glucose/humidité

Les chiffres des rapports fructose/glucose (F/G) et glucose/eau (G/E) sont spécifiques à chaque variété de miel. Le miel dont le taux de fructose est élevé reste plus longtemps liquide. De plus, le rapport G/E renseigne surtout sur la tendance à la cristallisation du miel. Plus le rapport G/E est élevé, plus le miel cristallisera rapidement. Avec une valeur G/E supérieure à 1.7 la cristallisation est probable. En principe, le miel qui a une valeur G/E inférieure à 1.7 reste liquide pendant plus d'une année lors de son stockage (Bogdanov, 2008).



D'après les résultats présentés dans la **figure 26 A et B**, le rapport fructose/glucose varie entre 1.05 dans l'échantillon **E1** et 0.33 dans l'échantillon **E8** à cause de l'absence du fructose dans l'échantillon **E6** donc le rapport fructose/glucose est nul. Ces résultats sont identiques à ceux présentés par **El Souhaimy et al. (2015)**. Le rapport F/G pour tous les échantillons étudiés oscille entre 2.35 ± 0.02 et 0.42 ± 0.02 , d'autre part, il est inférieur à celui présenté par **Halouzka et al. (2016)** qui varie entre 1.00 et 1.11 pour les miels mixtes, tandis que les miels mono-floraux avaient un rapport moyen de F/G de 1.28 à 1.65. Le rapport du fructose/glucose (F/G) est utilisé pour déterminer la granulation du miel car le glucose est moins soluble que le fructose. Les miels aux rapports élevés en fructose/glucose resteraient liquides pendant des périodes plus longues. Le rapport F/G peut avoir un impact sur la saveur du miel, puisque le fructose est beaucoup plus doux que le glucose. La proportion de fructose et de glucose

dépend en grande partie des sources de nectar (**Halouzka et al., 2016**). Le miel qui contient moins de glucose que le fructose, a la capacité d'être liquide. En outre, la cristallisation du miel dépend d'autres facteurs tels que la présence d'autres sucres (saccharose, maltose), une substance insoluble (dextrine, colloïdes, pollens) et la température de stockage qui peuvent influencer le processus de cristallisation (**El Sohaimy et al., 2015**).

En ce qui concerne le rapport glucose/eau, les valeurs varient de 4.13 à 2.49, elles sont supérieures à celles présentées par **El Sohaimy et al. (2015)** qui ont présenté des résultats variant de 1.56 ± 0.025 à 0.72 ± 0.025 . Le rapport G/E est considéré comme un indicateur approprié que le rapport F/G pour la prédiction de la cristallisation du miel. On obtient la moindre capacité de cristallisation du miel lorsque le rapport glucose/eau est inférieur à 1.0 alors que les miels sont complètement cristallisés lorsque ce rapport est supérieur à 2.0.

La concentration de fructose et de glucose ainsi que leur rapport et rapport G/E sont des indicateurs utiles pour la qualité du miel (**El Sohaimy et al., 2015**). Le miel avec un faible rapport F/G et G/E élevé est susceptible de cristalliser plus rapidement que le miel avec F/G élevé et faible G/E. Comme le glucose est moins soluble dans l'eau que le fructose, le glucose a tendance à sortir de la solution de miel pour former des cristaux. La proportion de sucre dépend en grande partie de la source de nectar collecté par les abeilles, le climat saisonnier et l'origine géographique (**Kek et al., 2016**). La cristallisation du miel est plus rapide lorsque le rapport F/G est inférieur à 1.0 et il ralentit lorsque ce rapport dépasse cette valeur (**El Sohaimy et al., 2015**).

IV.11. Glucides

Les données de la teneur en glucides et de l'énergie obtenues sont présentées dans les **tableaux 8 et 9** suivante :

Tableau 8. La teneur en glucide dans les échantillons de miel analysés.

Echantillons	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Glucide (g/100g de miel)	85.64	80.24	84.83	82.38	ND	65.65	ND	67.49

ND : Non détecté

IV.12. Énergie

L'énergie d'un aliment dépend de la quantité des glucides, des protéines et des matières grasses contenues dans l'aliment (**Kek et al., 2016**). La teneur en énergie des échantillons de miel a été calculée comme suit:

Tableau 9. La teneur en glucide dans les échantillons de miel analysés.

Echantillons	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Energie (kcal/100 g)	280.28	292.92	318.08	336.04	ND	493.76	ND	464.48

ND : Non détecté

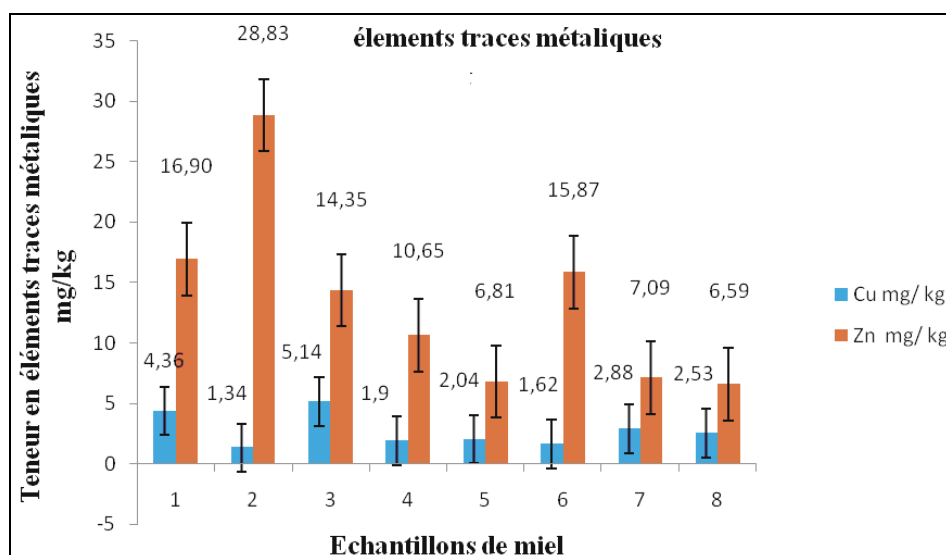
Les glucides dans les échantillons de miel étudiés étaient de 65,65 à 85,64 g / 100 g tandis que l'énergie des échantillons de miel était de 280,28 à 464,48 kcal / 100 g correspondant à 1172.69 -1943.38 kJ / 100 g (**tableau 7 et 8**).

Les valeurs des hydrates de carbone et de l'énergie dans les miels importés étaient plus élevées que les miels locaux en raison de la teneur en humidité plus élevée et de la teneur en sucre plus élevée dans ces échantillons. Le miel E8 avec la teneur en humidité et les protéines présente la teneur faible en hydrates de carbone et l'énergie la plus élevée (**kek et al., 2016**).

IV.13. Eléments traces métalliques

Les éléments traces métalliques peuvent être un bio-marqueur de la pollution environnementale dans la zone de forage des abeilles où elles peuvent transporter les polluants à partir des plantes, de l'air, de l'eau et du sol vers les ruches (**Kek et al., 2016**).

La **figure 27** indique la concentration de deux éléments essentiels (Cu et Zn), par contre, la **figure 28** montre la concentration de deux éléments toxiques (Pb et Cd) obtenus à partir des échantillons de miel étudiés.

**Figure 27.** Teneur en éléments (Cu et Zn) dans les miels analysés (mg/kg)

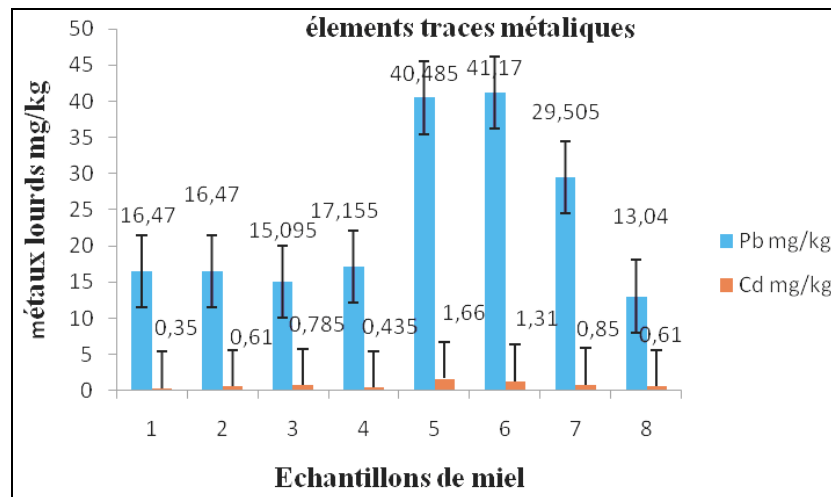


Figure 28. Teneur en éléments toxiques (Pb et Cd) dans les miels analysés (mg/kg)

La teneur en éléments traces métalliques dans les miels présente des variations selon l'origine botanique, les conditions pédoclimatiques et les techniques d'extraction (**Karabagias, 2016**). Elle est fortement influencée par la région et la saison (**Mbogning, 2011**).

Les résultats obtenus montrent que les concentrations en Zn sont plus élevées par rapport au Cu avec une moyenne de 13.388 mg/kg, la plus haute concentration a été enregistrée dans l'échantillon **E2** avec une valeur de 28.835 mg/kg suivie de l'échantillon **E1** (16.95 mg/kg), l'échantillon **E6** (15.875 mg/kg), l'échantillon **E3** (14.35 mg/kg), l'échantillon **E4** (10.65 mg/kg), l'échantillon **E7** (7.09 (mg/kg) et l'échantillon **E5** (6.81 mg/kg), alors que la plus faible concentration est enregistré dans l'échantillon **E8** avec une valeur de 5.59 mg/kg. Ces résultats sont dans l'intervalle de 0.5 mg/kg – 20 mg/kg donné par (**Bogdanov, 2017**). ils sont semblables à ceux trouvés par **Achour et Khali, (2014)** qu'ils ont montré que le zinc est l'élément prédominant dans tous les variétés de miels étudiées avec une valeur moyenne de (11.04 mg/Kg). Ces auteurs attribuaient ce fait à la présence aléatoire de cet élément dans l'environnement, soit en tant que polluants ou comme constituants naturels des fleurs. De même, le stockage du miel dans des conteneurs galvanisés peut être considéré comme une source de contamination par le zinc. Alors que **Karabagias (2016)** a rapporté une teneur moyenne en zinc plus faible (3.59 mg/kg).

Les résultats de cuivre ont montré des concentrations moins élevées par rapport au Zn avec une moyenne de 2.728 mg/kg, la plus haute concentration est enregistrée dans l'échantillon **E3** avec une valeur de **5.14** mg/kg, alors que la plus faible concentration est dans l'échantillon **E6** avec une valeur de (1.62 mg/kg). Elles sont dans l'intervalle de 0.2 à 6.0 mg/kg donné par (**Bogdanov, 2017**).

Karabagiase (2016) a rapporté une teneur en cuivre de 0.89 mg/kg, elle est considérablement inférieure par rapport à nos résultats. Selon **Achour et Khali (2014)**, la valeur maximale observée pour le cuivre est de 3.22 mg/Kg concernant le miel d'eucalyptus de Httatba, la valeur minimale de 2.72 mg/Kg a été enregistrée dans le miel d'oranger. Le cuivre peut contaminer l'environnement par l'utilisation des pesticides contre les parasites qui endommagent les récoltes.

Le zinc et le cuivre ont été détectés à des valeurs inférieures à 3 mg/kg dans les échantillons de miel brut malaisiens (**Kek et al., 2016**). Les éléments traces métalliques dans le miel dépendent de leur origine botanique et géographique.

L'analyse des éléments traces métalliques a présenté une concentration moyenne en Pb (23.673 mg/kg), la plus haute concentration est enregistrée dans l'échantillon **E6** (41.17 mg/kg), alors que la plus faible concentration est dans l'échantillon **E8** (13.04 mg/kg). Elles sont supérieures à l'intervalle proposé par (**Bogdanov, 2017**) de 0.01 à 0.3. Selon **Achour et Khali (2014)**. La valeur moyenne du plomb contenue dans les miels analysés est de 0.22 mg/Kg. Il n'existe pas de limites maximales résiduelles spécifiques des éléments toxiques pour le miel, mais une valeur de 1 mg/Kg a été proposée par l'**Union Européenne**.

Pour l'analyse de Cd, la concentration moyenne est de 0.826 mg/kg, la plus haute concentration est enregistrée dans l'échantillon **E5** avec une valeur de 1.66 mg/kg, alors que la plus faible concentration est enregistrée dans l'échantillon **E1** avec une valeur de 0.35 mg/kg. Elles sont supérieures à l'intervalle proposé par (**Bogdanov, 2017**) de 0.0 à 0.01 mg/kg. Selon **Achour et Khali (2014)**, les valeurs de cadmium sont faibles dans toutes les variétés de miels, ils ont varié entre 0.018 et 0.019 mg/kg. Ces valeurs sont inférieures à celle trouvés dans nos échantillons. Il n'existe pas des limites maximales résiduelles spécifiques au cadmium pour le miel, mais une valeur de 0.1 mg/kg a été proposée par l'Union Européenne. Les teneurs en cadmium trouvées pour toutes les variétés de miels étudiées sont largement supérieures à cette valeur. Selon **Kek et al. (2016)**, les déchets chimiques et les gaz d'échappement émis ou produits par les mines et les aciéries, les zones industrielles et urbaines ou les véhicules routiers près de la zone d'alimentation des abeilles peuvent contaminer les miels de la région (**El Sohaymi, 2015**). La teneur en éléments traces métalliques dans le miel dépend aussi des espèces d'abeilles, de l'origine botanique et géographique (**Kek et al., 2016**).

Finalement, la concentration en éléments traces métalliques dans les miels étudiés est dans l'ordre suivant:

Pour les éléments traces essentiels ($Zn > Cu$) et pour les éléments traces toxiques ($Pb > Cd$).

IV.14. Intensité de la couleur Abs₄₅₀

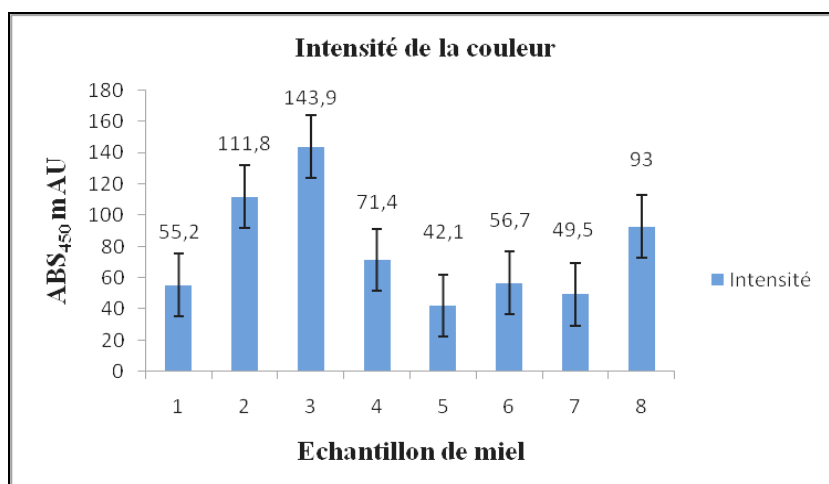


Figure 29. Représentation graphique des valeurs d'intensité de la couleur (Abs)

L'intensité de couleur du miel est représentée par l'Abs₄₅₀. Dans cette étude, Les valeurs Abs₄₅₀ variaient de 42.1 à 143.9 mUA (**figure 29**). Les résultats ont montré qu'il n'y a pas de différence significative entre les types de miel étudiés en intensité de couleur. L'échantillon **E3** (la noire), qui présentait la plus haute valeur de Pfund 160.73, affichait également une intensité de couleur maximale (143.9 mUA) suivie de l'échantillon **E2** (châtaigner) (111.8) et du miel de l'échantillon **E8** (93 mUA), tandis que l'échantillon **E5** (Djimla) présentait l'intensité de la couleur la plus basse (42.1 mUA). Des valeurs supérieures de Pfund et d'intensité de couleur indiquent un contenu très élevé en composés phénoliques et en flavonoïdes (**El Sohaymi et al., 2015**).

Le miel d'une même origine peut avoir différentes intensités de couleur, par exemple, l'échantillon **E8** était d'un ambre noir et l'échantillon **E7** était ambre claire (**Pontis et al., 2014**).

IV.15. Couleur

Dans les échantillons de miel étudiés (**figure 30**), la couleur variait d'ambre clair (51-85 mm) pour l'échantillon (**E6**), (**E7**) et (**E1**) à ambre (86-114 mm) pour l'échantillon (**E2**) et (**E4**) à ambre noire (plus de 114 mm) pour l'échantillon (**E3**) et (**E8**) à Ambre extra léger (35-50 mm) pour l'échantillon (**E5**).

Donc deux échantillons étaient ambrés noir (158.13-160.73 mm Pfund), 2 échantillons étaient ambre (87.94-90.91 mm Pfund), trois échantillons étaient d'ambre clair (58.97, 61.94 et 71.23 mm Pfund), et un échantillon d'ambre extra léger (42.26 mm Pfund) (**Ahmed, 2016**).

La couleur est l'une des caractéristiques les plus variables du miel, elle dépend principalement de l'origine botanique liée à la composition chimique, au temps de stockage (Pita-Calvo et al., 2017 ; Cenet et al., 2017). D'autres facteurs qui affectent la couleur du miel sont la teneur en cendres, la température, les sources de nectar et les contenus de pollens qui contiennent divers pigments anti-oxydants tels que les flavonoïdes, les caroténoïdes, les chlorophylles, et les composés polyphénoliques (Cenet et al., 2017 ; Orioan et al., 2017).

En règle générale, les miels de miellat sont plus foncés que les miels de fleurs. Certains miels en fleurs comme le châtaignier et la bruyère ont également une couleur foncée (Pita-Calvo et al., 2017).

Les changements de couleur peuvent être attribués aux interventions de l'apiculteur et aux différentes façons de manipuler les peignes comme l'utilisation d'anciennes peignes de cire pour la production de miel, la teneur en minéraux, la contamination par les éléments traces métalliques et l'exposition à des températures élevées. La classification des couleurs des miels monofloraux est très importante pour les activités commerciales (El Sohaimy et al., 2015).

L'échelle Pfund a été conçue à l'origine pour développer un système standardisé pour classer la couleur du miel, qui est un élément important dans la détermination de la qualité du miel sur le marché du miel commercial (Chuttong et al., 2016). L'absorbance de l'échantillon a été lue à 635 nm et converti en valeurs d'échelle Pfund.

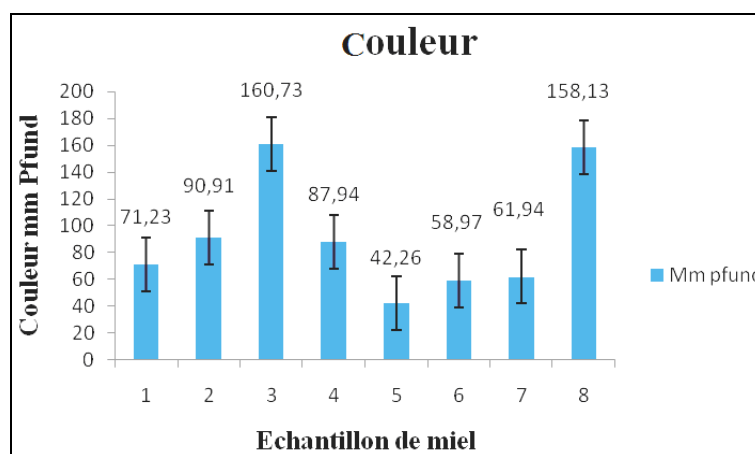


Figure 30. Représentation graphique des valeurs de la couleur (mm Pfund).

La figure 30 a présenté des valeurs de la couleur des échantillons examinés, classés selon les normes de la couleur approuvées par l'USDA (1985). La couleur du miel varie généralement du jaune clair à l'ambre, de l'ambre noir et du noir dans les cas extrêmes et parfois même des teintes vertes ou rouges (Bogdanov et al., 2008).

La valeur maximale du Pfund a été enregistrée dans l'échantillon **E3** et **E8** (160.73 et 158.13), respectivement. D'autre part, la valeur Pfund la plus basse a été enregistrée dans l'échantillon **E5** (42.26). Les résultats obtenus présentent des différences non significatives ($p > 1$).

Les valeurs sont dans la même gamme que celles rapportées par **El Sohaimy et al., 2015** et **Ahmed et al., 2016** de 56.40 à 113.82 et 42 à 148 mm Pfund, respectivement.

IV.16. Lipides

La **figure 31** nous a permis de constater que les miels ont présenté une teneur en MG comprise entre 0.2 et 18.2 g/100g. Les résultats obtenus présentent des différences non significatives ($p > 1$).

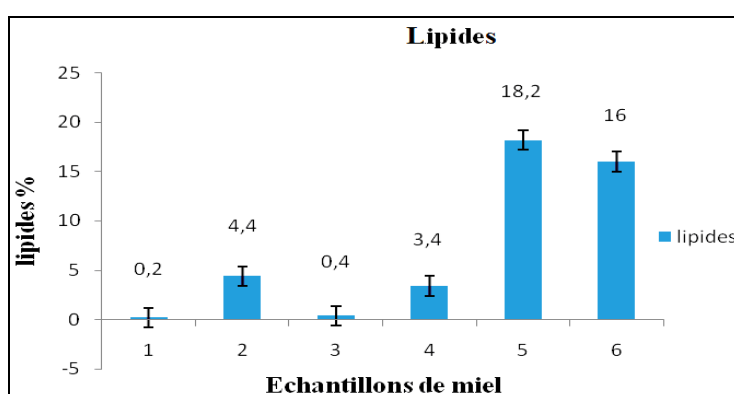


Figure 31. Représentation graphique des valeurs des lipides (%).

Le miel est pauvre en lipides, les quantités trouvées dans nos échantillons sont probablement des microparticules de cire qui échappent à la filtration.

IV.17. Protéines

L'analyse de **figure 32** nous a permis de constater que les miels ont présenté une teneur en protéines comprise entre 0.35 et 0.43 g/100g avec une moyenne de 0.23 %.

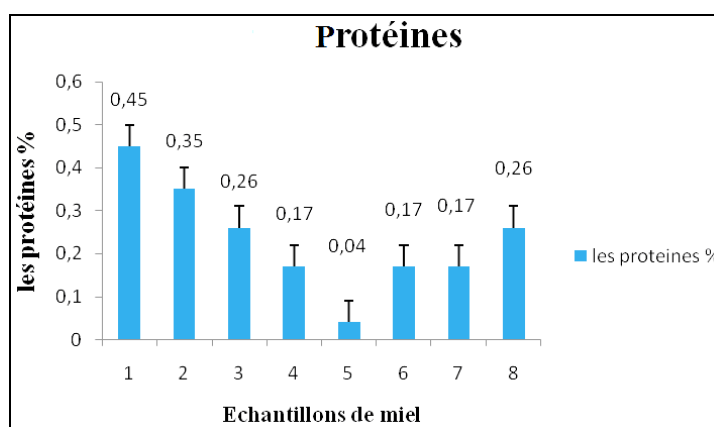


Figure 32. Représentation graphique des valeurs des protéines (%).

Les protéines de miel sont principalement des enzymes; les abeilles ajoutent différentes enzymes pendant le processus de maturation du miel (**Bogdanov, 2017**).

En ce qui concerne la teneur en protéines dans les variétés de miel, on a enregistré que la plus grande teneur en protéines a été trouvée dans l'échantillon **E1** (tilule) (0.43 g/100 g), suivie de l'échantillon **E2** (châtaigner), l'échantillon **E3** (la noire) et **E7** (Texana) (**figure 31**). L'échantillon **E5** (Djimla), a eu la plus faible teneur en protéines (0.04 g/100g), cela peut être dû à la destruction des protéines pendant le traitement ou le chauffage (ce qui permet la différenciation des miels commerciaux des miels bruts) (**Kek et al., 2016**). Les résultats obtenus présentent des différences non significatives ($p > 1$).

Le miel a généralement une faible teneur en protéines, la variation des contenants protéiques est liée à l'origine botanique, du nectar collecté par les abeilles (**Oliveira et al., 2017**).

La teneur en protéines dépend principalement de la présence des enzymes, qui peuvent être introduites par les abeilles elles-mêmes et parfois elles peuvent être dérivées du nectar de la flore et donc elles sont variables (**Mathumitha et al., 2014**). Cela suggère la possibilité que le miel peut être identifié par sa teneur en protéines. (**Kek et al., 2016**).

Les principales protéines du miel sont la globuline et l'albumine qui proviennent des glandes pharyngées des abeilles (**Pita-Calvo et al., 2017**).

Les valeurs sont dans la même gamme que celles rapportées par **Ahmed et al. (2016)** et qui varient de 2 à 5 mg/g dans le miel.

IV.18. Acides aminés

La **figure 33** nous a permis de constater que les miels présentent une teneur en acides aminés comprise entre 2.66 ± 0.49 et 24.65 ± 11.5 $\mu\text{g}/100\text{g}$. Les résultats obtenus présentent des différences non significatives ($p > 1$).

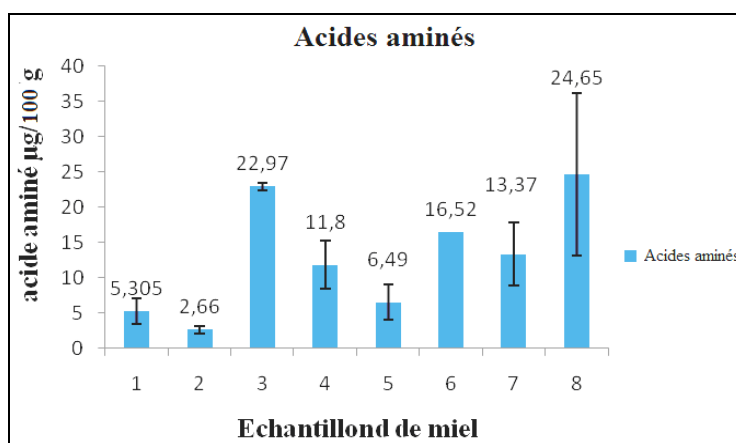


Figure 33. Représentation graphique des valeurs des acides aminés ($\mu\text{g}/100\text{g}$)

Les acides aminés sont un autre groupe de composés utilisés pour la caractérisation et la différenciation des sources de miel. La détermination de la teneur libre en acides aminés semble être appropriée pour la détection de l'origine botanique que celle de la composition protéique (Cimpoiu *et al.*, 2013).

Cependant, les méthodes doivent être utilisées conjointement avec une autre détermination des propriétés afin d'obtenir une identification fiable de la source botanique. Les valeurs les plus élevées en acides aminés libres ont été trouvées dans le miel de Beni Khattab **E8** tandis que la valeur la plus faible a été trouvée dans le miel monofloral **E2** (figure 33).

IV.19. Proline

Le miel contient presque tous les acides aminés physiologiquement importants. L'acide aminé principal est la proline qui représente une mesure de la maturité du miel (Bogdanov, 2017).

Les résultats de la teneur en proline obtenus sont présentés dans la figure 34 :

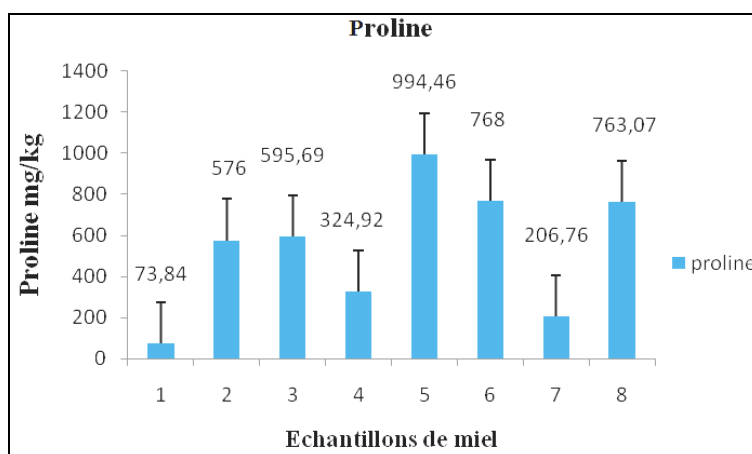


Figure 34. Représentation graphique des valeurs de la proline (mg/Kg).

La teneur en proline varie entre 73.84 et 994.46 mg/kg dans les variétés de miel étudiées. Les résultats obtenus présentent des différences non significatives ($p > 1$).

L'examen des résultats révèle des taux de proline plus élevés dans nos échantillons que ceux trouvés dans les miels étudiés par Mathumitha *et al.* (2014) dont les valeurs varient entre 2.17 et 6.52 mg/kg.

Les résultats ont montré que l'échantillon **E1** (tillule) a eu un contenu en proline plus bas que le niveau minimum d'acceptation. Ces résultats sont semblables à ceux rapportés par Ahmed *et al.* (2016) où le contenu de la proline varie de 343 à 1118 mg/kg.

L'acide aminé le plus abondant dans le miel est la proline, cette dernière est produite par la sécrétion salivaire des abeilles lors de la conversion du nectar en miel (Ahmed *et al.*, 2016).

La proline est le principal acide aminé du miel, elle est associée à ses propriétés antioxydantes. La quantité de proline est utilisée comme critère de maturité du miel et elle peut également être utilisée pour détecter l'adultération avec du sucre. Le taux de proline diminue de manière significative en adultérant le miel (**Pita-Calvo et al., 2017**).

Cependant, La teneur en proline des miels normaux devrait être supérieure à 200 mg/kg. Les valeurs inférieures à 180 mg/kg signifient que le miel est probablement adultéré par addition de sucre (**Bogdanov, 2017**).

En général, la teneur en proline variait entre 202 et 680 mg/kg mais la limite minimale acceptable est de 180 mg/kg (**Ahmed et al., 2016**).

IV.4. Analyses microbiologiques

Le miel est une solution de sucre très concentrée à forte pression osmotique, ce qui rend impossible la croissance de tous les microorganismes. Il contient moins de microorganismes que les autres aliments naturels (**Bogdanov, 2017**).

Les microorganismes dans le miel peuvent provenir de plusieurs sources différentes. Les sources primaires comprenant les pollens, les digestions des abeilles, la poussière, l'air, le sol et le nectar. Les sources secondaires sont dues aux manutentionnaires de miel et au traitement, et elles peuvent être contrôlées par l'application de bonnes pratiques de fabrication (**BPF**) (**Fernández et al., 2017**).

IV.4.1. FTAM

Les colonies dénombrables après la lecture des résultats sont inférieures à 30 colonies. Les résultats de dénombrement de la FTAM ont montré que nos miels ne sont plus contaminés par cette flore ; ils sont de qualité hygiénique acceptable.

Cela pourrait être expliqué par le respect des règles d'hygiène soit pendant la moisson et l'extraction, la fabrication et le conditionnement, le laboratoire.

IV.4.2. Levures et moisissures

Tous nos échantillons de miel ont présenté des niveaux faibles de levures et moisissures (≤ 10 CFU/g de miel). Ces valeurs sont dans les normes. Le niveau maximum de levures et moisissures autorisé est de 100 CFU/g de miel (**Fernández et al., 2017**). Donc il n'y a pas eu lieu de fermentation dans nos échantillons, ce qui montre le respect de bonnes conditions de conditionnement et de stockage.

On croit que les quantités de microorganismes dans le miel sont inférieures à celles de tous autres aliments naturels en raison de leur forte concentration en sucre. En plus, la présence de

molécules phytochimiques (phénols, terpènes et pinocembrine) aide à contrôler la croissance des microorganismes dans les miels (**Oliveira et al., 2017**).

IV.5. Analyses phyto-chimiques

IV.5.1. Polyphénols totaux

Les constituants phénoliques sont un groupe important de composés pour les propriétés fonctionnelles du miel, ils ont un intérêt thérapeutique et scientifique élevé.

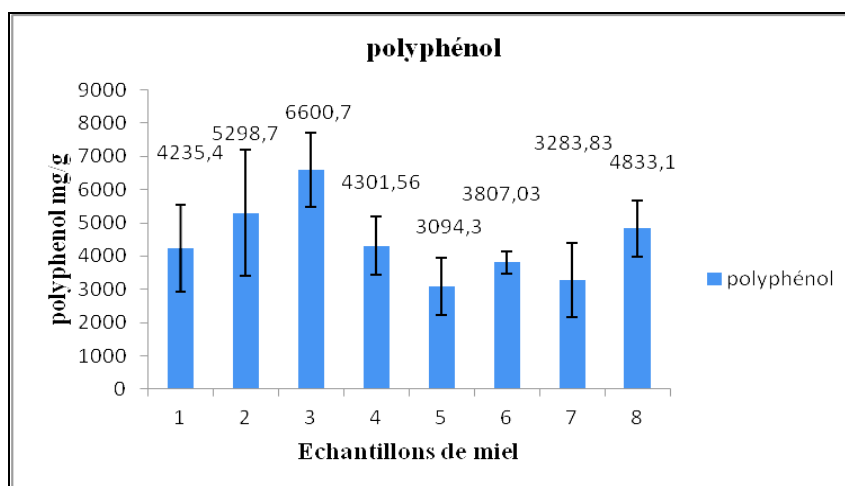


Figure 35. Représentation graphique des valeurs de polyphenols (mg/100g)

Les polyphénols totaux ont été déterminés en utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu. Les résultats sont exprimés en termes d'équivalent d'acide gallique (l'équation standard de courbe: $y = 0.0818 x$; $R^2 = 0.998$) en se référant à la courbe d'étalonnage (**Figure 3 annexe 3**). Les valeurs de la concentration des polyphénols totaux obtenues sont montrées dans la **figure 35**, tout le contenu phénolique des échantillons examinés s'est étendu de 3094.3 ± 85.99 à 6600.7 ± 11.16 mg EAG/100g d'extrait. La concentration la plus élevée des polyphénols a été obtenue dans l'échantillon de **E3** (6600.7 ± 11.6 mg EAG/100g d'extrait) et **E2** (5298.7 ± 18.90 mg EAG/100g de la solution) ce qui indique son potentiel anti-oxydant élevé. En revanche l'échantillon **E5** a montré le pourcentage le plus bas en polyphénols (3094.3 mg EAG/100g).

Nos résultats sont conformes à celle obtenue par **Boyahya et al., (2017)** et qui varie de 56.32 ± 1.24 à 124.60 ± 1.12 mais ils restent inférieurs à ceux déclarés par **Kasangana et al., (2015)** qui varient de 138 ± 1.6 à 572.9 ± 12.1 mg/EAG).

La variation des composés phénoliques dans les échantillons de miel de cette étude peut être liée à la préférence florale de chaque espèce d'abeilles (**Oliveira et al., 2017**). En outre, les niveaux élevés de polyphénols dans ces miels peuvent être contribus à leur couleur plus foncée (**Ahmed et al., 2016**).

Dans le miel, la concentration en polyphénols dépend fortement de son origine florale géographique, de son traitement, de sa manipulation et de son stockage (Flores et al., 2015).

La teneur phénolique totale mesurée par la méthode de Folin-Ciocalteu peut être considérée comme un déterminant important de la capacité anti-oxydante des échantillons de miel examinés (Mouhoubi-Tafinine et al., 2016).

IV.5.2. Flavonoïdes

La concentration de flavonoïdes des échantillons de miel testés est déterminée par le dosage colorimétrique en utilisant le chlorure d'aluminium. Le contenu des flavonoïdes a été exprimé en termes de mg EQ/100g du miel. L'équation de la courbe standard de la quercétine est donnée par : $y = 0,2205 x$, avec $R^2 = 0,999$. Les résultats sont présentés dans la figure suivant :

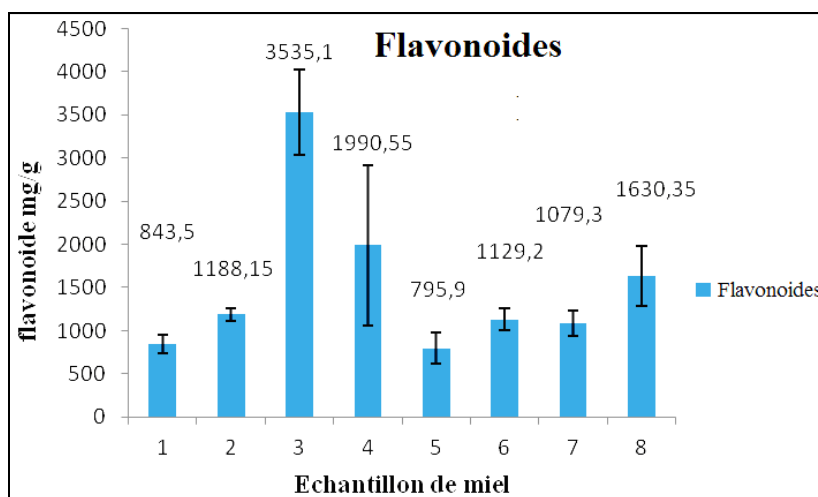


Figure 36. Représentation graphique des valeurs des flavonoïdes (mg/100g)

La teneur moyenne des miels en flavonoïdes est de 1524mg/100g du miel. La concentration la plus élevée a été enregistrée dans l'échantillon **E3** avec une valeur de 3535mg EQ/100g du miel, alors que la plus faible est de 795.9mgEQ/100g dans l'échantillon **E6**. Elle est moins élevée par rapport à celle donnée par (Bouyahya et al., 2017) et qui varie de 43.24 ± 0.72 mg EQ/g d'extrait) et (19.64 ± 0.83 mg EQ/g d'extrait). En outre, Oliveira et al. (2017) ont trouvé des valeurs allant de 30,24 à 279,73mg EQ/100 g du miel, ces valeurs sont moins élevées à celle trouvés dans nos échantillons.

La majorité des composés phénoliques sont des flavonoïdes, ce sont des composants vitaux pour les propriétés anti-oxydantes et l'arôme du miel. Dans la présente étude, les teneurs en flavonoïdes dans des échantillons de miel ont été déterminées sur la base de la formation de la couleur jaune entre le groupe d'Al (III) et d'oxygène carbonyle et d'hydroxyle présent dans

les flavonols et les flavones. Les teneurs en flavonoïdes trouvées dans les échantillons de miel testés variaient entre 11.83 et 57.66 mg QE/kg. Le miel de couleur ambre sombre possède un contenu de flavonoïdes plus élevé et vice versa (Ahmed *et al.*, 2016).

Les niveaux de flavonoïdes étaient également variables en fonction des espèces d'abeilles et de plantes visitées par ces dernières (Oliveira *et al.*, 2017).

D'autres chercheurs ont trouvés des concentrations moins élevées variant de 4.0 ± 0.01 à 82.1 ± 0.23 mg QE/100 g conformément à la teneur en flavonoïdes dans les miels variés avec la famille des plantes. La variabilité climatique et les facteurs saisonniers peuvent influencer le contenu des composants phénoliques dans les miels (Attanzio *et al.*, 2016).

On remarque qu'il y a une grande différence entre les valeurs trouvées dans nos échantillons et les valeurs trouvées dans les recherches précédentes, cette différence peut être expliquée par la différence botanique et géographique des échantillons étudiés (Bouyahya *et al.*, 2017).

5.3. Activité anti-oxydant totale

L'activité anti-oxydante totale des échantillons de miel testés est déterminée par le dosage colorimétrique en utilisant la formation d'un complexe de phosphate de couleur verte et Mo (V) a été faite pour optimiser la formation et la détermination du complexe de phosphomolybdène vert exprimé en termes de mg EAA/100g du miel. L'équation de la courbe standard de l'acide ascorbique est donnée par : $y = 0.0099 x$, avec $R^2 = 0.9943$.

Les résultats sont présentés dans le graphe suivant :

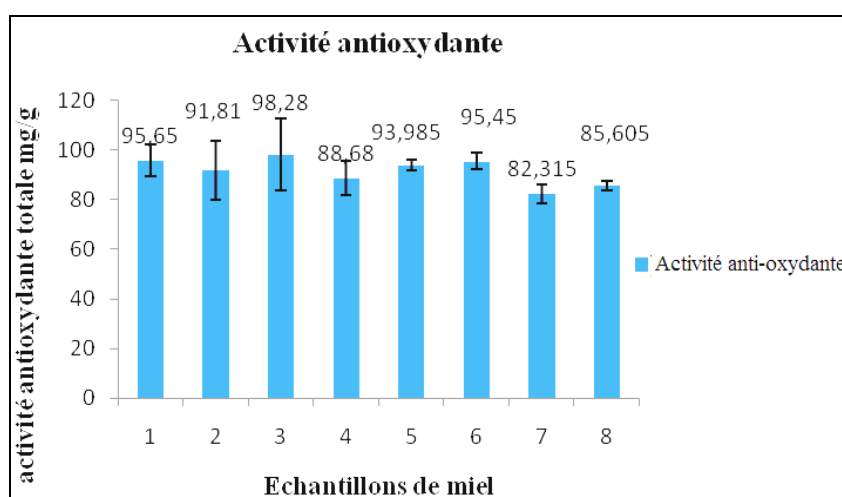


Figure 37. Représentation graphique de l'activité anti-oxydante totale (mg EAA/g)

Les résultats obtenus montrent une capacité anti-oxydante moyenne de 91.47 mg EAA/g du miel, la concentration la plus élevée est enregistrée dans l'échantillon **E3** avec une valeur de 98.28 mg EAA/g, alors que la faible concentration est détectée dans l'échantillon **E7**

82.315mg EAA/g du miel. D'autres chercheurs ont trouvé des concentrations qui oscillent entre 58.93 mg AAE/ g et 110.54 mg AAE/ g de miel. Il ressort clairement qu'il y avait une grande variation dans le pouvoir anti-oxydant des échantillons de miel. Cela peut être attribué aux différentes conditions climatiques et environnementales dans lesquelles les miels ont été produits (**Tornuk et al., 2013**).

D'autre chercheurs ont déclaré que le pouvoir anti-oxydant des échantillons de miel variait de 12.76 à 80.80 mg AAE/ g de miel. Ces résultats sont moins élevés par rapport à ceux trouvés dans nos échantillons. Ces différences peuvent s'expliquer par les différentes conditions géographiques, les teneurs phénoliques du miel, par conséquent, la capacité anti-oxydante dépend de leurs sources florales utilisées pour collecter le miel dont la prédominance dépend des facteurs saisonniers et environnementaux (**Silici, 2010**).

IV.5.4. La capacité d'inhibition anti-radical par DPPH

Parmi les nombreux procédés couramment utilisés pour étudier la capacité anti-oxydante des produits naturels, on a choisi le réactif radicalaire 2,2-diphényl-1-picryl-hydrazyle (DPPH) car il s'agit d'une méthode simple, précise (**Wilczynska, 2014**). Le DPPH est un radical à base d'azote stable qui a été largement utilisé pour tester la capacité d'inhibition des radicaux libres. Plus l'activité de balayage de DPPH est élevée, plus l'activité anti-oxydante est élevée dans l'échantillon. L'absorption à 517 nm pour DPPH, donne une couleur pourpre.

La décoloration de DPPH se produit du violet au jaune lorsque l'électron non apparié de DPPH forme une paire avec un hydrogène donné par un anti-oxydant anti-radical libre, transformant ainsi le DPPH en sa forme réduite (**Saxena et al., 2010**). Les résultats de la capacité d'inhibition anti-radical des miels analysés sont présentés dans le graphe suivant ;

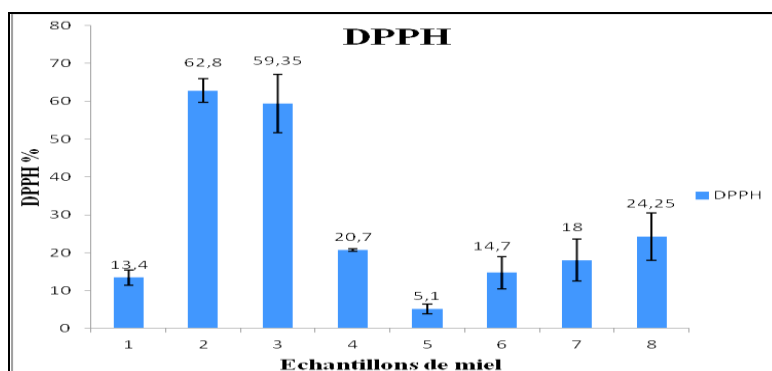


Figure 38. Représentation graphique des valeurs de l'activité antioxydant DPPH (%)

Les résultats de l'activité anti-oxydante du miel sont variés de 62.8 ± 7.70 % dans l'échantillon **E3** et 5.1 ± 1.27 % dans l'échantillon **E5**. Avec une moyenne de 27.28 %. Les valeurs obtenues étaient comparables aux valeurs déterminées par Sime *et al.* (2015) où la valeur maximale est

de 51.4 ± 2.6 % alors que la valeur minimale est de 18.4 ± 1.6 %. D'autres chercheurs ont déclarés des valeurs qui varient de 83.44 % à 7.2 %. La plupart d'entre elles ont remarqué une corrélation entre la couleur et l'activité anti-oxydante des échantillons de miel.

Habituellement, les miels sombres (forêt) avaient la plus haute activité anti-oxydante et les miels pâles avaient la plus basse activité anti-oxydante (Wilczynska, 2014). L'activité anti-oxydante augmente dans l'ordre suivant:

Djimla < Tilleul < Hemza < Beni Khatab < Golden < Texana < la foret noir < châtaigner.

Les échantillons testés variaient entre 39.91 et 88.45 %. Ces échantillons de miel ayant une couleur foncée avaient un potentiel d'oxydation plus élevé avec un pourcentage plus élevé d'inhibition de la DPPH. Les miels de couleur sombre ont des valeurs d'inhibition de 62.42 à 88.45 %, tandis que les miels de couleur ambrée ont des valeurs de 57.31 à 61.37 % d'inhibition. Le pourcentage d'inhibition le plus bas a été obtenu dans le miel extra ambre clair (39.91 %). La capacité de balayage des radicaux libres de divers échantillons indique que le potentiel anti-oxydant du miel est associé aux composés phénoliques et aux flavonoïdes (Ahmed, 2016). Les composés polyphénoliques sont responsables et contrôlent l'activité anti-oxydante du miel. Le contenu phénolique contribue avec 85.60 % à l'activité anti-oxydante du miel. Il est évident qu'en dehors de ces regroupe d'autres anti-oxydants non phénoliques, tels que l'ascorbate, le tocophérol, la carotène contribuent à l'activité anti-oxydante du miel (Cimpoiu et al., 2013). Les maladies à origine radicalaire peuvent être traitées avec du miel car elles ont la capacité de récupérer le radical libre (Ahmed, 2016).

IV.5.5. Teste de pouvoir réducteur (FRAP)

Le potentiel anti-oxydant des extraits a été estimé en utilisant la méthode de réduction du ferricyanure de potassium. La présence d'agents réducteurs dans les échantillons induit la réduction des ions ferriques (Fe^{+3}) en ion ferreux (Fe^{+2}). Cette réduction est mesurée par l'intensité de la couleur bleue verte qui en résulte. Il absorbe à une longueur d'onde de 700 nm. Une augmentation de l'absorbance indique un pouvoir réducteur élevé (Mouhoubi-Tafinine et al., 2016), c'est la seule méthode qui estime directement les anti-oxydants ou les réducteurs dans un échantillon (Beretta et al., 2005). Le pouvoir réducteur est exprimé en termes de mg EAG/100g du miel. L'équation de la courbe standard de l'acide ascorbique est donnée par : $y = 0.3508 x$, avec $R^2 = 0.9987$.

Les résultats obtenus sont présentés dans le graphe suivant :

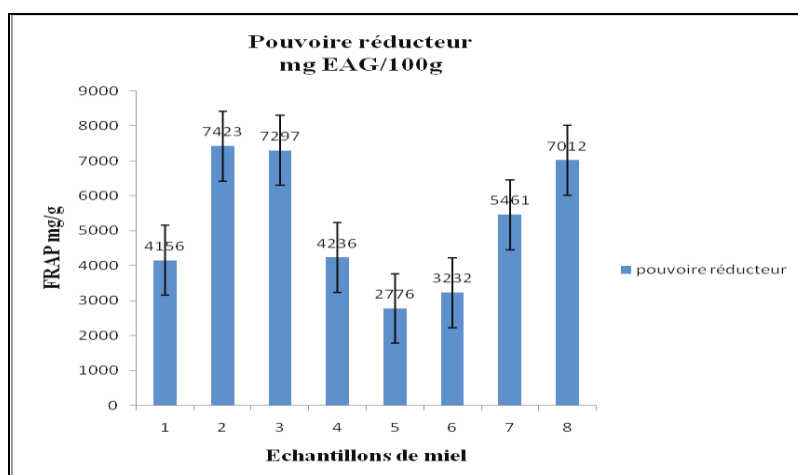


Figure 39. Représentation graphique des valeurs de pouvoir réducteur (mg EAG/g)

Les valeurs du pouvoir réducteur de nos échantillon varie de 7423 mg EAG/100 g dans l'échantillon **E2** à 2776 mg EAG/100 g du miel dans l'échantillon **E5**, ces résultats sont supérieurs à ceux déclarés par **Mouhoubi-Tafinine et al. (2016)**, ils varient entre 500 mg EAGA à 3000 mg EAGA/100 g. D'autre chercheurs ont déclarée des valeurs plus faibles exprimés en terme équivalent d'acide ascorbiques et qui varient de $165.66 \pm 6,8$ AAE/100 g à 17.75 ± 0.72 AAE/100 g (**Attanzio et al., 2016**). Le test FRAP a montré une grande différence dans le profil antioxydant de différents miels, les moins actifs étant ceux d'origine mono-florale (Acacia,...) qui ont des couleurs pale (**Beretta et al., 2005**).

La diversité du pouvoir réducteur des extraits est vraie semblablement due à la diversité des composés phénoliques présents dans l'eau. L'effet chélatant des ions Fe^{+3} des polyphénols peut s'accorder aux anneaux aromatiques hautement nucléophiles comme des groupes chélateurs spécifiques présents dans la molécule. Le degré d'hydroxylation et de méthylation des composés phénoliques et la présence des enzymes (glucose-oxydase et catalase) et les matières non enzymatiques (vitamines et acides aminés) peuvent également être impliqués dans cette activité (**Mouhoubi-Tafinine et al., 2016**).

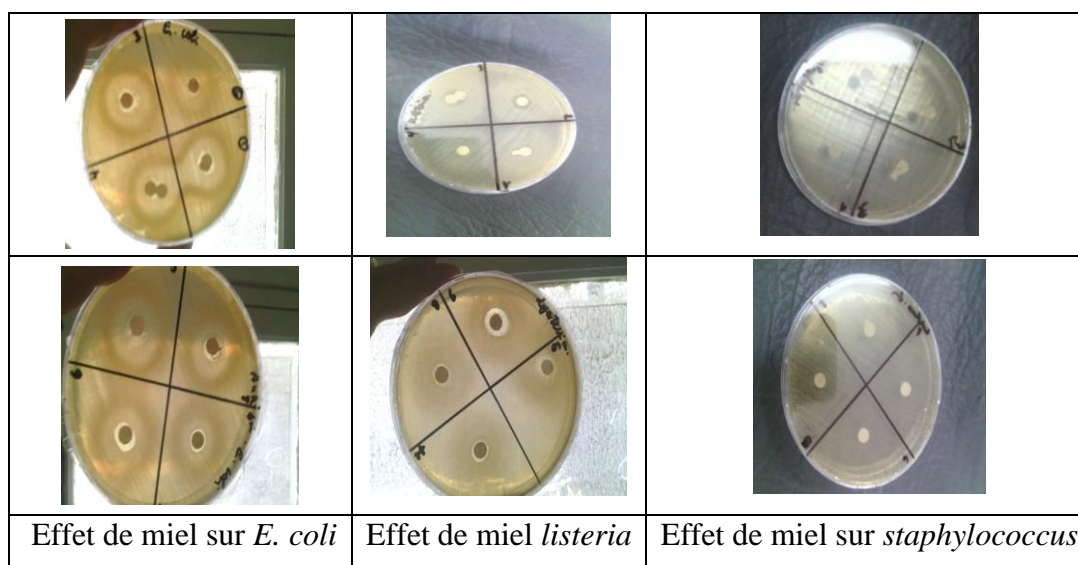
IV.6. Activité antibactérienne

L'évaluation de l'activité anti-microbienne du miel est basée sur les mesures des diamètres en (mm) des halos d'inhibition de différentes dilutions des échantillons de miel. Ces mesures permettent de déterminer l'activité anti-microbienne du miel *in vitro*.

Les résultats de l'évaluation de l'activité anti-microbienne du miel sont résumés dans le **tableau 10** et illustrés dans la **figure 40**.

Tableau 10. Evaluation de l'activité anti-microbienne des miels analysés

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
<i>E.coli</i>	20 mm	28 mm	45 mm	20 mm	30 mm	25 mm	20 mm	25 mm
<i>Staphylococcus</i>	2 mm	1 mm	2.5 mm	3 mm	2 mm	1.5 mm	1 mm	2 mm
<i>Listeria</i>	27 mm	28 mm	26 mm	absence	25 mm	27 mm	25 mm	30 mm

**Figure 40.** Activité antibactérienne des miels analysés

D'après les résultats de l'évaluation de l'activité anti-microbienne, on peut constater que :

- Toutes les souches microbiennes testées sont sensibles à l'action inhibitrice des 8 échantillons de miel naturel, avec des différences d'un type à un autre et d'une souche à une autre, ce qui indique son large spectre d'action anti-bactérienne.
- L'effet antibactérien du miel est plus important avec les échantillons non dilués.

Tous les échantillons sont plus efficaces, ils possèdent un effet anti-bactérien sur les souches testées. Sauf pour la souche *Staphylococcus aureus* qui présente une faible efficacité anti-bactérienne.

L'effet des 8 échantillons de miel sur les 3 microorganismes testés est illustré dans la **figure 40** On constate que l'action du miel naturel sur les 3 microorganismes testés varie d'une part selon l'échantillon du miel et d'autre part selon la souche microbienne.

- Les souches *E. coli* et *listeria* sont les plus sensibles à l'effet des 8 échantillons de miel. Alors que *Staphylococcus aureus* peut être considérée faiblement sensible.

- On pense que l'action du miel naturel sur les microorganismes dépend, d'une part de la structure de la paroi de la cellule cible, puisque certains échantillons possèdent un effet inhibiteur sur les bactéries à Gram⁺ et non sur les bactéries à Gram⁻, et d'autre part de la composition du miel lui-même.
- La composition du miel elle-même dépend à son tour de nombreux facteurs : la nature du sol, la race des abeilles et l'état physiologique de la colonie (**Merah et al., 2010**).

L'activité anti-bactérienne des différents miels s'est révélée être liée à son origine géographique et/ou botanique, à la saison de récolte et aux conditions de traitement et de stockage (**Miguel et al., 2017**).

- Le miel importé possède des résultats positifs sur toutes les souches testées, il semble qu'il ne constitue aucun produit ajouté au cours de transformation.

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

La valeur médicinale du miel comme antibiotique naturel est de plus en plus démontrée scientifiquement, ce qui constitue l'importance de son utilisation en médecine, dans le secteur de l'industrie pharmaceutique et cosmétique (**Merah et al., 2010**).

Une source possible d'activité anti-microbienne chez les miels est les polyphénols. On sait que les polyphénols présentent une activité anti-microbienne contre une gamme de bactéries, mais leur action dans le miel a été suggérée comme étant partiellement dépendante de H₂O₂ (**Fyfe, 2017**).

Il est important de noter que les différents polyphénols ont des effets différentiels, certains peuvent tuer certaines bactéries que d'autres ne parviennent pas à les inhiber, et d'autres polyphénols apparemment inefficaces peuvent agir de manière synergique pour améliorer l'efficacité des polyphénols bactéricides. Cela met en évidence l'importance de comprendre la composition de polyphénols des miels destinés à un usage médical. En effet, il a été suggéré que la source florale fournit une signature de polyphénol qui peut être identifiée dans des miels (**Fyfe, 2017**).

Malgré la reconnaissance de l'action précieuse du miel en tant qu'agent anti-bactérien, son mécanisme d'action contre les agents pathogènes est encore mal compris. Ces études montrent que, selon les espèces bactériennes, l'action du miel influence la taille bactérienne (cellules plus courtes ou plus longues), la morphologie, la division cellulaire (division incomplète), la surface (irrégulière), la motilité, et les lésions des acides nucléiques (**Miguel et al., 2017**).

L'activité anti-bactérienne peut également être partiellement attribuée à l'acidité du miel, à la présence de composants phytochimiques (flavonoïdes et acides phtaliques) et, surtout, l'action du peroxyde d'oxygène, produite dans le miel en raison de la présence de l'enzyme glucose oxydase sécrétée par les glandes hypopharyngées des abeilles.

L'osmose et le peroxyde d'hydrogène ont longtemps été considérés comme les principaux facteurs responsables de l'activité anti-bactérienne du miel.

Corrélation entre différents paramètres

Les corrélations entre le contenu des phénols totaux et des flavonoïdes dans les miels et la capacité d'inhibition anti-radicalaire, mesurée en tant que FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power), DPPH (DiPhényl-Picryl Hydrazyle), CE, Abs₄₅₀ et pH sont évaluées par le coefficient de corrélation de Pearson (r). Une matrice de corrélation, présentée dans le **tableau 11** a été créée pour explorer les relations possibles entre les différents paramètres étudiés.

Tableau 11. Coefficients de corrélation de Pearson entre différents paramètres effectués

	pH	Abs ₄₅₀	CE	Teneur en polyphenols	Teneur en flavonoides	DPPH	FRAP
pH	1						
Abs ₄₅₀	0.739*	1					
CE	0.749*	0.776*	1				
Teneur en polyphenols	0.754*	0.996**	0.698	1			
Teneur en flavonoides	0.318	0.811*	0.707*	0.810*	1		
DPPH	0.885**	0.922**	0.870**	0.873**	0.612	1	
FRAP	0.666	0.844**	0.756*	0.785*	0.536	0.840**	1

Une corrélation très significative (** P < 0.01, r = 0.873) a été observée entre l'activité anti-oxydante et la teneur en polyphénols (**tableau 8**). Ceci suggère que ces composés phénoliques contribuent de manière très importante à la réduction de la puissance des extraits étudiés. Des résultats similaires ont été rapportés par plusieurs études (**Mouhoubi-Tafinine et al., 2016**). D'autre part, une corrélation entre le FRAP et la teneur en flavonoïdes r = 0.536

Une forte corrélation a été observée entre flavonoïdes, phénols et intensité de couleur. Le miel de couleur sombre contient des phénoliques et des flavonoïdes en quantités très élevées dans notre étude sur toute la gamme d'échantillons; nos miels de couleur foncée contiennent des teneurs en phénols et en flavonoïdes très élevées donc ils ont la capacité anti-oxydante la plus élevée.

Une forte corrélation a été trouvée entre l'intensité de couleur des échantillons de miel et leurs pouvoirs anti-oxydants (0.922**), entre l'intensité de couleur des échantillons de miel et leurs teneurs en composés phénoliques (0.996**), entre l'intensité de couleur des échantillons de miel et leurs teneurs en flavonoïdes (0.811*), entre l'intensité de couleur des échantillons de miel et les valeurs du FRAP (0.844**). Ceci indique que les pigments colorés peuvent avoir un rôle dans les activités anti-oxydantes observées dans les échantillons de miel.

L'échantillon de miel **E3** a montré une intensité de couleur et une teneur en flavonoïdes plus élevée (**figure 29** et **36**). Les échantillons **E2** et **E3** ont montré une teneur en phénoliques et une capacité anti-oxydante plus élevée.

Le contenu des flavonoïdes est en corrélation avec le contenu des phénols ($r = 0.810$) (**tableau 8** et $p < 0.05$)

Les valeurs de corrélation entre Abs_{450} et FRAP ($r = 0.844$ et ** $P < 0.01$) et entre Abs_{450} et le pourcentage de purification DPPH ($r = 0.922$ et ** $P < 0.01$). Ainsi, les pigments colorés peuvent avoir un rôle dans les activités anti-oxydantes observées dans les échantillons de miel (**Sexana et al., 2010**).

Les valeurs du FRAP sont bien corrélées avec le contenu phénolique ($r = 0.785^*$). A partir du **tableau 8**, le contenu phénolique total a montré une forte corrélation avec le pH ($r = 0.754^*$) et la couleur ($r = 0.996^{**}$).

La présence d'acides phénoliques et de flavonoïdes dans des échantillons de miel peut servir de donneur de protons et conduire à la formation de miel acidifié à faible valeur de pH. Les Radicaux libres ayant une fonction dépurative présentait une forte corrélation avec la conductivité électrique ($r = 0.870$).

Il existe une bonne corrélation entre DPPH et FRAP ($r = 0.840^{**}$), elle montre les propriétés anti-oxydantes globales des échantillons de miel testés.

Bouyahya et al. (2017) ont observé que l'activité anti-oxydante de différents types de miel originaire de différents pays dépendait essentiellement de leur concentration en composés phénoliques. Par ailleurs, plusieurs études sur l'activité anti-oxydante du miel ont approuvé

cette corrélation. Cependant, le potentiel antioxydant d'un produit ne dépend pas seulement de son contenu en composés phénoliques, mais aussi d'autres composés chimiques.

Le travail de **Sexana et al. (2010)** a très clairement indiqué que tous les produits végétaux n'avaient pas la même composition phénolique, et que tous les phénols ne possèdent pas la même capacité anti-oxydante. Par conséquent, ce n'est pas la quantité des polyphénols mais la qualité qui sert comme déterminant majeur de la capacité anti-oxydante des aliments.

Cela peut expliquer la corrélation entre l'activité de purification du phénol et le DPPH ($r = 0.873^{**}$).

Une corrélation négative a été trouvée entre le rapport F/G et G/Humidité ($r = -0.915^{**}$, $P < 0.01$), elle affirme que le miel avec un faible rapport F/G et un rapport G//Humidité élevé et qu'il a tendance à cristalliser (**Kek et al., 2016**).

En général, les extraits avec un radical libre ayant une fonction dépuration (forte activité) ont également une forte teneur en phénols et en flavonoïdes. Ce manque de relation est en accord avec d'autres littératures. On sait que seuls les composés phénoliques avec une certaine structure et en particulier la position de l'hydroxyle dans la molécule peuvent servir de donation de protons et montrer une activité de capacité d'inhibition anti-radical (**Sime et al., 2015**).

Conclusion

Ce travail de recherche réalisé, nous a permis d'étudier certains paramètres physico-chimiques, photochimiques, l'analyse pollinique, sensorielle et antibactérienne de 8 échantillons de miel quatre de la wilaya de Jijel (Djimla, Hemza, Beni-khatlab et Texanna) et quatre importés d'Allemagne de marque Langnese (tilleul, châtaigner, forêt noire et golden).

La caractérisation sensorielle montre que les 8 miels analysés ont presque les mêmes caractéristiques, sauf quelques différences signalées concernent la couleur qui apparaît plus foncée avec les miels commercialisés (E2 et E3) et leur fluidité qui est plus élevée, comparé aux miels locaux (E5, E6, E7 et E8).

L'analyse physico-chimique a apporté des résultats très intéressants et exploitables dans le domaine agro-alimentaire et santé:

La détermination de la teneur en eau dans les variétés de miel étudiées est importante pour la qualité du miel. Elle nous a permis de connaître les conditions de stockage, la fermentation de miel, le climat et les conditions d'extraction et de stockage de miel. Les résultats obtenus montrent que toutes les variétés de miel étudiées contiennent un taux d'humidité inférieur à 18 % (16 % pour le miel local E8 et 13.46 % pour le miel importé E1), La détermination de la conductivité électrique et le contenu des cendres dans les variétés de miel nous a permis de connaître l'origine de miel et le contenu minérale de nectar. Les résultats de la conductivité électrique et les teneurs en cendres obtenus révèlent que toutes les variétés de miel étudiées sont des miels de nectar (la meilleur conductivité enregistré pour le miel importé E2 à 0.9 ms/cm et 0.6 ms/cm pour les miels locaux E6 et E8. La mesure du pH et l'acidité pour toutes les variétés de miel étudiées est aussi importante pour connaître le type de miel. Les valeurs de pH de miel sont différentes selon le type de nectar.

Le miel est considéré comme un produit pur, mais il n'est pas exempt de produits polluants, présents en très petite quantité, comme le plomb et le cadmium. Le taux le plus élevé a été enregistré dans le miel locale (E5 = 1.66) et le plus faible pour le miel importé (E1=0.35) , L'évaluation de ces polluants dans le miel est particulièrement intéressante car elle constitue un bon indicateur de la contamination de l'environnement.

La détermination de la teneur en proline donne des informations sur la maturité du miel et peut servir à détecter des falsifications. On considère qu'un miel est arrivé à maturité lorsque sa teneur en proline est supérieure à 180 mg/kg. Des valeurs plus basses indiquent un manque de maturité ou une falsification.

Les résultats de la teneur en proline obtenus montrent que la variété Allemande (E1 = 73.84 mg/kg) présente un taux de proline faible par rapport aux autres variétés de miel, la meilleure valeur a été enregistrée dans le miel local (E5= 994.6 mg/kg). L'activité diastasique est utilisée pour apprécier les détériorations dues au stockage et à la chaleur. Les résultats obtenus de ce paramètre montre que nos miels locaux sont des miels frais. On enregistre aussi que les variétés locales présentent des valeurs d'indice diastasique très élevées par rapport aux variétés importées (E8 possède la valeur la plus élevée = 37.5 ND). Le spectre de sucres spécifiques nous a permis de connaître l'authenticité du miel et la falsification des sucres. Cependant, les sucres spécifiques du miel sont analysés par HPLC pour obtenir des renseignements concernant les différents aspects de la qualité du miel. Ainsi, le rapport fructose/glucose et la concentration de saccharose sont de bons critères pour différencier les miels monofloraux. L'analyse pollinique qualitative montre que les variétés de miels locaux et importés sont plus riches en grains de pollens ce qui a permis l'identification de 17 familles et 25 espèces de plantes. Les familles végétales mellifères les plus dominantes sont : *Heltianthus annuus*, *Castaania sativa*, *Eucaliptus sp*, *Geranium sp*, *Lygos sphaerocarpa*, *Pinus sp*, *Geranium sp.*, les résultats obtenus révèlent que toutes les variétés étudiées sont d'origine miel de fleurs et ça concorde avec les résultats de l'étude physico-chimiques obtenus. Les différents paramètres étudiés montrent que les variétés locales et importées sont de bonnes qualités. Les deux variétés provenant de jijel (E8) et celle d'Allemagne (E1) semblent de meilleures qualités par rapport aux autres variétés étudiées. Toutes fois la qualité du miel est affectée par différents facteurs dont dépend la qualité : l'origine botanique et géographique, les conditions climatiques de récolte, les conditions et les méthodes d'extraction, les conditions de stockage et de transport, la nourriture de l'abeille et la richesse botanique de la région.

Le contrôle microbiologiques a montré que les miels ne sont plus contaminés par la FTAM ou par les levures et moisissures donc les miels analysés sont de qualité hygiénique acceptable.

Le miel E3 est caractérisé par un taux élevé en composés phénoliques (6600.7 mg EAG/100 g), et un taux élève en flavonoïdes (3535.1 mg EQ/100 g) par rapport au miel locale E5 (3094.3 mg EAG/100g) en composés phénoliques et (795.9 mgEQ/100 g) en flavonoïdes, ce qui explique leur effet antioxydant. Le miel E2 est caractérisé par une activité anti-oxydante (DPPH) élevé (62.8 %), et un taux élève en pouvoir réducteur (7423 mg EAG/100 g) par rapport au miel locale E5 (5.1 mg EAG/100 g).

L'analyse statistique a montré une corrélation positive entre les paramètres physicochimiques et photochimiques.

Concernant l'activité antibactérienne de nos miels; nous pouvons dire que chaque miel présente une certaine inhibition pour les germes testés.

Il convient de poursuivre ces recherches par la détermination des taux de l'HMF, de l'activité de l'invertase de miel dans les conditions normales et avec un traitement thermique, et la recherche des anti-biotiques et des pesticides afin de mieux comprendre l'influence de l'homme et de l'environnement sur la qualité de miel.

Références

A-Rahaman, L.N., Chu, L.S., Sarmidi, M.R et Aziz, R. (2013). Physicochemical and radical scavenging activities of honey samples from Malaysia. *Agricultural Sciences*, 4 : 46-51.

Abd Alla, A.E., Nour, M.E et Ewies, M.A. (2014). Parameters of sugar feeding honey produced from honeybees, *Apis mellifera L.* colonies in Egypt. *Bulletin of the Entomological Society of Egypt*, 91: 43-53.

Achour, H.Y et Khali, M. (2014). Composition physicochimique des miels algériens. Détermination des éléments traces et des éléments potentiellement toxiques. *Afrique science*, 10: 127-136.

Achouri, I., Aboussaleh, Y., Sbaibi, R., Chemissi, H et Bengueddour, R. (2015). Comparaison de la qualité physicochimique du miel de *Ziziphus sp* (Sider) et d'*Acacia sp* (Samar) consommés aux Émirats Arabes Unis (UAE). *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 1: 184-191.

Adeonipekun, P.A., Adeyemi A.T., Akinsoji, A et Eden, D. (2017). Floral Diversity and Antibacterial Properties of Honey from Three Different Eco-zones in Nigeria, *Bee World*, 93: 68-73.

Ahmed, M., Shafiq, M.I., Khaleeq, A., Huma, R., Abdul Qadir, M., Khalid, A., Ali, A et Samad, A. (2016). Physiochemical, Biochemical, Minerals Content Analysis, and Antioxidant Potential of National and International Honeys in Pakistan. *Journal of Chemistry* 10 p.

Al-Waili, N., Salom, K., Al-Ghamdi, A et Ansari, M.J. (2012). Antibiotic, pesticide, and microbial contaminants of honey: human health hazards. *The Scientific World Journal*, 9.

Almasaudi, S.B., Al-Nahari, A.A.M., Abd El-Ghany, E.M., Barbour, E., Al Muhayawi, S.M., Al-Jaouni, S.F., Azhar, E., Qari, M.Y.A et Harakeh, S. (2016). Antimicrobial effect of different types of honey on *Staphylococcus aureus*. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 7 p.

Alvarez-Suarez, J.M., Tulipani, S., Díaz, D., Estevez, Y., Romandini, S., Giampieri, F., Damiani, E., Astolfi, P., Bompadre, S et Battinoand, M. (2010). Antioxidant and antimicrobial capacity of several monofloral Cuban honeys honeys and their correlation with color, polyphenol content and other chemical compounds. *Food and Chemical Toxicology*, 48 : 2490-2499.

- Amiry, S., Esmaili, M et Alizadeh, M. (2016). Classification of honeys adulterated with date and invert syrups. *Food Chemistry*. 16: 1-27.
- Anklam, E. (1998). A review of the analytical methods to determine the geographical and botanical origin of honey. *Rev. Food Chemistry*, 63: 549-562.
- Atanassova, J., Pavlova, D., Lazarova, M et Yurukova, L. (2016). Characteristics of Honey from Serpentine Area in the Eastern Rhodopes Mt., Bulgaria. *Biological trace element research*, 173 : 247-258.
- Attanzio, A., Tesoriere, L., Allegra, R et Livrea, M.A. (2016). Monofloral honeys by Sicilian black honeybee (*Apis mellifera* ssp. *sicula*) have high reducing power and antioxidant capacity. *Heliyon*, 2: 1-18p.
- Balas, F. (2015). Les propriétés thérapeutiques du miel et leurs domaines d'application en médecine générale. Thèse pour l'obtention du diplôme d'état de docteur en médecine. Université de Nice-Sophia Antipolis. Nice. 85 p.
- Ballis, A. (2013). Produire et commercialiser du miel - Conseiller Technique Apicole Service Elevage - Chambre d'Agriculture Régionale d'Alsace, 22 p.
- Bliidi, S., Gotsiou, P., Loupassaki, S., Grigorakis, S et Calokerinos, A.C. (2017). Effect of Thermal Treatment on the Quality of Honey Samples from Crete. *Advances in Food Science and Engineering*, 1: 1-8.
- Belhaj, O., Oumato, J et Zrira, S. (2015). Etude physico-chimique de quelques types de miels marocains. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 3: 71-75.
- Bogdanov, S. (2017). Honey Composition. In Bogdanov, S. *The Book of Honey*. Bee Product Science. 10 p.
- Bogdanov, S. (2017). Honey as Nutrient and Functional Food. In Bogdanov, S. *The Book of Honey*. Bee Product Science. 54 p.
- Bogdanov, S., Jurendic, T., Sieber, R et Gallmann, P. (2008). Honey for Nutrition and Health. *American Journal of the College of Nutrition*, 27: 677-689.
- Bogdanov, S., Ruo, K et Oddo, L. (2004). Physico-chemical methods for the characterisation of unifloral honeys. *Apidologie*, 35: 4-17.
- Bogdanov, S. (2008). Bee Product Science: Storage, Crystallisation and Liquefaction of Honey. 5 p.

- Bogdanov, S. (1999). Stockage, cristallisation et liquéfaction du miel. Centre Suisse de Recherche Apicoles, 5 p.
- Bogdanov, S. (2009). Beeswax: Production, Properties, Composition and Control. In Bogdanov, S. Beeswax Book. Bee Product Science. 17 p.
- Bogdanov, S. (2011). Elaboration and Harvest of Honey. In Bogdanov, S. The Book of Honey. Bee Product Science, 7 p.
- Bogdanov, S. (2011). Honey Technology. In Bogdanov, S. The Book of Honey. Bee Product Science. 4 p.
- Bogdanov, S. (2016). Honey Control and Trade. In Bogdanov, S. The Book of Honey. Bee Product Science. 14 p.
- Bonté, F et Desmoulière, A. (2013). Le miel : origine et composition, *Elsevier Masson*, 531: 17-21 p.
- Borras, M.J., Periche, A., Domenech, E et Escriche, I. (2015). Correlation between methyl anthranilate level and percentage of pollen in Spanish citrus honey. *Food Science and Technology*, 50: 1690-1696.
- Boukraâ, L. (2014). Honey in Traditional and Modern Medicine, edition *Taylor & Francis Group*, 462 p.
- Bouyahya, A., Abrini, J.A.E., Lagrouh, F., Dakka, N et Bakri, Y. (2017). Analyse phytochimique et évaluation de l'activité anti-oxydante des échantillons du miel marocain. *Phytothérapie*, 1-5.
- Bradbear, N. (2010). Le rôle des abeilles dans le développement rural. Rome : organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. 172 p.
- Bruneau, E. (2002). Les produits de la ruche. Edition *Rustica*. 354-384p.
- Cardinault, N. (2016). Soigner vous avec les produits de la ruche. Edition *Thierry Souccar*, Vergèse, 213 p.
- Chesnais, F., Heneri, C., Savouré, C et Vaesken, B. (2002). Le trait de la rustica de l'apiculture, Edition *Rustica*, 502 p.
- Chirife, J., Zamora, M.C et Motto, A. (2006). The correlation between water activity and % moisture in honey. *Journal of Food Engineering*, 72: 287–292.

- Chuttong, B., Chanbang, Y., Sringarm, K et Burgett, M. (2016). Physicochemical profiles of stingless bee (Apidae: Meliponini) honey from South East Asia (Thailand). *Food Chemistry*, 192: 149-155.
- Cimpoi, C., Hosu, A., Miclaus, V et Puscas, A. (2013). Determination of the floral origin of some Romanian honeys on the basis of physical and biochemical properties. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 100: 149-154.
- Clément, H. (2000). Guide des miels : 40 miels à découvrir. Edition *Rustica*. Paris, 66 p.
- Clément, H. (2011). Le traité *Rustica* de l'apiculture. Edition *Rustica*. Paris, 528 p.
- Codex Alimentarius Commission Standards, "Revised Codex standard for honey," codex stan 12-1981, Rev.1, 1987; Rev.2.
- Cordella, C.B.Y et Moussa, I. (2009). Pister les fraudes dans les miels, l'apport des microscopies et de la spectrométrie de masse du carbone 13, *Chimie des aliments et du goût*, 7-13.
- Council directive 2001/110/EC of 20 December 2001 relating to honey, Official Journal 2002. Of the European Communities, pp. 47-52.
- Cramp, D. (2008). A Practical Manual of beekeeping; How to keep bees and develop your full potential as an apiarist. *Spring Hill*. 329p.
- da Silva, P.M., Gauche, C., Gonzaga, L.V., Costa, A.C.O et Fett, R. (2015). Honey: Chemical composition, stability and authenticity. Concentrations and Temperatures. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology. Food Chemistry*, 196: 309-323.
- Darrigol, J.L. (2007). Apithérapie : miel, pollen, propolis, gelée royale Edition *Dangles*. 271p.
- Delphine, D.N et Joseph, T. (2015). Palynological and Physicochemical Characterization of Honey in the Sudano-Guinean Zone of Cameroon. *Food and Nutrition Sciences*, 6: 1339-1350.
- Devillers, J et Pham, M.D. (2002). Honey Bees: Estimating the Environmental Impact of Chemicals, Taylor & Francis, London and New York, 374p.
- DGCCRF. (2016). Les fiches pratiques de la concurrence et de la consommation.
- 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.

- Dżugan, M., Sowa, P., Monika, K., Wesołowska, M et Czernick, M. (2016). Physico-chemical Parameters and Antioxidant Activity of Bee Honey Enriched With Herbs. *Plant Foods for Human Nutrition*, 72: 74-81.
- El Sohaimy, S.A., Masry, S.H.D et Shehata, M.G. (2015). Physico-chemical characteristics of honey from different origins. *Annals of Agricultural Science*, 60: 279-289.
- Escriche , I., Sobrino-Gregorio, L., Conchado, A et Juan-Borrás, M. (2017). Volatile profile in the accurate labelling of monofloral honey. The case of lavender and thyme honey. *Food Chemistry*, 226: 61-68.
- Estevinho, L.M., Feas, X., Seijas, J.A et Vazquez-Tato, M.P. (2012). Organic honey from Trás-Os-Montes region (Portugal): Chemical, palynological, microbiological and bioactive compounds characterization. *Food and Chemical Toxicology*, 50: 258-264.
- Evans, E.C et Butler, C.A. (2010). Why Do Bees Buzz. The British Library, United States of America, 257 p.
- Fernández, L.A., Hoffmann, C.G.B., Busso, C et Gallez, L.M. (2017). Microbiological quality of honey from the Pampas Region (Argentina) throughout the extraction process. *Rev Argent Microbiol*, 49: 55-61.
- Fyfe, L., Okoro, P., Paterson, E., Coyle, S et Dougall, G.J. (2017). Compositional analysis of Scottish honeys with antimicrobial activity against antibiotic resistant bacteria reveals novel antimicrobial components. *Food Science and Technology*, 17: 1-22.
- Girard, M. (2014). Ouvrage de référence photographique de grains de pollen non acétolyses. Agréiculture et agro-alimentaire. Canada. 47 p.
- Godet, J. (2011). Du pollen pour nos abeilles. La Chambre d’agriculture d’Eure-et-Loir, 4 p.
- Haderbache, L et Mohammedi, A. (2015). Quality of imported honey marketed in Algeria. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 7: 139-149.
- Halouzka, R., Tarkowski, P et Zeljkovic, S.C. (2016). Characterisation of phenolics and other quality parameters of different types of honey. *Food Technology and Economy, Engineering and Physical Properties*, 3: 244-253.
- Hesse, M., Halbritter, H., Zetter, R., Weber, M., Buchner, R., Frosch-Radivo, A et Ulrich, S. (2009). Pollen Terminology: An illustrated handbook. 1st edition. *SpringerWien*, NewYork, 261 p.

- Hummel, R et Feltn, M. (2014). Produire un miel de qualité quand on est apiculteur débutant, Syndicat des apiculteurs de Thann et environs, 6 p.
- Ibrahim, I.F., Balasundram, S.K., Abdullah, N.A.P., Alias, M.S et Mardan, M. (2012). Morphological Characterization of Pollen Collected by *Apis dorsata* from a Tropical Rainforest. *International Journal of Botany*, 8: 96-106.
- Kadri, S.M., Zaluski, R et de Oliveira, O.R. (2017). Nutritional and mineral contents of honey extracted by centrifugation and pressed processes. *Food Chemistry*, 218: 237-241.
- Karasu, S., Toker, O.S., Yilmaz, M.T., Karaman, S et Dertli, E. (2015). Thermal loop test to determine structural changes and thermal stability of creamed honey: Rheological characterization. *Journal of Food Engineering*, 150: 90-98.
- Kasangana, P.B., Haddad, P.S et Stevanovic, T. (2015). Study of Polyphenol Content and Antioxidant Capacity of *Myrianthus Arboreus* (Cecropiaceae) Root Bark Extracts. *Journal antioxidants* 10: 410- 426p.
- Kaur, G et Tarsikka, P.S. (2016). Physicochemical Properties of Indian Honey at Different Concentrations and Temperatures. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 1: 991-996.
- Kek, S.P., Chin, N.L., Tan, S.W., Yusof, Y.A et Chua, L.S. (2016). Classification of Honey from Its Bee Origin via Chemical Profiles and Mineral Content. *Food Analytical Methods*, 10 :19-30.
- Khalafi, R., Goli, S.A.H et Isfahani, M.B. (2015). Characterization and classification of several monofloral Iranian honeys based on physicochemical properties and antioxidant activity. *International journal of food properties*, 16: 1065-1079.
- Kirby, T.J., Triplett, N.T., Haines, T.L., Skinner, J.W., Fairbrother, K.R et McBride, J.M. (2012). Effect of leucine supplementation on indices of muscle damage following drop jumps and resistance exercise. *Amino acids*, 42 : 1987-1996.
- Koehler, S. (2015). Le miel dans la cicatrisation des plaies : Un nouveau médicament, thèse, le Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie université de lorraine faculté de pharmacie, 106 p.
- Laouar, H et Tahar, A. (2017). Physicochemical analysis of some honeys from humid regions in North East Algeria, *Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences*, 10: 50-54.

Laudine, L. (2010). Du nectar à un miel de qualité, contrôles analytiques du miel et conseils pratiques a l'intention de l'apiculteur, pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire université Claude-Bernard - Lyon I (Médecine - Pharmacie), 195 p.

Leyva-Daniel, D.E., Escobedo-Avellaneda, Z., Villalobos-Castillejos, F., Alamilla-Beltrán, L et Welti-Chanes, J. (2017). Effect of high hydrostatic pressure applied to aMexican honey to increase its microbiological andfunctional quality. *Food and bioproducts processing*, 10: 299-306.

Lintermeance. (2011). Les 7 produits de la ruche. Société Royale d'Apiculture de Bruxelles et ses Environs. 7 p.

Marchese, C.M et Flottum, K. (2014). The honey connoisseur Selecting, Tasting, and Pairing Honey, With a Guide to More than 30 Varietals. New York : Black Dog and Leventhal publishers, 270 p.

Mathumitha, K., Keerthika, E.S., Umarani, E.S., Eswaran, V.U et Bhargava, H.R. (2014). Anti-Oxidative and Antagonistic Activity of Honey Samples Collected from Different Geographical Areas of Tamilnadu. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 8: 1377-1383.

Miguel, M.G., Antunes, M.D et Faleiro, M.L. (2017). Honey as a Complementary Medicine. *Integrative Medicine Insights*, 12: 1-15 p.

Miller, D.M., Jamison, K et Wallace, R (2009). The Buzz about Bees: Honey Bee Biology and Behavior. Virginia Cooperative Extension, Pétersbourg, 12 p.

Mouhoubi-Tafinine, Z., Ouchemoukh, S et Tamendjari, A. (2016). Anti-oxydant activity of some algerian honey and propolis. *Industrial Crops and Products*, 88: 85-90.

Nabti, D., Achou, M et Braia, F.M.H. (2016). Physicochemical study of some types of Algerian honeys. *Health Sciences*, 5:8-12.

Nedji, N et Loucif-Ayad, W. (2014). Anti-microbial activity of Algerian propolis in foodborne pathogens and its quantitative chemical composition. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 6: 433-437.

Olaitan, P.B., Adeleke, O.E et Ola, I.O. (2007). Honey: a reservoir for microorganisms and an inhibitory agent for microbes. *African health sciences*, 73: 159-65.

Oliveira, F.M., Carrão, D.B., de Souza, R.O., Baptista, N.U., Nascimento, A.P., Torres, E.C., Moreno, G.D., Buszinski, A.F.M., Miguel, F.G., Cuba, G.L., dos Reis, T.F., Lambertucci, J.,

- Oroian, M. (2013). Measurement, prediction and correlation of density, viscosity, surface tension and ultrasonic velocity of different honey types at different temperatures. *Journal of Food Engineering*, 119: 167-172.
- Oroian, M et Sorina, R.S. (2017). Honey authentication based on physicochemical parameters and phenolic compounds. Faculty of Food Engineering, Stefan cel Mare University of Suceava, Romania Elsevier. *Computers and Electronics in Agriculture*, 138: 148-156.
- Pasias, I.N., Kiriakou, I.K et Proestos, C. (2017). HMF and diastase activity in honeys: a fully validated approach and a chemometric analysis for identification of honey freshness and adulteration, *Food Chemistry. Food Chemistry*, 229 : 425-431.
- Paterson, P.D. (2006). *Agricultures tropicales en poche*, 163 p.
- Piana, M.L., Oddo, L.P., Bentabol, A., Bruneau, E., Bogdanov, S et Guyot, C.D. (2004). Sensory analysis applied to honey: state of the art. *Apidologie*, 35: S26-S37.
- Redher, C et Berretta, A. (2017). Fundamentals of Brazilian Honey Analysis: An Overview An Overview. In *Honey Analysis*. InTech. 140-170.
- Reille, M. (2013). *Leçon de palynologie et analyse pollinique*, Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie, Faculté de Sciences de St Jérôme, 176 p.
- Rosdi, I.N., Selvaraju, K., Vikram, P., Thevan, K et Arifullah, M. (2016). Melissopalynological Analysis of Forest Honey from North Malaysia. *Journal of tropical resources and sustainable science*, 4: 128-132.
- Saxena, S., Gautam, S et Sharma, A. (2010). Physical, biochemical and antioxidant properties of some Indian honeys. *Food Chemistry*, 118: 391-397.
- Schiro, J. (2016). *Réglementation miel HMF*. Syndicat des Producteurs de Miel de France. SPMF Chambre d'Agriculture du Gers. France, 6 p.
- Shahid, M. (2009). *Honey: Biological Characteristics and Potential Role in Disease Management, New Strategies Combating Bacterial Infection*. Edition Iqbal Ahmad et Farrukh Aqil. Copyright Wiley-VCH, Weinheim, 255-274 p.
- Silici, S., Sagdic, O et Ekici, L. (2010). Total phenolic content, antiradical, antioxidant and antimicrobial activities of Rhododendron honeys. *Food Chemistry*, 121: 238-243.

- Solayman, Md., Asiful, M.I., Sudip, P., Ali, Y., Khalil, M.I., Alam, N et Gan, S.H. (2015). Physicochemical Properties, Minerals, Trace Elements, and Heavy Metals in Honey of Different Origins. *Food Science and Food Safety*, 15: 219-233.
- Vassev, K.K., Olczyk, P., Kafmierczak, J., Mencner, L et Olczyk, K. (2015). Bee Pollen: Chemical Composition and Therapeutic Application. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. 10 p.
- Visquert, M., Vargas, M et Escriche, I. (2014). Effect of postharvest storage conditions on the colour and freshness parameters of raw honey. *International Journal of Food Science and Technology*, 49: 181–187.
- Vit, P., Pedro, S.R.M et Roubik, D.W. (2013). Pot-Honey: A legacy of stingless bees. Edition *Springer-Verlag*. New York. 654 p.
- Weiss, K et Vergara, C.H. (2002). The little book of bees. New York: Copernicus Books. 172 p.
- White, J.W et Doner, W.L. (1980). Honey Composition and Properties. *Beekeeping in the United States Agriculture Handbook*, 335: 82-91.
- Zitouni, G. (2014). La Pollinisation des plantes par les Abeilles Domestiques. 10 p.

Annexe 2: Courbes d'étalonnage des éléments de traces métalliques

[Cd] ppm	Abs
0.1	0.0053
0.2	0.0104
0.4	0.0224
1.0	0.0576

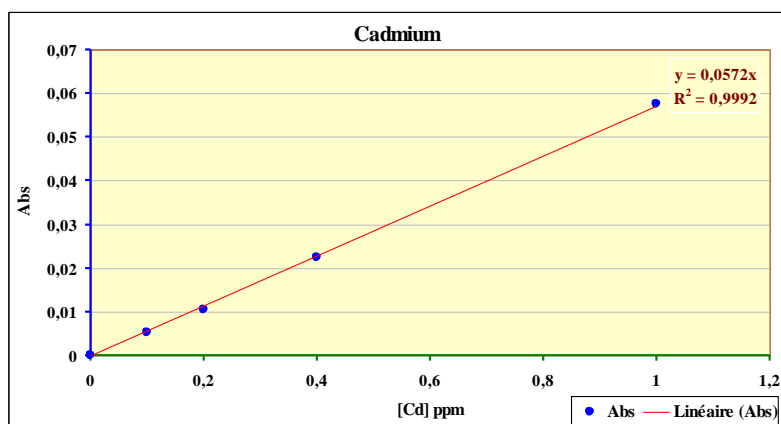


Figure 1 : Courbes d'étalonnage du cadmium

[Pb] ppm	Abs
0.0000	0.0000
0.5000	0.0015
1.0000	0.0051
2.0000	0.0134
5.0000	0.0358
10.0000	0.0734
20.0000	0.1459

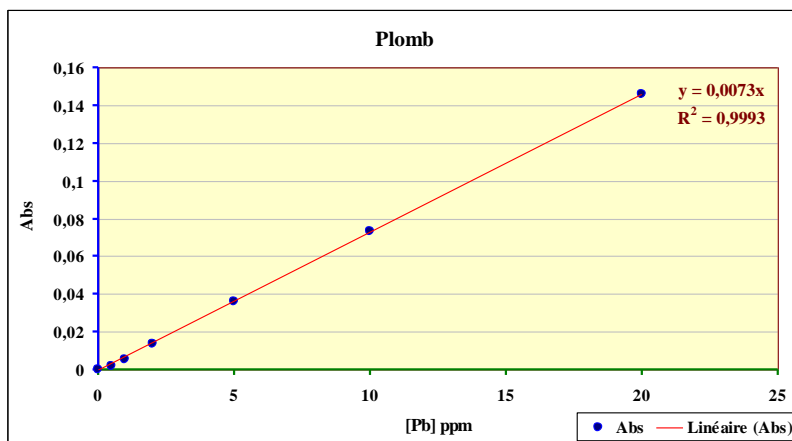


Figure 2 : Courbes d'étalonnage du plomb

[Zn] ppm	Abs
0.0000	0.0000
0.1000	0.0247
0.2000	0.0404
0.4000	0.0761
0.8000	0.1431
1.0000	0.1772

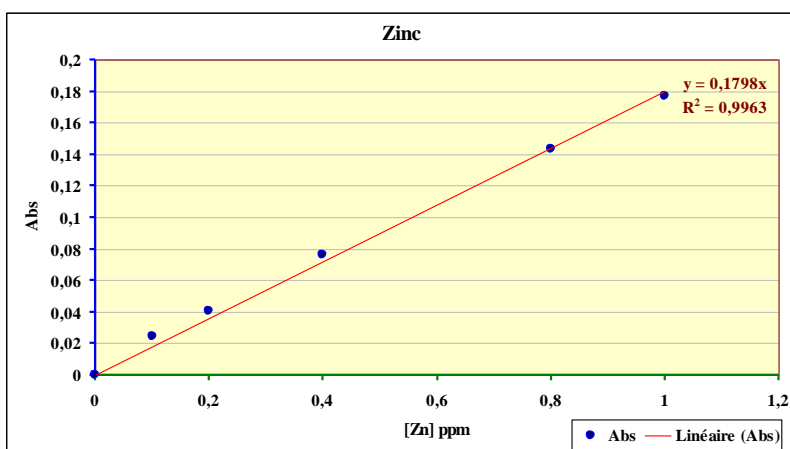


Figure 3 : Courbes d'étalonnage du zinc

[Cu] ppm	Abs
0.0000	0.0000
0.5000	0.0316
1.0000	0.0721
2.0000	0.1465
4.0000	0.2854
6.0000	0.4238

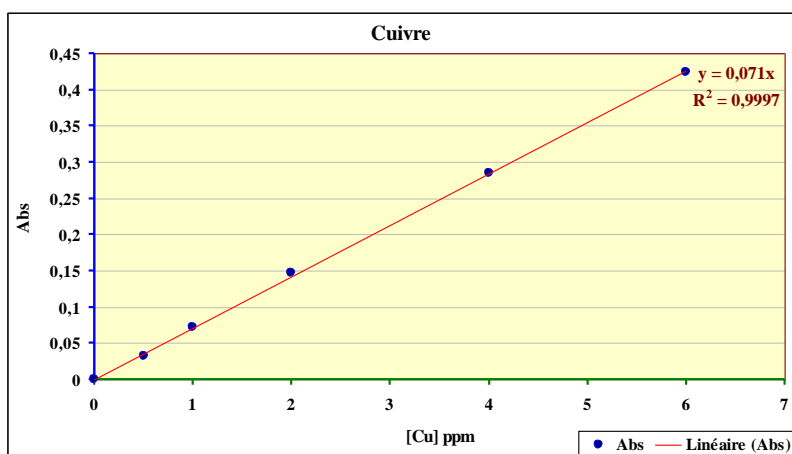


Figure 4 : Courbes d'étalonnage du cuivre

Annexe 3 : courbe d'étalonnage

[Acide ascorbique] (mg/100 ml)	Abs à 415 nm
0.0	0.0
10.0	0.116
20.0	0.198
30.0	0.338
40.0	0.437
50.0	0.51
60.0	0.612
70.0	0.69
80.0	0.794
90.0	0.896
100.0	0.95

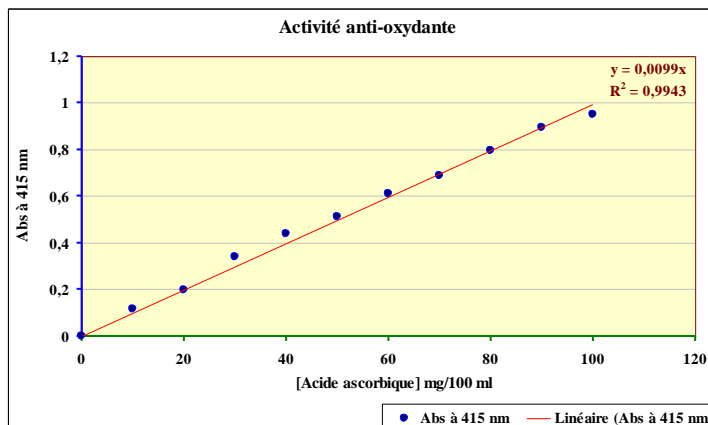


Figure1 : courbe d'étalonnage de l'activité anti-oxydante

[Quercétine] (mg/10ml)	Abs à 430 nm
0.0	0.0
2.0	0.366
4.0	0.873
6.0	1.3
8.0	1.769
10.0	2.234

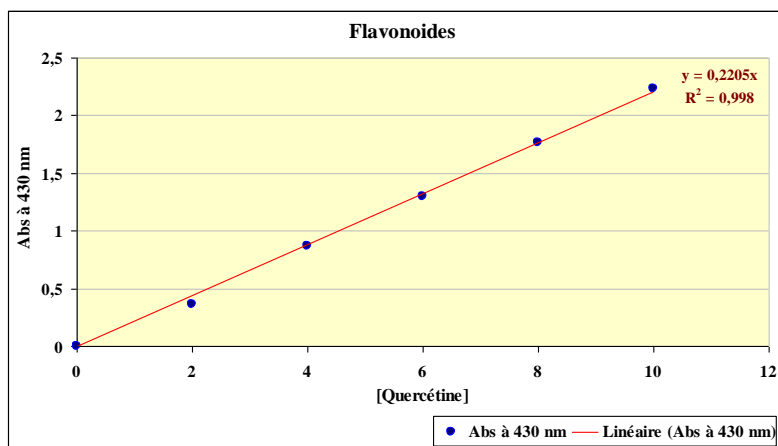


Figure2 : courbe d'étalonnage des flavonoïdes

[Acide gallique] (mg/100ml)	Abs à 760 nm
0.0	0.0
2.0	0.1679
4.0	0.3106
6.0	0.475
8.0	0.652
10.0	0.835

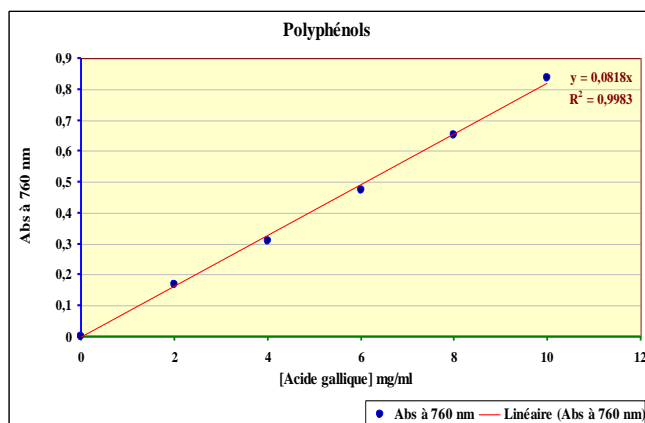


Figure 3 : courbe d'étalonnage des polyphénols

4.

[Acide Gallique] (mg/100 ml)	Abs à 700 nm
0.0	0.0
0.4	0.129
0.8	0.271
1.2	0.412
1.6	0.56
2.0	0.714

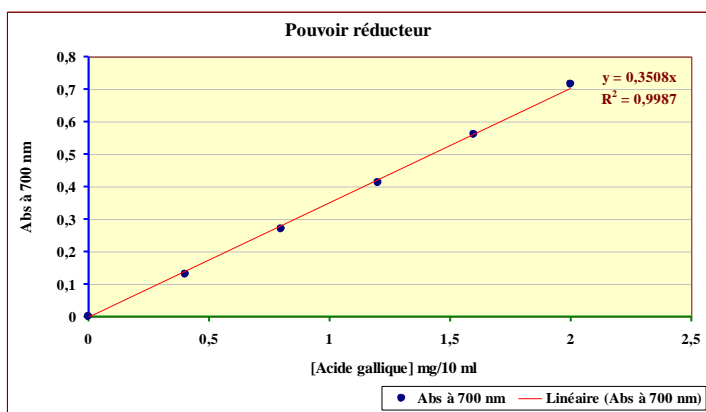


Figure 4 : courbe d'étalonnage du pouvoir réducteur

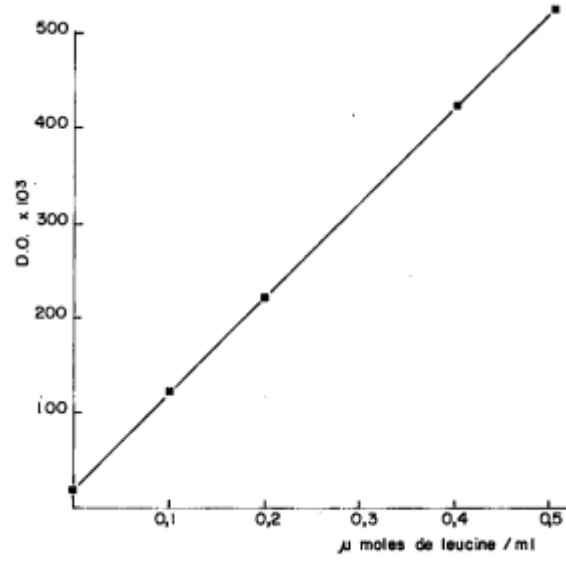


FIG. 2. — Dosage de la leucine

Figure 5: courbe d'étalonnage de la leucine

Annexe 4 : Résultats HPLC des sucres

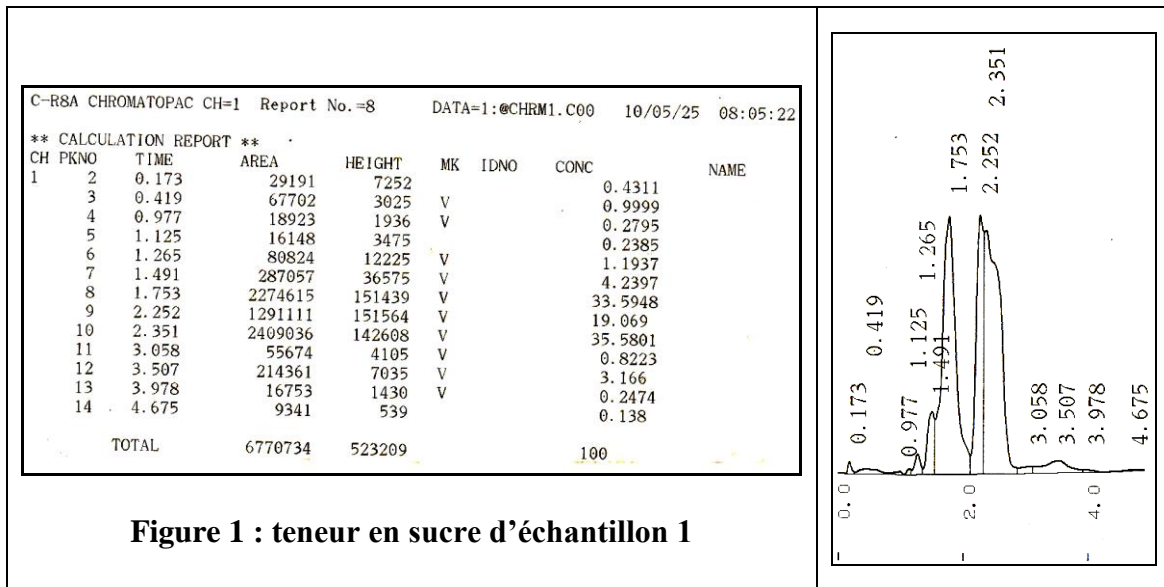


Figure 1 : teneur en sucre d'échantillon 1

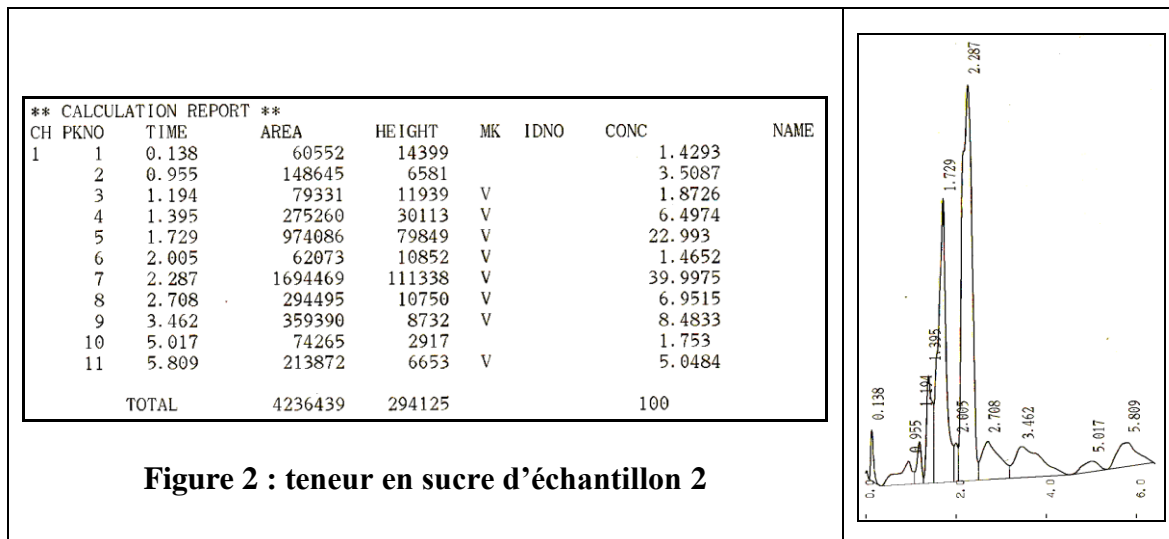


Figure 2 : teneur en sucre d'échantillon 2

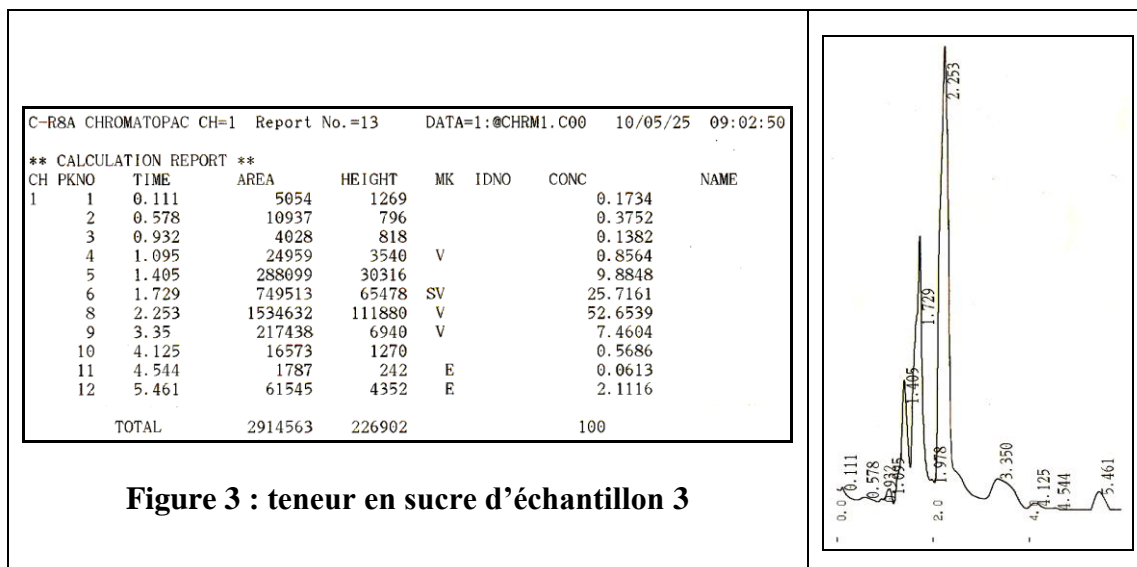


Figure 3 : teneur en sucre d'échantillon 3

C-RSA CHROMATOPAC CH=1 Report No.=14 DATA=1:@CHRM1.C00 10/05/25 09:10:02

** CALCULATION REPORT **

CH	PKNO	TIME	AREA	HEIGHT	MK	IDNO	CONC	NAME
1	1	0.111	3112	849			0.0393	
2	2	0.472	22488	1423			0.2842	
3	3	0.848	12877	1397	V		0.1627	
4	4	0.915	7423	1386	V		0.0938	
5	5	1.229	117857	17485	V		1.4893	
6	6	1.477	294958	34788	V		3.7271	
7	7	1.751	2198972	183824	V		27.7864	
8	8	1.99	263909	39279	V		3.3348	
9	9	2.256	3063391	202838	V		38.7093	
10	10	2.41	1672520	178816	V		21.1341	
11	11	2.963	78635	4963	V		0.9936	
12	12	3.126	40252	4694	V		0.5086	
13	13	3.451	137438	3808	V		1.7367	
TOTAL			7913830	675550			100	

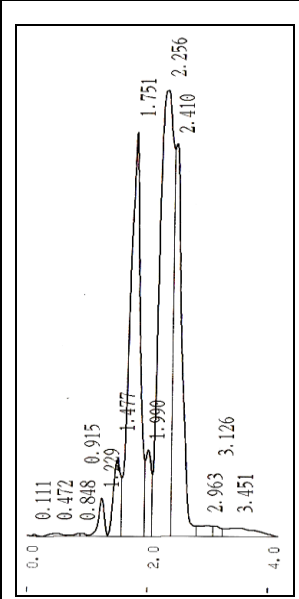


Figure 4 : teneur en sucre d'échantillon 4

C-RSA CHROMATOPAC CH=1 Report No.=16 DATA=1:@CHRM1.C00 10/05/25 09:18:28

** CALCULATION REPORT **

CH	PKNO	TIME	AREA	HEIGHT	MK	IDNO	CONC	NAME
1	1	0.1	7935	1920			0.2699	
2	2	0.376	4779	459	V		0.1625	
3	3	0.668	3717	550			0.1264	
4	4	0.774	3504	754	V		0.1192	
5	5	0.909	1700	427			0.0578	
6	6	1.036	12138	1419			0.4128	
7	7	1.38	246600	23024			8.3865	
8	8	1.73	650433	71484	SV		22.1202	
9	9	1.996	1630	516	T		0.0554	
10	10	2.25	1588581	121632	V		54.0252	
11	11	2.747	51560	3197	V		1.7535	
12	12	3.232	243903	8120	V		8.2948	
13	13	4.684	123965	6723			4.2159	
TOTAL			2940445	240226			100	

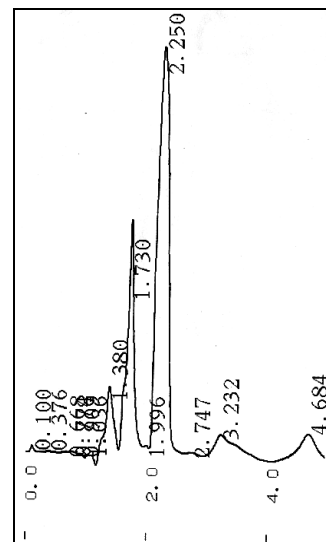


Figure 5 : teneur en sucre d'échantillon 5

C-RSA CHROMATOPAC CH=1 Report No.=17 DATA=1:@CHRM1.C00 10/05/25 09:28:56

** CALCULATION REPORT **

CH	PKNO	TIME	AREA	HEIGHT	MK	IDNO	CONC	NAME
1	1	0.263	6917	1905			0.2271	
2	2	0.609	103944	4814	V		3.4123	
3	3	1.08	8808	1582			0.2892	
4	4	1.197	12579	2465	V		0.413	
5	5	1.371	55375	8848			1.8179	
6	6	1.543	172972	19264	V		5.6785	
7	7	1.864	706285	77415	SV		23.1864	
8	8	2.13	1586	504	T		0.0521	
9	9	2.391	1801541	125645	SV		59.1422	
11	11	3.374	170609	5790	TV		5.6009	
12	12	4.53	5502	423	T		0.1806	
TOTAL			3046117	248656			100	

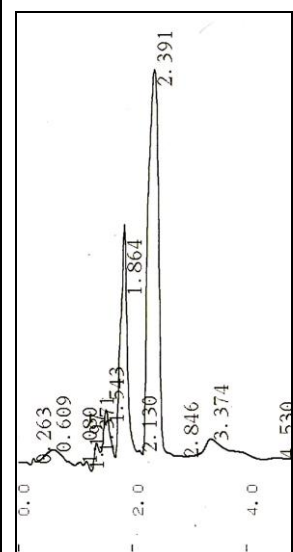


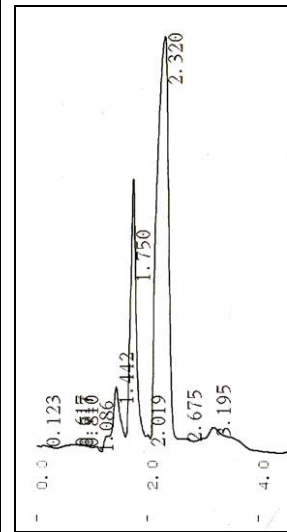
Figure 6 : teneur en sucre d'échantillon 6

C-RSA CHROMATOPAC CH=1 Report No.=18 DATA=1:@CHRM1.C00 10/05/25 09:34:42

** CALCULATION REPORT **

CH PKNO	TIME	AREA	HEIGHT	MK	IDNO	CONC	NAME
1	0.123	4516	590			0.1265	
2	0.617	17943	1566			0.5026	
3	0.717	10884	1909	V		0.3049	
4	0.81	25761	2062	V		0.7216	
5	1.086	10491	1608	V		0.2939	
6	1.442	247544	22307			6.9338	
7	1.75	755567	93869	SV		21.1639	
8	2.019	2204	-810	T		0.0617	
9	2.32	2096847	143171	V		58.7339	
10	2.675	62220	4744	V		1.7428	
11	3.195	336106	8743	V		9.4145	
TOTAL		3570082	281379			100	

Figure 7 : teneur en sucre d'échantillon 7

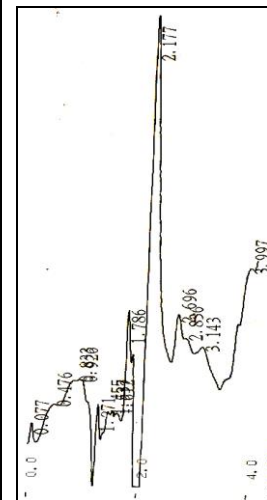


C-RSA CHROMATOPAC CH=1 Report No.=5 DATA=1:@CHRM1.C00 10/05/25 31:41:42

** CALCULATION REPORT **

CH PKNO	TIME	AREA	HEIGHT	MK	IDNO	CONC	NAME
1	0.077	12815	2898			0.5463	
2	0.476	120948	7201	V		5.1556	
3	0.833	181723	11923	V		7.7462	
4	0.926	202092	12486	VE		8.6145	
5	1.271	50760	10572	E		2.1637	
6	1.455	81369	9659	V		3.4685	
7	1.537	47415	9617	V		2.0211	
8	1.612	63912	9402	V		2.7243	
9	1.786	211160	22916	VE		9.001	
10	2.177	870519	60131			37.1072	
11	2.696	193148	16722	V		8.2332	
12	2.836	125636	12348	V		5.3554	
13	3.143	159191	8530	V		6.7858	
14	3.997	25273	1816			1.0773	
TOTAL		2345958	196222			100	

Figure 8 : teneur en sucre d'échantillon 8

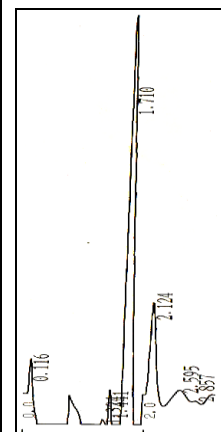


C-RSA CHROMATOPAC CH=1 Report No.=7 DATA=1:@CHRM1.C00 10/05/25 31:52:58

** CALCULATION REPORT **

CH PKNO	TIME	AREA	HEIGHT	MK	IDNO	CONC	NAME
1	0.116	31002	7453	E		4.87	
2	1.324	2285	798	E		0.3589	
3	1.441	14488	5687	E		2.2758	
4	1.71	439192	66778	E		68.9907	
5	2.124	107031	15671			16.813	
6	2.595	39247	2547			6.1652	
7	2.857	3351	565	V		0.5264	
TOTAL		636596	99498			100	

Figure 9 : résultats de l'étalon 1 fructose



C-RSA CHROMATOPAC CH=1 Report No.=6 DATA=1:@CHRM1.C00 10/05/25 31:47:00

** CALCULATION REPORT **

CH	PKNO	TIME	AREA	HEIGHT	MK	IDNO	CONC	NAME
	1	0.792	8754	3212	E		2.0862	
	2	1.055	22796	2051			5.4324	
	3	1.266	11868	1025	E		2.8283	
	4	1.684	37522	4376	E		8.9417	
	5	1.876	283778	64627	E		67.6266	
	6	2.021	21356	13308	E		5.0894	
	7	2.335	33551	20271	E		7.9954	
	TOTAL		419625	108871			100	

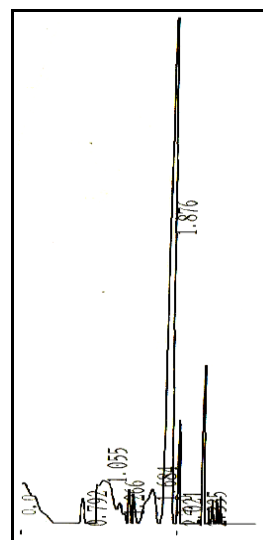


Figure 10 : résultats de l'étalon 2 saccharose

C-RSA CHROMATOPAC CH=1 Report No.=19 DATA=1:@CHRM1.C00 10/05/25 09:40:00

** CALCULATION REPORT **

CH	PKNO	TIME	AREA	HEIGHT	MK	IDNO	CONC	NAME
	1	0.148	19006	1247			0.6558	
	2	0.941	36763	1964			1.2685	
	3	1.086	10929	1683	V		0.3771	
	4	1.279	43098	7029			1.4871	
	5	1.424	147003	18080	V		5.0723	
	6	1.743	586306	65957	V		20.2305	
	7	2.271	1728385	143745	V		59.6379	
	8	3.167	191514	8548	V		6.6082	
	9	3.423	122287	6876	V		4.2195	
	10	4.388	12840	581			0.443	
	TOTAL		2898132	255710			100	

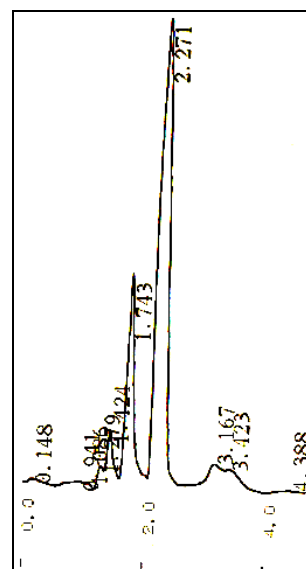


Figure 11 : résultats de l'étalon 3 glucose

Annexe 7 : tableau d'analyse sensorielle (test hédonique)

Date :

Heure :

Nom et Prénom :

Test de dégustation

échantillon	1	2	3	4	5	6	7	8
Couleur : Blanc Jaune pâle Rouge foncé Noir								
Saveure : Douce Intense								
Gout : Doux Aigre Amer								
Arrière- gout								
Texture : Dense Moins dense								
Texture dans la bouche: présence des granules Lisse								
Acceptabilité globale								
La note								

1. je n'aime pas.

5. acceptable.

9 .J'aime beaucoup.

- Quelle est votre échantillon préféré ?

Présenté par : Djabelkheir Takia
Lehaçani Sarra

Encadrant : Mr Laib Essaid

Date de soutenance : /07/2017

Etude physicochimique de quelques miels locaux et autre importés (Langnese)

Nature du diplôme : Master en biologie

Option : Etude physicochimique de quelques miels locaux et autre importés (Langnese)

Résumé

Ce travail de recherche a permis d'étudier certaines propriétés physico-chimiques (pH, humidité, conductivité, indice diastasique, analyse qualitative des grains de pollens), analyse phyto-chimiques et microbiologique. L'activité anti-oxydante des différents échantillons évaluée par la réduction du fer et le piégeage du radical libre DPPH a révélé une meilleure activité anti-oxydante pour l'échantillon E3 importé de marque Langnese qui est riche en polyphénols par rapport aux autres échantillons étudiés. La comparaison de nos différentes variétés par rapport aux normes internationales et aux autres miels commerciaux nous a montré qu'ils sont semblables et conformes.

Mots clés : Miel, physico-chimiques, composés phénoliques, activité anti-oxydante.

Abstract

This research enabled us to study certain physico-chemical properties (pH, moisture, conductivity, diastase index, qualitative analysis of pollen grains), phyto-chemical and microbiological analysis. The antioxidant activity of the various samples evaluated by the reduction of iron and the trapping of the free radical DPPH revealed a better antioxidant activity for the imported sample E3 of the Langnese brand which is rich in polyphenols compared to the other samples studied. The comparison of our different varieties by comparison with international standards and other commercial honeys has shown us that they are similar and compliant.

Key Words: Honey, physico-chemical, phenolic compounds, antioxidant activity.

ملخص

هذا البحث سمح لنا بدراسة بعض الخصائص الفيزيوكيميائية كالحموضة، الرطوبة، الناقلية ونشاط إنزيم الاميلاز. وكذا التحليل النوعي لحبوب الطلع والميكروبيولوجي. تم تقييم نشاط مضاد الأكسدة بواسطة إرجاع الحديد ومحاصرة الجذور الحرة. بين ان العينة رقم 3 المستوردة ذات العلامة لغاناز. أعطت أفضل نشاط مضادات الأكسدة لغناها بمادة البوليفينول مقارنة بالعينات الأخرى المقارنة بين مختلف العينات المدروسة مع المعايير الدولية ومع عينات العسل التجارية أنها متشابهة ومتقاربة.

الكلمات المفتاحية : العسل، الفيزيوكيميائية، المركبات الفينولية، نشاط مضاد الأكسدة.

