



**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem**  
**Faculté Des Sciences de La Nature et de La Vie**  
**Département de Biologie**

# Mémoire

**Présenté pour l'obtention du diplôme de**  
**MASTER EN SCIENCE BIOLOGIQUE**

**Spécialité : Pharmacotoxicologie**

Par  
**HENNI INES**  
**&**  
**YOUSFI IKRAM**

**Thème :**

**Caractérisation et Etude de l'Effet Antioxydant de Quelques Variétés de Miel de Sidr Algériens**

**Soutenu(e) le .....**

**Devant le jury**

<b>Présidente</b>	<b>DOUICHENE Salima</b>	<b>MC-A-</b>	<b>Université de Mostaganem</b>
<b>Encadreur</b>	<b>DJEBLI Nouredine</b>	<b>Pr</b>	<b>Université de Mostaganem</b>
<b>Examinatrice</b>	<b>CHENNINI-BENDIAB Hadjer</b>	<b>MA-B-</b>	<b>Université de Mostaganem</b>
<b>Co-encadreur</b>	<b>MOSTEFA Nadjet</b>	<b>Dr</b>	<b>Université de Mostaganem</b>

*Laboratoire de Pharmacognosie et Api-Phytothérapie*  
**Année Universitaire : 2023/2024**

## Remerciements

Tout d'abord, nous tenons à remercier dieu de nous avoir donné la santé, la volonté et la patience pour mener à terme notre formation de master et de pouvoir réaliser ce magnifique travail. Pour les merveilleuses opportunités et les bénédictions qu'il a placées sur notre chemin. C'est grâce à Sa grâce et à Sa bienveillance, que nous avons pu réaliser notre projet avec succès. Ceci n'aurait pas vu le jour sans la contribution de plusieurs personnes, tout avec leurs conseils.

Le grand merci s'adresse à notre encadreur Monsieur **Djebli Noureddine** professeur au département de biologie à l'université de Mostaganem d'avoir accepté de nous encadrer, nous diriger et nous le remercions surtout pour ses consignes enrichissantes qui nous ont été très utiles et nous ont permis d'évoluer dans notre travail et notre vision de la recherche scientifique. Nous lui serons très reconnaissantes.

Nous exprimons également une profonde gratitude envers la Doctorante Mme **Mostefa Nadjat** qui nous a accompagnées tout au long de notre recherche ; pour sa précieuse assistance, sa générosité, sa gentillesse et le temps qu'elle nous a consacré, ont été d'une valeur inestimable. Ses conseils, encouragements et orientations ont été autant de repères solides et de réconforts tout au long de la réalisation de ce travail. Nous lui en sommes profondément reconnaissantes.

Nous souhaitons adresser nos remerciements les plus sincères à Madame **Douichene Salima** présidente du jury, pour l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant de présider. C'est avec un respect empreint de profonde admiration que nous lui exprimons notre reconnaissance.

Notre sincère reconnaissance à Madame **Chennini Bendiab Hadjer** l'examinatrice d'avoir accepté d'examiner ce travail. Veuillez accepter madame nos sincères respects.

Exprimons également nos vifs remerciements à Mme Medjahed Wahiba ingénieur au laboratoire Pharmacognosie & Api-phytothérapie, pour sa disponibilité et son aide.

Enfin, nos sentiments de reconnaissance et nos remerciements s'étendent à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce modeste travail. Leur participation a été d'une importance capitale et nous leur exprimons toute notre gratitude.

## **Dédicace**

A mes chers parents,

Aujourd'hui, alors que je termine mon travail de fin d'étude, je tiens à vous dédier cette réalisation avec un profond amour et une reconnaissance infinie. Vous êtes les piliers solides de ma vie, vous avez été la source d'inspiration qui a guidé chacun de mes pas. Chaque réalisation que j'ai pu accomplir n'est qu'un reflet de vos innombrables sacrifices et de votre dévouement sans faille et je ne saurais jamais assez vous remercier pour tout ce que vous avez fait pour moi.

A mon cher frère Réda et mes chères sœurs Nessrine et Rania,

Je souhaite que vous ayez un parcours scolaire très réussi, ce qui nécessite du travail acharné, de la persévérance et de la discipline. Que mes parents soient une source d'inspiration pour vous à chaque étape.

Professeur Ms Djebli Noureddine et Mme Mostefa Nadjet

Je vous remercie sincèrement pour votre soutien précieux et votre présence tout au long de ce travail. Votre contribution a été inestimable et je vous suis profondément reconnaissante. Ce travail en témoigne de ma gratitude et mon profond respect.

A mon binôme Yousfi Ikram,

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude pour notre collaboration tout au long de cette période de travail. Votre esprit d'équipe, votre enthousiasme et votre collaboration ont été d'une valeur inestimable. Nous avons parcouru ensemble un chemin souvent difficile, mais grâce à notre travail d'équipe, nous avons surmonté les obstacles avec succès. Merci d'avoir été un binôme formidable, et j'espère que notre collaboration se poursuivra avec succès.

Et merci à Khadija, Sabria, Batoul et Ikram. Je vous remercie du fond du cœur pour chaque moment partagé. Je vous souhaite sincèrement tout le meilleur dans vos futurs projets et dans toutes les facettes de votre vie.

**Ines**

## **Dédicace**

A mes chers parents,

Vous avez été mes guides, mes modèles et mes héros. Votre amour incommensurable m'a donné la force de poursuivre mes rêves et de surmonter les obstacles. Chaque succès que j'ai atteint est le reflet de vos sacrifices et de votre dévouement. En terminant ce travail, je souhaite vous exprimer toute ma gratitude. Vos enseignements, vos valeurs et votre amour infini sont gravés dans mon cœur pour toujours. Cette réalisation vous est dédiée, car c'est grâce à vous que je suis devenu la personne que je suis aujourd'hui.

À ma grande sœur bien-aimée,

Cette dédicace est empreinte de sincérité et de vœux chaleureux. Tu es bien plus qu'une sœur pour moi, tu es ma confidente et mon inspiration. Que la vie t'apporte bonheur, réussite et des moments remplis de joie. Puisses-tu réaliser tous tes rêves et être entourée d'amour et de bonheur

Professeur Ms Djebli Noureddine et Mme Mostefa Nadjat

Cette dédicace est un témoignage de ma grande fierté et de ma gratitude envers vous. Votre engagement, votre persévérance et votre passion pour la recherche sont une source d'inspiration constante. Vous avez fait preuve d'une détermination inébranlable tout au long de ce parcours exigeant. Votre travail acharné, votre curiosité intellectuelle et votre créativité ont contribué de manière significative à l'avancement de nos connaissances.

À mon binôme précieux,

Cette dédicace est imprégnée d'émotions sincères et profondes. Notre parcours ensemble a été une aventure bouleversante, faite de hauts et de bas, de rires et de larmes. Tu as été bien plus qu'un simple binôme. Les défis que nous avons affrontés et les succès que nous avons célébrés ont renforcé notre lien indéfectible. Ta présence m'a donné la force de persévérer. Je suis reconnaissante d'avoir pu partager cette expérience avec toi.

Et merci à Sabria, Khadîdja, Batoul et Ikram. Les moments que nous avons partagés et les défis que nous avons relevés ensemble ont tissé des liens qui resteront à jamais ancrés dans ma mémoire.

**Ikram**

## Résumé

Le miel de Sidr est également un trésor de la nature doté de nombreux bienfaits. Il est riche en métabolites secondaires en particulier les composés phénoliques, responsables de ses activités biologiques. Pour ces raisons, ce produit naturel a fait objet de notre étude, afin d'évaluer in vitro son activité antioxydante. Des analyses, physicochimique (Humidité, pH, L'acidité libre, Conductivité électrique, Degrée de BRIX, Hydroxy-méthyl-furfural (HMF), Absorbance), phytochimiques qualitatives et quantitatives ont été réalisées pour deux échantillons de miel qui ont été récoltés sur deux sites différents en Algérie (wilaya Ghardaïa et Jijel) et un échantillon du Sénégal, la région de Dakar. L'activité antioxydante de ces échantillons a été évaluée par trois méthodes : la réduction du fer FRAP et le piégeage du radical libre DPPH et ABTS•. L'identification des groupes fonctionnels a été réalisée par La Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier ou (FTIR). Les résultats des analyses physicochimiques ont démontré des différences entre les échantillons de miel étudiés, mais tous étaient conformes aux normes internationales, l'étude phytochimiques a révélé la présence des métabolites secondaires avec des intensités différentes. S'est avéré être riche en polyphénols, flavonoïdes, tanins. Une relation proportionnelle positive a été observée entre la quantité de polyphénols totaux et le pouvoir antioxydant. D'après les résultats obtenus par le FTIR, nous avons identifié la présence des groupements fonctionnels les amides R-CO-NR<sub>2</sub> Les cétones R-(C=O)-C=C-NH<sub>2</sub> les alcools R-CH<sub>2</sub>-OH. Ces résultats mettent en évidence les propriétés bénéfiques de miel Sidr précieux et soulignent son potentiel en tant qu'agent protecteur contre les dommages oxydatifs.

**Mots Clés :** Activité antioxydante, Miel, Sidr, Ftir, Analyse phytochimique,

## **Abstract**

Sidr honey is also a treasure of nature endowed with numerous benefits. It is rich in secondary metabolites, particularly phenolic compounds, responsible for its biological activities. For these reasons, this natural product was the subject of our study, in order to evaluate its antioxidant activity *in vitro*. Analyzes, physicochemical (Humidity, pH, Free acidity, Electrical conductivity, Degree of BRIX, Hydroxy-methyl-furfural (HMF), Absorbance), qualitative and quantitative phytochemicals were carried out for two samples of honey which were collected on two different sites in Algeria (wilaya of Ghardaïa and Jijel) and a sample from Senegal, the Dakar region. The antioxidant activity of these samples was evaluated by three methods: iron reduction FRAP and free radical scavenging DPPH and ABTS•. Fourier Transform Infrared Spectroscopy or (FTIR) carried out the identification of functional groups. The results of the physicochemical analyzes demonstrated differences between the honey samples studied, but all were in compliance with international standards, the phytochemical study revealed the presence of secondary metabolites with different intensities. Proven to be rich in polyphenols, flavonoids, tanins. Positive correlations were observed between the amount of total polyphenols and antioxidant power. According to the results obtained by the FTIR, we identified the presence of the functional groups amides  $R-CO-NR_2$  Ketones  $R-(C=O)-C=C-NH_2$  alcohols  $R-CH_2-OH$ . These results highlight the beneficial properties of precious Sidr honey and highlight its potential as a protective agent against oxidative damage.

**Keywords:** Antioxidant activity, Honey, Sidr, Ftir, Phytochemical analysis,

## ملخص

السدر هو كنز من كنوز الطبيعة الذي يتمتع بفوائد عديدة. إنه غني بالمواد الأيضية الثانوية، خاصةً المركبات الفينولية، والتي تكون مسؤولة عن أنشطته البيولوجية. لهذه الأسباب، كان هذا المنتج الطبيعي موضوع دراستنا، من أجل تقييم نشاطه المضاد للأكسدة. في المختبر تم إجراء تحليلات فيزيائية وكيميائية (الرطوبة، الرقم الهيدروجيني، الحموضة الحرة، التوصيل الكهربائي، درجة بريكس هيدروكسي-ميثيل-فورفورال والامتصاص) وكيميائية نباتية نوعية وكمية لعينتين من العسل تم جمعهما من موقعين مختلفين في الجزائر (ولاية غرداية وجيجل) وعينة من السنغال، منطقة دكار. تم تقييم النشاط المضاد للأكسدة FRAP للحد من الحديد والتخلص من الجذور الحرة DPPH و ABTS .

أجرت المطيافية تحت الأشعة تحت الحمراء المحولة فورييه تحديد المجموعات الوظيفية. أظهرت نتائج التحليلات الفيزيائية والكيميائية اختلافات بين عينات العسل المدروسة، ولكن جميعها كانت متوافقة مع المعايير الدولية، وكشفت الدراسة الكيميائية النباتية عن وجود مواد أيضية ثانوية بشدد مختلفة. ثبت أنها غنية بالبوليفينولات Plyphenols والفلافونويدات Flavonoide والتانينات Tanin . لوحظت علاقات إيجابية بين كمية البوليفينولات الكلية والقوة المضادة للأكسدة. وفقاً للنتائج التي تم الحصول عليها بواسطة الأشعة تحت الحمراء المحولة فورييه و  $R-(C=O)-C=C-NH_2$  والكيتونات  $R-CO-NR_2$  حددنا وجود المجموعات الوظيفية المركبات الأميدية الكحولات  $R-CH_2-OH$  تبرز هذه النتائج الخصائص المفيدة للعسل السدر الثمين وتسلط الضوء على إمكاناته كعامل وقائي ضد الضرر التأكسدي .

**الكلمات الرئيسية:** السدر، التحليل الكيميائي النباتي، النشاط المضاد للأكسدة، العسل، FTIR ،

## *Liste des figures*

<b>Figure 1</b> : Mécanismes des effets antioxydants du miel .....	12
<b>Figure 2</b> : Arbuste du jujubier sauvage .....	14
<b>Figure 3</b> : Fleurs de jujubier sauvage.....	14
<b>Figure 4</b> : Feuilles de jujubier sauvage.....	14
<b>Figure 5</b> : Fruit du jujubier sauvage .....	14
<b>Figure 6</b> : Répartition géographique de la plante de Sidr dans de monde .....	15
<b>Figure 7</b> : Cellule attaquée par les radicaux libres.....	20
<b>Figure 8</b> : Atomes déstabilisés par un radical libre .....	21
<b>Figure 9</b> : Les formes actives de l'oxygène dans la cellule .....	22
<b>Figure 10</b> : Les maladies liées au stress oxydant.....	23
<b>Figure 11</b> : Fonction des antioxydants .....	24
<b>Figure 12</b> : Localisation des échantillons du miel étudié en Algérie.....	28
<b>Figure 13</b> : Différentes échantillons du miel étudié.....	29
<b>Figure 14</b> : Spectroscopie infrarouge FT-IR .....	39
<b>Figure 15</b> : Résultat screening phytochimique de V1.....	43
<b>Figure 16</b> : Résultat screening phytochimique de V2.....	43
<b>Figure 17</b> : Résultat screening phytochimique de V3.....	43
<b>Figure 18</b> : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.....	44
<b>Figure 19</b> : Histogramme représente la Teneurs en phénols totaux des trois variétés de miel .....	45
<b>Figure 20</b> : Courbe d'étalonnage de la quercitrine .....	46
<b>Figure 21</b> : Histogramme représente la Teneurs en flavonoïdes des trois variétés de miel .....	47
<b>Figure 22</b> : Courbe d'étalonnage de la catéchine .....	48
<b>Figure 23</b> : Histogramme représente teneurs en tanin condensés des trois variétés de miel.....	49
<b>Figure 24</b> : Courbe d'étalonnage de l'acide tannique.....	50
<b>Figure 25</b> : Histogramme représente la Teneur en tanins hydrolysables dans les trois variétés de miel.....	51
<b>Figure 26</b> : Pourcentage d'inhibition du radical DPPH en fonction des différentes concentrations utilise d'acide ascorbique .....	52
<b>Figure 27</b> : Histogramme représente les niveaux d'activité antioxydante mesurés en DPPH pour différentes variétés de miel (V1, V2, V3).....	52
<b>Figure 28</b> : Courbe d'étalonnage FRAP. ....	53
<b>Figure 29</b> : Histogramme représente les niveaux d'activité antioxydante mesurés en FRAP pour différentes variétés de miel (V1, V2, V3).....	54



<b>Figure 30</b> : Pourcentage d'inhibition du radical ABTS en fonction de différentes concentrations utilisées de Trolox .....	55
<b>Figure 31</b> : Histogramme représente les niveaux d'activité antioxydante mesurés en ABTS * pour différentes variétés de miel (V1, V2, V3) .....	56
<b>Figure 32</b> : Graphe FTIR de la variété de Ghardaïa (V1).....	57
<b>Figure 33</b> : Graphe FTIR variété de Jijel (V2).....	60
<b>Figure 34</b> : Graphe FTIR de la variété de Sénégal (V3).....	63

## *Liste des tableaux*

<b>Tableau 1</b> : Classification botanique de la plante <i>Z. lotus</i> .....	16
<b>Tableau 2</b> : Dénominations internationales de la plante <i>Z. lotus</i> .....	17
<b>Tableau 3</b> : Composition en métabolites secondaires des différents organes de <i>Z. lotus</i> .....	18
<b>Tableau 4</b> : Différentes radicaux libres.....	22
<b>Tableau 5</b> : Les antioxydants de synthèse .....	26
<b>Tableau 6</b> : Différents types d'antioxydants .....	27
<b>Tableau 7</b> : Test qualitatif des solutions miel de différentes variétés .....	34
<b>Tableau 8</b> : les caractéristiques physicochimique .....	41
<b>Tableau 9</b> : Test qualitatif des solutions miel de différentes variétés .....	42
<b>Tableau 10</b> : Teneurs en phénols totaux dans les trois variétés de miel .....	43
<b>Tableau 11</b> : Teneurs en flavonoïdes totaux dans les trois variétés de miel .....	45
<b>Tableau 12</b> : Teneur en tanins condensés dans les trois variétés de miel.....	47
<b>Tableau 13</b> : Teneurs en tanin hydrolysable dans les trois variétés de miel .....	49
<b>Tableau 14</b> : IC 50 dans les trois variétés de miel .....	51
<b>Tableau 15</b> : Evaluation de l'activité antioxydant dans les trois variétés de miel.....	52
<b>Tableau 16</b> : IC 50 dans les trois variétés de miel .....	54
<b>Tableau 17</b> : Groupes fonctionnels.....	58
<b>Tableau 18</b> : Les structures trouvés dans v1 .....	59
<b>Tableau 19</b> : Groupes fonctionnels.....	61
<b>Tableau 20</b> : Les structures trouvés dans v2 .....	62
<b>Tableau 21</b> : Groupes fonctionnels.....	64
<b>Tableau 22</b> : Les structures trouvés dans v3 .....	65

## *Liste des abréviations*

**ABTS** : acide 2,2'-azinobis-(3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique)

**C°** : degré Celsius

**DPPH** : 1, 1-Diphényl 2-Pyridyl Hydrazil

**EAA** : Equivalent Acide Ascorbique

**EAG** : Equivalent Acide Gallique

**EC** : Equivalent Catéchine

**EQ** : Equivalent Quercetine.

**FRAP**: Free Radical Antioxidant Power

**H**: Heures

**HMF** : 5-HydroxyMethyl-2-Furfuraldehyde.

**IR** : Infra rouge

**Min** : minute

**NaCl** : Chlorure de Sodium

**nm** : nanomètre

**Ph** : potentiel d'hydrogène

**ROS** : Espèces réactives d'oxygène

**UV** : Rayons Ultraviolets.

**Ftir** : SPECTROSCOPIE INFRA ROUGE TRANSFORMEE DE FOURIER

**Liste des figures**

**Liste des tableaux**

**Liste des abréviations**

## ***Table de Matière***

Introduction..... 1

### **Première Partie : Synthèse Bibliographique**

#### **Chapitre 01 : Miel**

1. Définition.....	3
2. Histoire médicinale du miel .....	3
3. Origines de miel.....	3
3.1 Le miel de nectar.....	3
3.1.1 Le miel mono floral .....	4
3.1.2 Miel poly floraux .....	4
3.2 Le miel de melliat.....	4
3.3 Le pollen.....	4
4. Composition du miel.....	5
4.1 Eau.....	5
4.2 Les saccharides.....	5
4.3 Les acides organiques .....	5
4.4 Les acides aminés et protéines .....	6
4.5 Les enzymes .....	6
4.6 Hydroxyméthylfurfural.....	6
4.7 Les sels minéraux .....	6
4.8 Composés phénoliques.....	7
4.9 Les pigments.....	7
4.10 Les vitamines.....	7

4.11 Les autres composants .....	7
5. Propriétés physico-chimiques .....	8
5.1 Paramètres d'acide et de ph.....	8
5.2 La viscosité.....	8
5.3 La coloration.....	8
5.4 La conductivité.....	9
5.5 La saveur.....	9
6. Propriété thérapeutiques de miel .....	9
6.1 Activité antimicrobienne.....	9
6.2 Activité antioxydante .....	10
6.3 Anti-inflammatoire .....	10
6.4 Effet anti diabétique .....	10
6.5 Action antiparasitaire .....	11
6.6 Action cicatrisante.....	11
7. Le miel comme antioxydant .....	11

## **Chapitre 2 : La plante de Sidr (*zizyphus lotus*)**

1. Généralités sur <i>zizyphus lotus</i> .....	13
2. Description du jujubier <i>zizyphus lotus</i> .....	13
A. Tiges .....	13
B. Fleurs .....	13
C. Feuilles .....	13
D. Fruits.....	13
3. Répartition géographique.....	15
3.1 Dans le monde.....	15
3.2 En Algérie.....	15
4. Classification botanique.....	16

5. Dénominations internationales .....	17
6. Composition chimiques .....	18
7. Utilisation de la plante .....	18
7.1 Médicinales.....	18
7.2 Utilisations alimentaires.....	19
7.3 Utilisation écologique .....	19

### **Chapitre 03 : le stress oxydant et la thérapie antioxydante**

1. Définition.....	20
2. Les radicaux libres .....	20
3. Sources des radicaux libres .....	21
3.1 Sources exogènes .....	21
3.2 Sources endogènes .....	21
4. Différentes formes des radicaux libres .....	22
5. Les maladies liées au stress oxydant.....	23
1. Les antioxydants.....	24
2. La nature des antioxydants.....	24
2.1 Antioxydant naturel.....	24
A) Vitamine E.....	24
B) Le cuivre.....	25
C) Le zinc .....	25
D) Les polyphénols .....	25
2.2 Antioxydants de synthèse .....	26
3. Type des systèmes antioxydants.....	27

### **Deuxième Partie : Partie Expérimentale**

1. Objectifs.....	28
-------------------	----

2. Matériels et Méthodes.....	28
2.1 Echantillons des miels.....	28
3. Analyse physico-chimique du miel.....	29
3.1 Teneur en eau (humidité).....	29
3.1.1 Mode opératoire.....	29
3.2 ph.....	30
3.2.1 Mode opératoire.....	30
4. L'acidité libre.....	30
4.1 Mode opératoire.....	30
5. Conductivité électrique.....	31
5.1 Mode opératoire.....	31
6. Degrée de Brix.....	31
6.1 Mode opératoire.....	31
7. Hydroxy-méthyl-furfural (HMF).....	32
7.1 Mode opératoire.....	32
8. Absorbance.....	32
8.1 Mode opératoire.....	32
4. Analyses qualitatives.....	33
4.1 Analyses phytochimique (screening phytochimique).....	33
5. Analyse quantitative.....	35
5.1 Dosage des polyphénols totaux.....	35
5.1.1 Mode opératoire.....	35
5.2 Dosage des flavonoïdes.....	35
5.2.1 Mode opératoire.....	36
5.3 Dosages des tanins condensés.....	36
5.3.1. Mode opératoire.....	36
5.3 Dosages des tanins hydrolysables.....	36

5.4.1 Mode opératoire .....	36
6. Evaluation de l'activité antioxydant.....	37
6.1 Test de réduction de DPPH .....	37
6.1.1 Mode opératoire .....	37
6.2 Test de la réduction du fer FRAP .....	37
6.2.1 Mode opératoire .....	38
6.3 Piégeage du radical ABTS•+.....	38
6.3.1 Mode opératoire .....	38
7. Analyse par spectroscopie infra rouge (FTIR).....	38
7.1 Principe spectroscopie infrarouge (FTIR).....	39
7.2. Mode opératoire général pour la spectroscopie (FTIR).....	39
- Préparation de l'échantillon.....	39
- Calibrage du spectromètre .....	39
- Interprétation des resultats .....	40

## **Résultats**

1. Analyse physicochimique .....	41
2. Analyses qualitatives (screening phytochimique).....	42
3. Analyses quantitatives.....	44
3.1. Détermination de la teneur en phénols totaux .....	44
3.2 Détermination de la teneur en flavonoïdes totaux.....	46
3.3 Détermination de la teneur en tanins condensés .....	48
3.4 Détermination de la teneur en tanins hydrolysables.....	50
4. Activite antioxydante .....	51
4.1 Test de piégeage du radical libre DPPH.....	51
4.2 Test de FRAP (le fer ferrique (fe <sup>3+</sup> ) test de réduction du fer FRAP.....	53
4.3 Piégeage du radical ABTS•+.....	55
5. Analyse par spectroscopie infrarouge (FTIR).....	57



-Analyse échantillon variété de Ghardaïa v1 .....	57
-Analyse échantillon de variété de Jijel v2.....	60
-Analyse échantillon de Sénégal v3 .....	63
Discussion .....	66
Conclusion .....	77
Références bibliographiques .....	80
Annexe	

# **Introduction**

## **Introduction**

Le stress oxydatif résulte d'un déséquilibre entre les oxydants et les antioxydants dans l'organisme, ce qui peut endommager les cellules. Des recherches approfondies ont été effectuées sur ce concept au cours des dernières décennies (**Sies et al., 2017**). Lorsque l'équilibre entre les antioxydants et les radicaux libre est détruit, soit par une surproduction d'espèces réactives de l'oxygène (ERO), soit par un abaissement des capacités antioxydantes, un état de stress oxydatif peut se déclarer (**Rahal et al., 2014 ; Migdal et Serres, 2011**). Pour combler les carences en antioxydants naturels, les chercheurs sont intéressés à certains aliments riches en antioxydants, particulièrement ceux contenant des composés phénoliques qui améliorent de manière notable le pouvoir antioxydant des aliments (**Scalberet et al., 2005**). Des études ont montré que les polyphénols totaux peuvent empêcher les dommages oxydatifs moléculaires et cellulaires liés à différentes pathologies telles que le diabète de type 2, le cancer, les maladies cardiovasculaires et neurodégénératives (**Han et al., 2007**)

Parmi les trésors de la nature, le miel se distingue comme un élément naturel, visqueux et léger, produit par les abeilles (*Apis mellifera*) à partir du nectar, du miellat et d'autres matières sucrées récoltées sur les végétaux (**Guillon., 1996**). Aussi de sa saveur délicieuse, le miel englobe une large variété de composés mineurs, tels que des minéraux, des vitamines, des protéines, des acides organiques, des flavonoïdes, et bien d'autres encore (**Azeredo et al., 2003**). De nombreuses recherches ont prouvé que l'activité antioxydante du miel provient essentiellement de sa teneur en composés phénoliques (**Olas., 2020**), qui peut changer en fonction de la source florale et de l'origine botanique du miel (**Doukani et al., 2014**). La science a largement démontré et prouvé que le miel est un remède naturel d'un grand intérêt thérapeutique en raison de son pouvoir antioxydant. (**Cherbuliez et Domerego, 2003**).

Notre manuscrit est structuré de manière méthodique et organisée, visant à approfondir notre compréhension du miel de variété Sidr à travers une approche bibliographique et une étude expérimentale. La première partie de notre mémoire se compose de trois chapitres qui abordent différents aspects du miel, nous présentons une revue générale sur le miel, en mettant l'accent sur ces caractéristiques physico- chimiques, ses propriétés thérapeutiques, sa composition chimique, son origine, sa fabrication et les différents types de miel existants. Ensuite, nous effectuons une revue succincte sur la Plante de Sidr, qui est à l'origine de cette variété spécifique de miel et des notions générales sur les stress oxydant et la thérapie antioxydante.

La deuxième partie est consacrée à l'étude expérimentale. Elle se divise en deux chapitres distincts. Le premier chapitre, intitulé "Matériel et Méthodes", décrit en détail les échantillons de miel que nous avons étudiés ainsi que les différentes méthodes et équipements que nous avons utilisés pour déterminer les caractéristiques physico-chimiques et effectuer une analyse-phytochimique approfondie du miel de Jujubier (*Ziziphus Lotus L*). Notre recherche se concentre notamment sur l'identification des composés phénoliques tels que les polyphénols, les flavonoïdes, les tanins condensés et hydrolysables, ainsi que sur l'évaluation de l'activité antioxydante du miel. De plus, nous utilisons la spectroscopie infrarouge (FTIR) pour analyser les échantillons de miel. Le deuxième chapitre de la partie expérimentale présente les résultats que nous avons obtenus, discutés et comparés aux travaux précédemment réalisés dans ce domaine. Cette discussion nous permet de tirer des conclusions et de formuler des hypothèses basées sur nos propres résultats expérimentaux en contribuant ainsi à l'avancement des connaissances dans le domaine de l'étude du miel de variété Sidr.

# Première partie : Synthèse bibliographique



# **Chapitre 01 :**

## **Miel**

## 1. Définition

Le miel est une substance naturelle produite par les abeilles (*Apis mellifera*) à partir du nectar des fleurs qui est un liquide sucré, savoureux et visqueux. Il est utilisé comme produit alimentaire et médical depuis les temps les plus reculés. Le miel est un mélange complexe et présent de très grandes variations de composition et de caractéristiques en raison de son origine géographique et botaniques, ses principales caractéristiques dépendant de l'origine florale ou du nectar butiné par les abeilles. (Tafere, D.A., 2021).

## 2. Histoire médicale du miel

Les peintures de l'âge de pierre montrent le traitement des maladies avec des produits de la ruche tel que le miel provenant d'il y a 8000 ans. Des parchemins, des tablettes et des livres anciens-tablettes d'argile sumériennes (6200 av.J.-C.) papyrus égyptiens (1900-1250av.J.-C.), Veda (écriture hindoue) 5000 ans, le Saint Coran, la Bible et Hippocrate (460-357 av J.-C.) ont illustré que le miel avait été largement utilisé comme drogue. Le Coran indiquant clairement l'activité thérapeutique du miel. Les abeilles ont reçu l'inspiration pour construire leur ruches dans les collines, sur les arbres et dans les habitations des hommes, de l'intérieur de leur corps sort une boisson de différentes couleurs, dans laquelle est la guérison pour l'humanité, en vérité c'est un signe, pour ceux qui réfléchissent. Bien qu'un certain nombre d'articles aient été publiés sur le miel, la plupart d'entre eux se sont concentrés sur l'analyse biochimique, l'utilisation commerciale des aliments et des produits non alimentaires.

Le miel était utilisé pour diverses maladies, notamment les maladies osculaires, l'asthme, les infections de la gorge, la tuberculose, la soif, le hic.... (Samaghandian, S et al., 2017).

## 3. Origines de miel

La production du miel implique un processus naturel complexe. Les abeilles utilisent principalement le nectar et le pollen des fleurs comme ingrédients fondamentaux de leur alimentation. (Gomez-Caravac et al., 2006).

### 3.1 Miel de nectar

Il s'agit d'un type de miel qui provient du nectar des plantes. Ce nectar est récolté à partir des fleurs, plus précisément des petites glandes végétales appelées nectarifères. La production de ce miel dépend de divers facteurs tels que l'âge, la taille et la position de la fleur, l'humidité

Relative de l'air, la durée de la floraison des fleurs, l'espèce végétale et l'environnement environnant (Sanz et al., 2005).

### 3.1.1 Miel mono floral

Le miel mono floral est fabriqué à partir d'une seule variété de plantes. Il est rare à obtenir. Sa production est liée à l'abondance des fleurs de cette variété spécifique. Le miel mono floral est composé à 80% de cette même variété de plantes. Il est nécessaire de placer les ruches à proximité de cette variété végétale pendant sa période de floraison. (Anonyme., 2019).

### 3.1.2 Miel Poly floraux

Le miel qui provient de plusieurs espèces végétales est connu sous le nom de miel multi floraux. Lorsque la teneur en pollen de différentes espèces végétales ne dépasse pas 45% de la teneur totale en pollen (<45% du pollen de différentes espèces végétales) (Chin, N.L., 2020).

### 3.2 Miel de melliat

Il s'agit d'un type de miel qui est produit à partir des sécrétions d'insectes butineurs trouvées sur les plantes, ou des sécrétions de parties vivantes de plantes appelées miellat. En effet, le miellat est une substance épaisse et visqueuse, plus dense que le nectar, qui est riche en azote, acides organiques, minéraux et sucres complexes. Les abeilles les récoltent en complément ou en remplacement du nectar, ce qui donne un miel de couleur foncée et avec une faible teneur en humidité par rapport à celui issu du nectar. (Bonté et al., 2013).

### 3.3 Le pollen

L'appareil sexuel male des fleurs possède une ou plusieurs étamines, chacune étant constituée de deux parties, le filet et l'anthère qui contient les grains de pollen. Les grains de pollen représentent les gamètes males chez les plantes supérieures. En moyenne, une graine en ferme 20% de protides, dont 50% sont des acides aminés indispensables, 5% de lipides, 36% de glucides, 11% d'eau et 3% de sels minéraux (potassium, magnésium, calcium, etc.). Il comporte également de nombreux pigments (caroténoïdes, rutine) et des vitamines issues des groupes B, C, D, E, et A. Le pollen constitue la principale source de protéines pour l'abeille. Au totale, 10 à 30 mg sont ramassés par voyage, travail qui peut être réalisé en dix minutes. Une ruche récolte ainsi 30 à 40 kg de pollen durant le printemps et l'été (Bonté, F, et al., 2013).



## 4. Composition du miel

La composition du miel et la qualité du miel dépendent également de plusieurs facteurs environnementaux pendant la production, tels que les conditions météorologiques et l'humidité à l'intérieur de la ruche, les conditions de nectar le traitement du miel pendant l'extraction et le stockage. La composition du miel varie en fonction de l'alimentation des abeilles. Le miel contient plus de 180 substances et est considéré comme une partie importante de la médecine traditionnelle (Tarefe, D.A., 2021).

### 4.1 Eau

La teneur en eau du miel est un aspect qualificatif essentiel qui détermine sa capacité à rester frais et à éviter la détérioration due à la fermentation par les levures. En général, le miel brut a une teneur en eau inférieure à 14%. Plus la teneur en eau est faible, plus le miel est perçu comme ayant une grande valeur. Il est préférable d'avoir une faible teneur en eau dans le miel, car une teneur en eau supérieure à 20% peut entraîner une fermentation et une perte en qualité du miel frais. (Tarefe, D.A., 2021).

### 4.2 Les saccharides

Les monosaccharides avec, une moyenne, 31% de glucose et 38% de fructose (ou lévulose) sont les principaux sucres du miel). Ils proviennent en grande partie de l'hydrolyse du saccharose (présent dans le nectar ou le miellat) par l'invertase ou les acides. Parmi les disaccharides (ou diholosides) figurent le maltose (7.3%) et le saccharose (1.3%), mais aussi des molécules plus rares comme le kojibiose. Le tri-et polysaccharides représentent 1.5 à 8%. Par mieux, citons l'erlose, le raffinose, le mélézitose, le dextrantriose et le mélibiose. (Bonté, F., & des moulières, A, 2013).

### 4.3 Les acides organiques

C'est l'acide gluconique, dérivé du glucose, qui prédomine dans le miel. Mais une vingtaine d'acides organiques tels que les acides acétique, benzoïque, critique, lactique, malique, oxalique, butyrique, pyroglutamique et succinique sont également représentés. D'autres composés permanents les lactones, assurent parallèlement une fonction acide. Des dérivés naturels de l'acide benzoïque se retrouvent en partie par million (ppm). (Bonté, F., & Desmoulière, A, 2013).

#### 4.4 Les acides aminés et protéines

Les acides aminés et les protéines sont présents en faible quantité dans le miel (0.26%) et la teneur 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, glycine ou la méthionine sont également retrouvées. Les lipides la proportion de lipides est infime, sous forme de glycérides et d'acides gras (acide palmitique, oléique et linoléique) (Bonté, F., & Desmoulière, A, 2013).

#### 4.5 Les enzymes

Les enzymes proviennent soit des nectars, soit des sécrétions salivaires de l'abeille. Les plus connues sont la gluco-invertase qui est responsable de l'hydrolyse des disaccharides, et les analyses alpha et beta qui permettent la dégradation de l'amidon. Une catalase, une phosphatase, des enzymes acidifiantes et peroxyde d'hydrogène coexistent. Ces enzymes sont détruites par la chaleur. Leur présence ou leur absence peut servir d'indicateur de surchauffe du miel lors qu'il est monté en température pour, notamment, faciliter sa manipulation, ce qui peut provoquer une dénaturation si la température utilisée est excessive (Bonté, F., & Desmoulière, A, 2013).

#### 4.6 Hydroxyméthylfurfural

Le HMF est un composé organique hétérocyclique à six atomes de carbone contenant à la fois des groupes fonctionnels d'aldéhyde et d'alcool (hydroxyméthyle). L'anneau de la structure est centré sur les fractions furanes, tandis que les deux groupes fonctionnels, c'est-à-dire les groupes formyle et hydroxy-méthyle, sont liés respectivement en deuxième et cinquième positions. Le HMF est une substance solide et jaune qui a un point de fusion bas mais qui est très soluble dans l'eau (Tafere, D.A, 2021).

#### 4.7 Les sels minéraux

Les matières minérales ne sont présentes qu'à un taux d'environ 0.1% dans les miels courants, mais sont plus abondantes dans les miels foncés. Du potassium, du calcium, du sodium, du magnésium, du cuivre, du manganèse, du chlore, du soufre, du silicium, du fer ainsi que plus de trente oligo-éléments sont trouvés dans le miel. Leur teneur dépend des plantes visitées par

Les abeilles ainsi que du type de sol sur lequel les végétaux poussent (**Bonté, F., & Desmoulière, A, 2013**).

#### 4.8 Composés phénoliques

Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires dont les principales sources sont les sécrétions végétales (propolis, nectar pollen) (**Can et al., 2015**). Parmi les structures identifiés dans le miel, on retrouve les acides phénoliques (acides benzoïques et cinnamiques), les flavonoïdes en proportions très variables selon la source florale (**Collin et Crouzet, 2011**) qui sont responsables de l'activité antioxydante du miel (**Nair., 2014**).

#### 4.9 Les pigments

Les caroténoïdes et les flavonoïdes sont principalement responsables de la coloration du miel. Les flavonoïdes, qui appartiennent aux groupes des polyphénols, possèdent des propriétés antioxydantes très intéressantes, car ils participent à la neutralisation des radicaux libres. La quantité et les types des flavonoïdes varient selon la source florale. En règle générale, plus les miels sont foncés (comme ceux issus du tournesol, du sarrasin et de miellat) plus ils en sont riches. La pinocembrine, la pinobanskine, la chrysin, la galangine, la quercitrine, la lutéoline et le kaempférol font partie des flavonoïdes des contenus dans le miel (**Bonté, F., & Desmoulière, A, 2013**).

#### 4.10 Les 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 panthénique B5, l'acide nicotinique B3, la biotine B8 ou H et l'acide folique B9 de la vitamine C y est également présente. Les vitamines du miel sont d'autant mieux conservées quand le pH est faible (**Bonté, F., & Desmoulière, A, 2013**).

#### 4.11 Les autres composants

Des oligoéléments, des pollens, des spores, des algues unicellulaires, des levures osmotolérantes (responsables de la fermentation) et des champignons microscopiques peuvent également faire partie de la composition du miel. L'hydroxyméthylfurfural, substance issue de la transformation du fructose en milieu acide, est présent dans les miels anciens ou ayant subi un sur chauffage ; il peut donc constituer un marqueur dès sa conservation (**Bonté, F., & Desmoulière, A, 2013**).

## 5. Propriétés physico-chimiques

Les propriétés physico-chimiques des miels sont très importantes, leur interprétation permet de déduire non seulement l'état de fraîcheur du miel mais également des conditions optimales de conservation ainsi que sa qualité. Certaines d'entre elles y participent aussi. (Mohammed Zinc, S.A..A.D.L, et al., 2018).

### 5.1 Paramètres de pH

La valeur du pH du miel est un indicateur important de sa qualité. Le pH du miel monofloral se situe généralement entre 4,1 et 4,5, avec une moyenne de 4,3, ce qui le classe dans la catégorie des aliments acides. Cette acidité est attribuée à la présence d'acide gluconique, d'acide acétique, d'acide citrique, d'acide lactique, d'acide oxalique, d'acide butyrique et d'acide formique dans le miel. Ces composés acides ont un impact sur le goût et l'arôme du miel. De plus, un faible pH du miel peut empêcher la croissance des bactéries. La valeur du pH et l'acidité du miel sont influencées par divers facteurs tels que la teneur en minéraux, les acides aminés, le processus de transformation et la durée de conservation du miel. Ils sont également liés à la présence d'acides libres, de minéraux acides, aux conditions biophysiques, à la maturité du miel, au climat ainsi qu'aux méthodes de transformation et de stockage. Ainsi, l'évaluation de ces paramètres permet de déterminer la qualité globale du miel.

(Adalina, Y et al., 2024).

### 5.2 La viscosité

Un caractère important pour la production du miel, elle dépend de l'eau, de la température de la composition chimique.

### 5.3 La coloration

La couleur du miel est principalement déterminée par son origine botanique. Cela dépend également de sa teneur en cendres, de sa température et de son temps de stockage. Une corrélation entre la couleur des miels et leurs teneurs minérales a été trouvée en appliquant des techniques statistiques multi variées telles que la régression linéaire multiple et l'analyse discriminante linéaire. Le paramètre de couleur des miels foncés était fortement corrélé avec la concentration de minéraux tels qu'As, Cd, Fe, S Pb et Ca. De nombreux chercheurs ont constaté que les miels de couleur plus foncée ont une teneur en phénols totaux plus élevée. D'autre part, les miels de couleur la plus foncée présentaient la plus grande capacité

antioxydante. Par conséquent, les composés phénoliques doivent être en partie responsables des effets antioxydants des miels, mais d'autres facteurs doivent évidemment être impliqués. (Pita-Calvo, C et al., 2017).

#### **5.4 La conductivité**

La conductivité est très souvent utilisée dans le contrôle de routine de la qualité du miel. Cette propriété du miel est considérée comme un très bon critère pour l'évaluation de l'origine botanique et de la pureté du miel. Entre autres choses, le miel contient des composants tels que des acides organiques et des minéraux, qui, dans une solution aqueuse, ont la capacité de se dissocier en ions ou de conduire une énergie électrique. La couleur vive du miel indique généralement une conductivité plus faible que la couleur foncée du miel. La conductivité électrique du miel est définie comme celle d'une solution à 20% en poids en volume dans de l'eau à 20°C, ou les 20% se réfèrent à la matière sèche du miel. La mesure de la conductivité électrique indique indirectement la teneur en cendres du miel (Zivkov-Balos, et al., 2018).

#### **5.5 La saveur**

Elle est plus ou moins sucrée et aromatique, d'odeur variable.

### **6. Propriétés thérapeutiques du miel**

Le miel a de nombreuses utilisations et applications fonctionnelles dans le monde entier, tel que dans les systèmes alimentaires, les cérémonies religieuses et magiques ainsi que chez les humains et les vétérinaires. (Tarefe, D.A., 2021).

#### **a. Activité antimicrobienne**

Le miel détient la capacité de contrôler rentablement et irrésistiblement un grand nombre de micro-organismes. Tous les types de miel ont un pouvoir antimicrobien, bien que certains soient plus actifs que d'autres (Belhadj, O et al., 2016) il présente donc une forte bio activité, les enzymes de miel assurent un effet antimicrobien grâce à l'acide gluconique qu'il contient et leur faible pH qui est d'environ 3.0 à 4.5. Beaucoup des bactéries sont inhibées à ce pH (Brudzynski, K., 2020).

### **b. Activité antioxydante**

En général, les phénols sont des contributeurs importants pour la capacité antioxydante du miel. La composition phénolique est diversifiée ce qui assure une large gamme de pouvoir antioxydants du miel. (Cornara et al., 2017).

### **c. Activité Anti-inflammatoire**

Est le mécanisme fondamental utilisé par le système immunitaire pour protéger l'organisme contre les facteurs inflammatoires et les facteurs nocifs. Cependant, si elle n'est pas contrôlée, l'inflammation peut se transformer en troubles chroniques, entraînant des lésions tissulaires et des maladies telles que le cancer, l'obésité et les maladies cardiovasculaires. De plus, le stress oxydatif et l'inflammation sont étroitement liés et jouent tous deux un rôle crucial dans de nombreuses maladies chroniques (Gasparrini M., 2018). De nombreuses études se sont concentrées sur la capacité antioxydante ainsi que sur les effets anti-inflammatoires des aliments riches en antioxydants. (Battino, M., 2021). Au cours des dernières décennies, de nombreuses études ont confirmé les activités anti-inflammatoires du miel. Cependant, parmi plus de 300 types de miel uni floral dans le monde, seuls quelques types de miel, tel que le miel de Manuka, le miel d'eucalyptus, le miel de colza et le miel de carthame, ont été étudiés pour leurs propriétés anti-inflammatoires (Sun, L.P., 2020).

### **d. Effet anti diabétique**

Le miel est bénéfique pour les diabétiques pour deux raisons, l'une est qu'il est trois fois plus édulcorant et contient moins de calories que le sucre, et l'autre est qu'il fournit des vitamines : A, B, C, D et des sels minéraux : calcium, potassium, phosphore, fer, et magnésium... Le miel contient au moins 181 substances, donc le mécanisme exact de son effet antidiabétique est compliqué ce qui nécessite des études approfondies. Des recherches ont montré que le fructose inclus dans le miel peut moduler l'effet hypoglycémiant digestibles comme le fructose oligosaccharides, le galactose oligosaccharides contenus dans le miel peuvent contribuer à son effet prébiotique, ce qui peut se lier à l'effet antidiabétique, antihyperlipidémie, et hépatoprotectif (Cornara et al., 2017).

#### e. **Activité antiparasitaire**

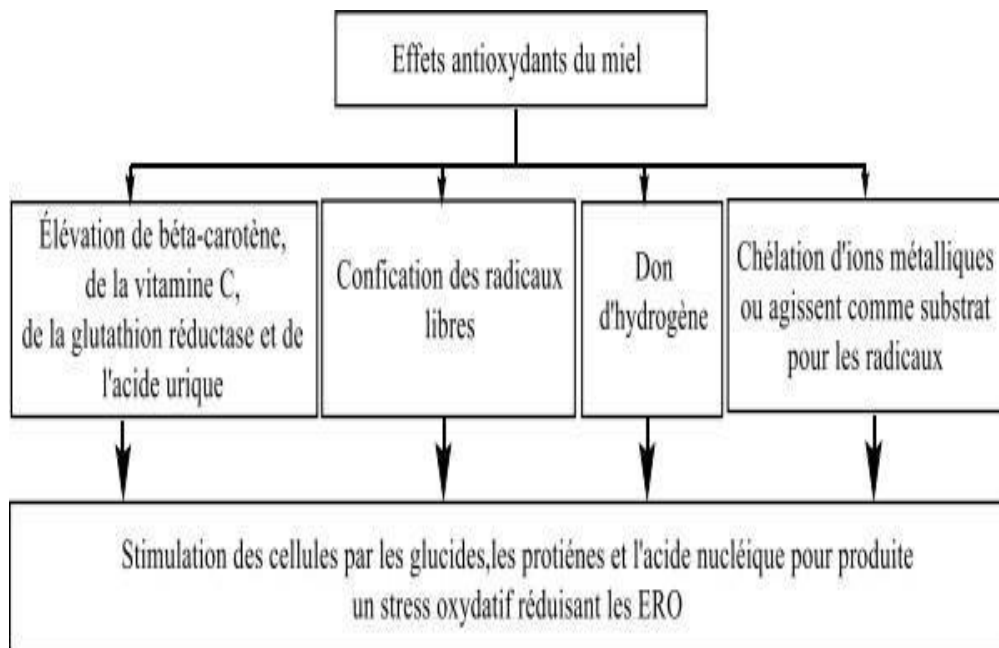
Les peptides du miel avec des masses moléculaires de 2 à 200 kilo daltons séparés par chromatographie d'exclusion moléculaire, ont montré une activité anti protozoaire contre le parasite intestinal *Giardialambia*. De plus, différents miels ont relevé une activité nématocide contre *Caenorhabditise les gans* qui était corrélée par la présence d'un glyco conjugué non identifié (**Cornara et al., 2017**).

#### f. **Activité cicatrisante**

Grace aux différentes investigations et pratiques opérées à Limoges ainsi qu'à Cuba et Cremona en Italie, le miel a démontré son activité cicatrisante et également des propriétés nettoyantes, es désinfectantes (**Gheldolf et al., 2003**). En 2008, une recherche menée en Irlande a montré que l'utilisation du miel de Manuka sous forme de pansements semble associer à une diminution significative du pH de la plaie et à une réduction de sa taille (**Gethin et Cowman, 2008**).

### **7. Le miel comme un antioxydant**

L'effet antioxydant de miels est basé sur leur composition chimique riche en antioxydants enzymatiques et non enzymatiques tels que l'acide ascorbiques, les caroténoïdes, les acides &minés, les  $\alpha$ -tocophérols, les protéines, les acides organiques et plus de 150 composés phénoliques tels que les flavonoïdes, les acides phénoliques, les tanins et leurs dérivés (**Meinen et al., 2014**). Les flavonoïdes et les acides phénoliques sont les constituants principaux responsables des effets antioxydants du miel. Le bénéfice du miel pour la santé humaine provient principalement de sa teneur en composés phénoliques même en faible concentration (**Cienciosi et al., 2018**), (**Fig. 01**).



**Figure 01** : Mécanismes des effets antioxydants du miel (Ahmed et al., 2018).

Les flavonoïdes possèdent diverses actions antioxydantes, ils peuvent chélater des métaux de transition qui catalysent la peroxydation lipidique, ils bloquent la propagation des réactions l'oxydation, empêchent ou inhibent l'attaque des cibles cellulaires en cédant d'électrons.

Les flavonoïdes antioxydants agissent aussi comme des puissants pièges de radicaux libres par donation rapide d'un atome d'hydrogène. (Seifu et al., 2012) (Shahidi et Naczk, 2004).



## **Chapitre 2 :**

### **La plante de Sidr (*Zizyphus lotus*)**

## 1. Généralités sur la plante de Sidr (*Zizyphus lotus*)

Le jujubier sauvage ou jujubier du berbérie (*Zizyphus lotus*) est un arbrisseau fruitier, épineux de la famille des Rhamnacées (Rsaissi et Bouchache, 2002). Le mot *Zizyphus* vient du grec *Zizyphos* (Azam-Ali et al., 2006). Les espèces du genre *Zizyphus* sont connus, en Afrique du nord, sous les noms vernaculaires : Sedra, Addhal, Aoubaidh, Dhouachaouk, Sedrealberri Et Sedrenabga (Borgi et Chouchane, 2009). Elle forme des touffes pouvant atteindre 2 m de haut. Cet arbrisseau a une croissance très lente et commence à porter des fruits vers l'âge de 4 ans ; ils peuvent continuer à apparaître vers 20 à 25 ans (Bonnet., 2001), (Fig. 2).

## 2. Description du jujubier *Zizyphus lotus*

### a. Tiges

Les tiges partent directement de la souche, elles sont ramifiées, recourbés vers le bas, blanches grisâtre, à épines par paires droites ou recourbés. (Ghedira., 2013).

### b. Fleurs

Elles sont très visibles de couleurs jaunes pales (Baba Aissa, 1999). Pentamètres; à petite corolle à cinq pétales ; à cinq étamines épi pétales ; à deux styles courts (Ghedira., 2013). et groupées en inflorescence cymeuses. (Fig, 03).

### c. Feuilles

Ses feuilles sont caduques, courtement pétiolées, vertes, brillantes, alternées et ovales à marges entières d'environ 5 cm de long (Laouedj., 2018). Chaque feuille porte à sa base deux stipules transformées en épines inégales et vulnérables. (Rsaissi et Bouchache, 2002 ; Tardío et al., 2016), (Fig .04).

### d. Fruits

Cette plante donne de nombreux petits fruits, qui sont des drupes sphériques, petits et ronds à noyaux soudés de la taille d'une prunelle, comestibles appelés «nebeg» qui se consomment en sur-maturité en octobre. (Wang et al., 2016), (Fig. 05).



**Figure 02** : Arbuste du jubahier sauvage (Chouchane, 2009)

**Figure 03** : Fleurs de jubahier sauvage (Ghedira., 2013).



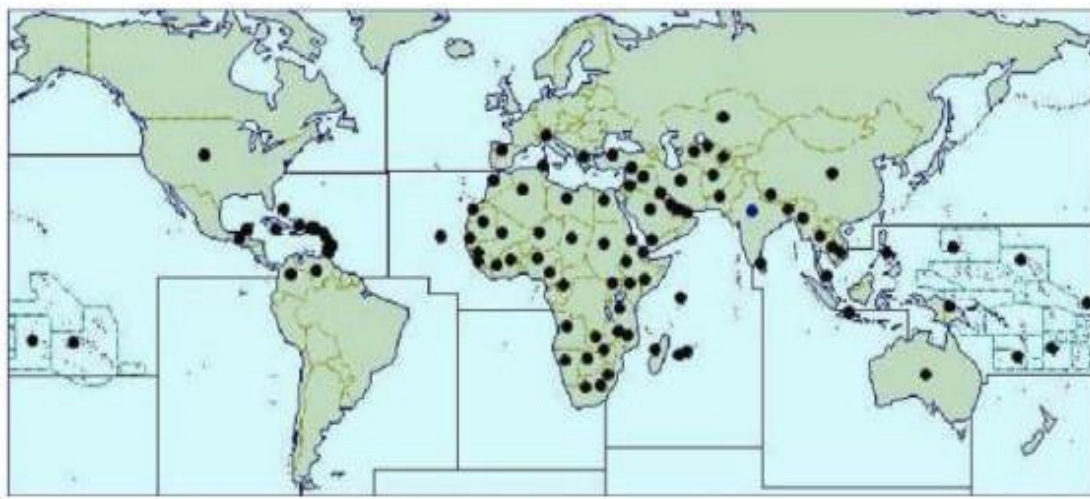
**Figure 04** : Feuilles de jubahier sauvage (Laouedj., 2018)

**Figure 05** : Fruit du jubahier sauvage (Wang et al., 2016)

### 3. Répartition géographique

#### 3.1 Dans le monde

Le *zizyphus lotus* est un arbuste des zones sahariennes saharo-sahéliennes, collines sèches, pierreuses et de préférence sur calcaire. Il est très répandue dans les régions tropicales et régions subtropicales : Asie, Afrique, Amérique tropicale et en Europe également au sud du Portugal, Chypre, Grèce et l'Espagne, des parties de l'Italie et la Sicile et en Provinces, France. Le *Zizyphus* est présent en abondance dans la région Méditerranéenne, à travers la Lybie, le Maroc, l'Algérie, et il est répandu aussi en Mauritanie et au Niger (**Benammar et al., 2010**), (**Fig.06**).



**Figure 06** : Répartition géographique de la plante de Sidr dans de monde (**Dupont et al., 2012**)

#### 3.2 En Algérie

En Algérie, de nombreux arbres de *Zizyphus* poussent à l'état sauvage et sont parfois difficiles à exploiter là où ils sont utilisés. Le *Zizyphus* est répandu dans les régions arides du sud algérien, caractérisées par un climat sec, tel que la wilaya de Djelfa, et le climat désertique de Kuala Bashar (**Saadoudi., 2008**). Il est rencontré surtout dans les régions arides du Sud (Ain Oussera et Messad, Wilaya de Djelfa) à climat arides et Taghit (Wilaya de Béchar) au climat saharien. La plante est très commune dans toute l'Algérie sauf le tell Algéro-constantinois. (**Quezel et Santa, 1962**).

#### 4. Classification botanique

La classification classique de *Z. lotus* (Tab ,01).

**Tableau 01** : Classification botanique de la plante *Z. lotus* (Ghedira., 2013)

Règne	Végétal
Embranchement	Magnoliophyta
Sous-embranchement	Magnoliophytina
Classe	Magnoliophytina
Sous-classe	Rosidae
Ordre	Rhamnales
Famille	Rhamnaceae
Tribu	Zizyphae
Genre	<i>Zizyphus</i>
Espèce	<i>Zizyphus lotus</i> L.

### 5. Dénominations internationales

Dénominations *Z. lotus* en Algérie, est connu sous le nom de «Sedra» ou «N'beg» et généralement appelée en Afrique du Nord par « Sedra » aussi Jujubier de la berbérie ou jujubier sauvage dans la langue française (Borgi et al., 2007-a ; Benammar et al., 2010). (Tab, 02).

**Tableau 02 :** Dénominations internationales de la plante *Z. lotus* (Ghedira, 2013)

La langue	Dénominations internationales
<b>Français</b>	Jujubier sauvage, jujubier de Berbérie, lotus des anciens, jujubier des Lotophages
<b>Anglais</b>	African jujube, Lote fruit, Lotus tree, lotus jujube, wild jujube Wild Jujube
<b>Allemand</b>	Wilde Jujube
<b>Portugais</b>	Acufeifamenor
<b>Espagnol</b>	Azufaifoaficano, Azufaifoibérico, Arto, Artoblanco, Espina de Cristo
<b>Arabe</b>	Zizouf زيزوف, Sedra سدرة, sidr سدر, sidr barri بري
<b>Berbère</b>	Amezzem
<b>Étymologie</b>	Zizyphus proviendrait de zizouf, nom arabe de <i>Z. lotus</i>

## 6. Composition chimique de la plante de Sidr

Le *Z.lotus* est une plante médicale qui synthèse de nombreux métabolites primaires et secondaires. Selon (Chouaibi et al., 2011). Cette plante renferme des protéines (19.11%), des Carbohydrates (40.87%), et des lipides (32.29%). Les métabolismes secondaires sont cités au niveau de la partie concernée du végétal, (Tab. 03).

**Tableau 03 :** Composition en métabolites secondaires des différents organes de *Z. lotus*

Organe végétal	Composition chimique	Références
<b>Fruit</b>	Acides phénoliques Flavonoïdes	<b>Ghazghazi et al., 2014</b>
	Tanins	<b>Hammi et al., 2015</b>
<b>Feuille</b>	Flavonoïdes ; Tanins ; Saponines ; Jujuboside B ; 3 jujubogenine glycosides ; Jujubasaponine IV	<b>Abdoul-Azize., 2016</b>
<b>Ecorce des racines</b>	Flavonoïdes, saponines de type damarane. Tanins. Alcaloïde cyclopeptidiqueslotusines A-G	<b>Borgi et al ., 2008</b>

## 7. Utilisation de la plante de Sidr

### 7.1 Médicinales

Différentes parties de la plante (feuilles, écorce, racines) sont utilisées comme analgésiques, médicaments anti-inflammatoires et anti-ulcéreux, contre les infections cutanées, la fièvre, la diarrhée, l'insomnie, les troubles digestifs, la faiblesse, la maladie du foie, l'obésité, maladie urine et le diabète (Borgi et Chouchane, 2006 ;Borgi et al., 2007). Et aussi comme des Antioxydantes et anti-inflammatoire. Plusieurs études rapportent que les extraits de *Z. lotus* ont des propriétés anti-inflammatoires et des propriétés antioxydants. *Z. lotus* est riche en nombreux composés antioxydants tels que les acides phénoliques, flavonoïdes, alcaloïdes et saponines. Ces composants ont été montrés pour prévenir le stress oxydatif et l'inflammation, par réduction, des espèces réactives de l'oxygène (Mothana., 2011). De façon intéressante, de nombreuses études in vitro ont démontré à capacité des différentes parties de *Z .lotus* pour

éliminer les radicaux libres, par exemple, dans la peroxydation lipidique, entraînant la prévention des dommages cellulaires (**Adeli et Samavati, 2015**).

### 7.2 Utilisations alimentaires

Le vertu nutritionnel de *Z. lotus* est principalement basé sur sa composition riche en vitamine E, vitamine C, fibres, acides gras, acides aminés, calcium, magnésium et des quantités considérables de sucres (**Ghedira., 2013**). Les huiles végétales sont largement consommées dans notre alimentation, elles contribuent à la saveur, au gout et à la texture des aliments. Conformément à cela, il a été signalé que l'huile de *Z. lotus* est de haute qualité, grâce à sa teneur en acides gras insaturés et autres bioactifs composés (**Chouabi et al., 2012**).

### 7.3 Utilisation écologique

Les touffes de jujubier sont généralement utilisées longtemps comme ceinture verte protectrice contre les courants d'eau sur les terres agricoles ; pour la confection des enclos autour des habitats, des parcelles cultivées et parcs à bétail et comme source de bois de chauffage. Les touffes de jujubier jouent un rôle très important dans l'équilibre naturel dans les terrains accidentés et ou exposés à l'érosion (**Bamouh., 2002**). Partie bibliographique 7. Elle permet de pomper l'eau en profondeur lorsque celle-ci est limitée dans les couches supérieures du sol, influençant l'absorption hydrique et minérale qui qualifie le rôle écologique de très important (**Granier et al., 2000**).



**Chapitre 03 :**  
**Le stress oxydant et la**  
**thérapie antioxydante**

## 1. Définition

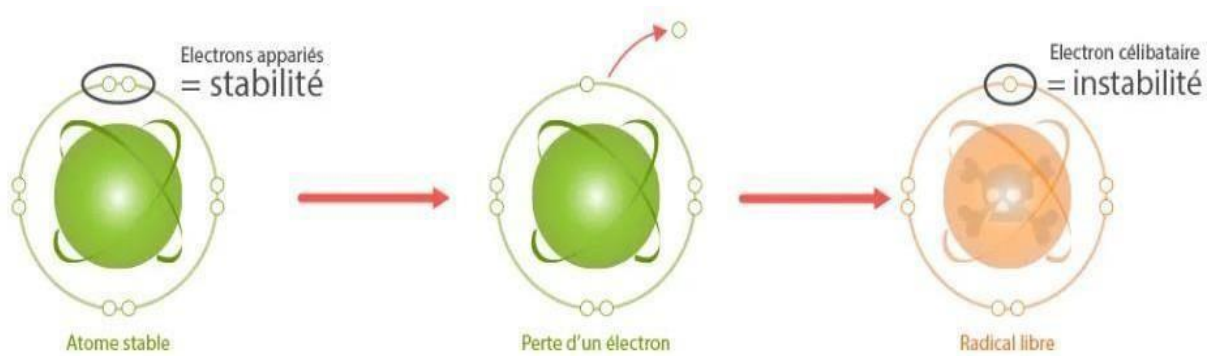
Le stress Oxydatif est un état de santé où il y a une instabilité entre les oxydants et les antioxydants dans l'organisme. Cela entraîne une perturbation et des troubles dans la signalisation et du contrôle redox de sorte les dommages moléculaires (Sies, 2020). A cause d'un excès de substances oxydées au sein de la cellule. Le stress oxydatif est étroitement lié à une multitude de maladies et de problèmes de santé, notamment le diabète, le cancer, les maladies cardiovasculaires, les affections inflammatoires, neurodégénératives, et le vieillissement (Hu, B, et al., 2024). En effet, tous les organismes aérobies produisent des espèces oxydantes réactives qui ont un rôle nécessaire dans les fonctions physiologiques. Par contre, le stress oxydatif devient déséquilibrée quand les cellules sont exposées à une quantité extrême des radicaux libres, et lorsque les ressources antioxydants disponibles (telles que les vitamines, les Oligo-éléments, enzymes) sont insuffisantes pour neutraliser ces radicaux libres. (Abderrahim., 2021), (Fig. 07).



**Figure 07** : cellule attaquée par les radicaux libres (anonyme. 2023)

## 2. Les radicaux libres

Les radicaux libres sont des atomes ou groupes d'atomes très réactifs qui ont un ou plusieurs électrons non jumelés dans leurs orbitales. Ce radical libre recherchera de sélectionner chez les molécules avoisinantes dans le but de se stabiliser et remplir son orbite provoquant des réactions d'oxydation en chaîne (Martemucci et al., 2022 ; Wu et al., 2013). Les radicaux libres sont en général captés par le système antioxydant naturel de notre corps. Ces radicaux sont susceptibles de causer des troubles et des dommages oxydatifs aux cibles moléculaires. (Lipides, protéines, acides nucléiques) (Engwa., 2018), (Fig. 08).



**Figure 08 :** Atomes déstabilisés par un radical libre (anonyme. 2020)

### 3. Sources des radicaux libres

Les radicaux libres sont classés en deux sources ; sources exogènes et endogènes

#### 3.1 Sources exogènes

La production exogène des radicaux libres peut être causée par l'exposition à des polluants environnementaux, à des métaux lourds (Hg, Cd, Pb, Fe, et As), à des médicaments spécifiques (cyclosporine, gentamycine et bléomycine), à des solvants chimiques, à la cuisson (huile usagée, viande fumée et matières grasses), la prise d'alcool et le tabagisme, les radiations UV. (Pizzino et al., 2017).

#### 3.2 Sources endogènes

Les espèces réactives d'oxygène sont formées dans la chaîne respiratoire mitochondriale simultanément à la respiration cellulaire (comme principale source), les réactions oxydatives catalysées par NADPHOxydase, xanthine oxydase (Zukowski et al., 2018). Elles sont produites aussi pendant le métabolisme normal, dans différents organites cellulaires, tels que les peroxysomes, le système cytochrome P450, le réticulum endoplasmique, les cellules phagocytaires et le métabolisme des acides gras (Martemucci et al., 2022). L'activation des cellules immunitaires, l'ischémie, l'infection, le cancer, l'inflammation, l'exercice excessif, le vieillissement et le stress mental sont tous des facteurs obligatoires, responsables de la production des radicaux libres endogènes (Pizzino et al., 2017).

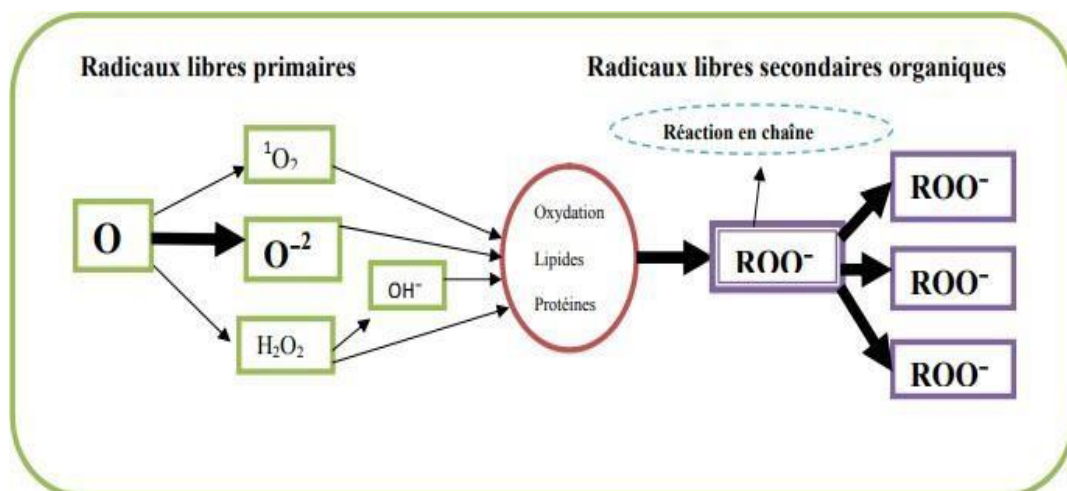
#### 4. Différentes formes des radicaux libres

Les principaux radicaux libres comprennent l'anion super oxyde ( $O_2^{\cdot-}$ ), le radical hydroxyle ( $OH^\bullet$ ), le peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ , qui n'est pas un composé radicalaire), le monoxyde d'azote ( $NO$ ) et le peroxydinitrite ( $ONOO^-$ ) (Thorin-Trescases et al., 2010), (Tab. 04)

**Tableau 04 :** Différents radicaux libres (Ekoumou, 2003)

Espèces réactives de l'oxygène	Formules chimiques
Oxygène singulet	$^1O_2$
Peroxyde d'hydrogène	$H_2O_2$
Oxygène moléculaire	$^3O_2$
Anion superoxyde	$O_2^{\cdot-}$
Radical hydroxyle	$OH^\bullet$
Radical peroxyde	$ROO^\bullet$
Radical hydroperoxyde	$HOO^\bullet$
Radical alkoxyde	$RO^\bullet$
Radical oxyde nitrique	$NO^\bullet$
Peroxydinitrite	$ONOO^-$
Hypochlorite	$ClO^-$
Hydroperoxyde	$ROOH$

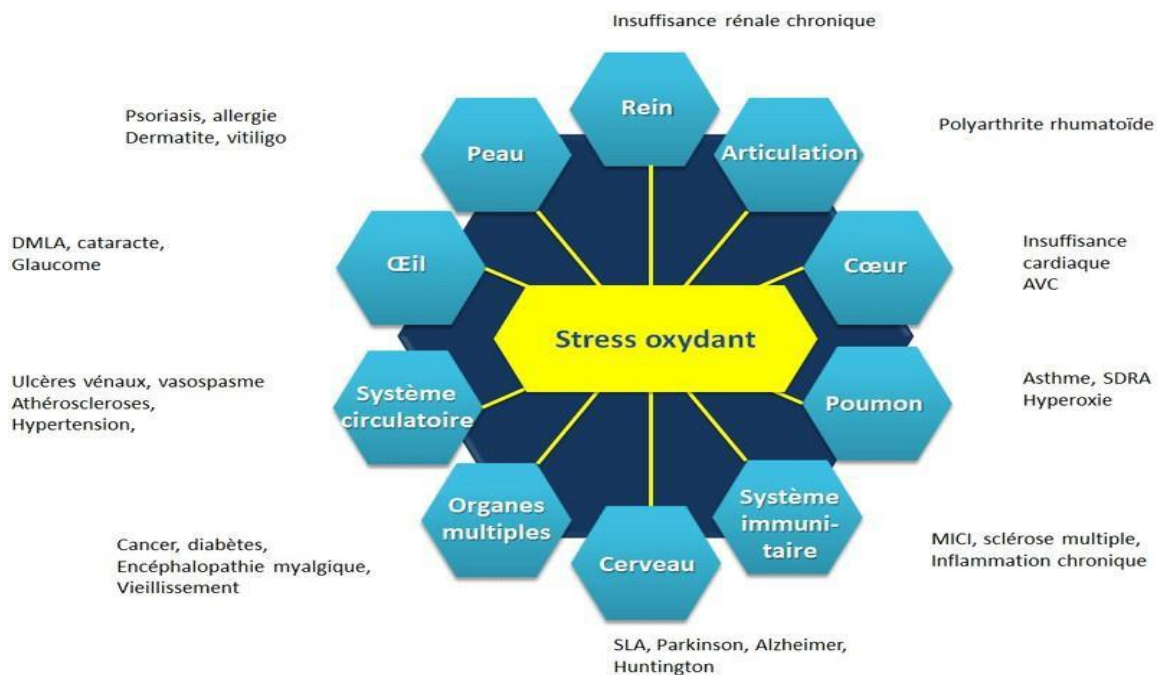
Parmi toutes les espèces radicalaires, il convient de distinguer les radicaux primaires des radicaux secondaires (Favier., 2003), (Fig .09).



**Figure 09 :** Les formes actives de l'oxygène dans la cellule (Lacan, 2001).

## 5. Les maladies liées au stress oxydant

Les radicaux libres détruisent les macromolécules, comme les acides nucléiques, les protéines et les lipides, causant une expression anormale des gènes, une perturbation immunitaire, une perturbation de l'activité des récepteurs, des lésions tissulaires qui déclenche diverses maladies (Martemucci et al., 2022) ,(Fig .10).



**Figure 10** : Les maladies liées au stress oxydant (anonyme. 2015)

Comme les patients diabétiques qui ont des niveaux élevés des ROS en raison de taux élevés de glucose, d'acides gras et d'insuline dans le sang. Le stress oxydant est un contributeur principal à la physiopathologie de diverses maladies neurodégénératives, y compris Alzheimer, Parkinson, Huntington (Araujo et al., 2016). Il est impliqué dans des nombreuses troubles et maladies tels que diabète, le cancer et le vieillissement (Mishra et al., 2022).

## 1. Les antioxydants

Un antioxydant a vocation à un rôle de protéger une cible biologique contre l'oxydation. Dans la plante, comme chez l'homme et l'animal, l'ADN et les acides gras polyinsaturés (AGPI) formes des cibles particulièrement très essentielles, pour vu qu'ils soient stables et solides (donc susceptibles de s'accumuler pour permettre une quantification rigoureuse). Et propriété de la biomolécule considérée, sont des marqueurs universellement reconnus du stress oxydant. C'est le cas de sisprostanes, marqueurs attributs d'une altération des AGPI à au moins 3 instauration. Dans des circonstances de stress oxydant, ces marqueurs sont générés par l'oxydation, c'est-à-dire par un mécanisme radicalaire en impliquant  $O^2$ , mais hors de tout contrôle.

(Dangles, O., 2020), (Fig. 11).

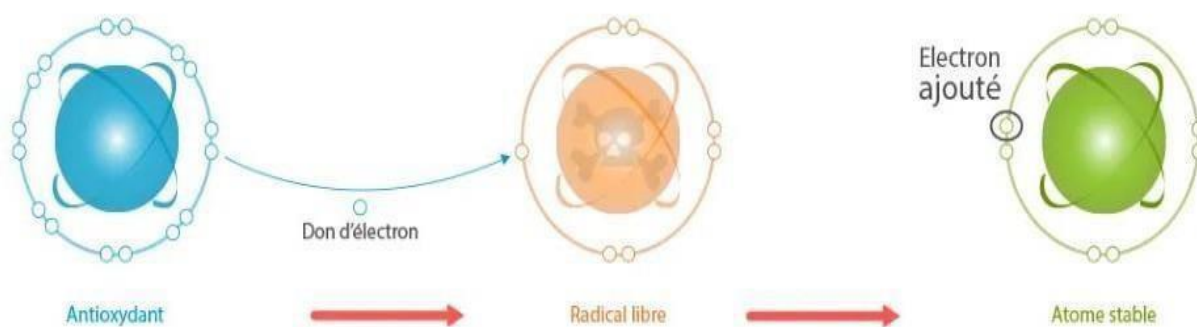


Figure 11 : fonction des antioxydants (anonyme. 2020)

## 2. La nature des antioxydants

### 2.1 Antioxydant naturel

#### a) Vitamine E

La vitamine E est une vitamine liposoluble présente essentiellement dans diverses huiles végétales, noix, brocolis et poissons. On compte huit formes différentes de vitamine E, et c'est l' $\alpha$ -tocophérol qui a l'activité antioxydante la plus élevée, surtout au niveau des membranes cellulaires. Elle joue un rôle important en transférant des atomes d'hydrogène vers différents types des ROS, comme l'oxygène singulet et l'anion super oxyde et les radicaux peroxyde. Lorsque la vitamine E devient oxydérée et radicalaire, elle est ensuite réduite par l'acide ascorbique. (Sharifi-Rade et al., 2020).

**b) Le cuivre**

On retrouve particulièrement le cuivre dans le foie, les huiles et le chocolat noir. Cependant, il joue un rôle essentiel dans l'initiation des réactions, produisant des ROS de par sa caractéristique de métal de transition, comme le fer. Une concentration importante en cuivre pourra être l'indicateur d'un stress oxydant. Le cuivre est un des cofacteurs important de la SOD, étant donné sa facilité à passer de l'état réduit à l'état oxydé (**Jomova et al., 2011**).

**c) Le zinc**

Le zinc c'est un cofacteur de la SOD. On détecte le zinc dans les huitres, le foie de veau et la viande de bœuf, les œufs, et les céréales (**Desmier., 2016**). Le zinc a également comme un rôle de protéger le groupement thiol des protéines. En plus, il peut lutter et se défendre contre la formation des ROS induite par le fer ou le cuivre. Il semblerait que les personnes ont des maladies dégénératives aient un rapport Cuivre/Zinc plus élevé. De plus, une carence en zinc est liée à un stress oxydant plus important et à l'apparition de pathologies chroniques. (**Desmier., 2016**).

**d) Les polyphénols**

Les composés phénoliques englobent une diverse variété de métabolites secondaires trouvés dans plusieurs plantes, particulièrement les flavonoïdes, les tanins, les esters et la lignine. Leur caractéristique majeur est d'avoir des propriétés antioxydantes, ce qui signifie qu'ils sont capables de neutraliser les (ROS) qui sont les responsables des troubles oxydatifs (**Ahmad et al., 2019**). Les flavonoïdes, spécifiquement, se retrouvent souvent dans de nombreuses plantes, ils ont un rôle crucial dans la conservation des plantes en les protégeant contre les dommages provoqués à leur appareil photosynthétique à cause de l'excès d'énergie d'excitation. Ils ont également une fonction de piégeage de l'oxygène et atténuent les dommages entraînés à la membrane externe des chloroplastes (**Das et Roychoudhury, 2014**). Des études ont démontré que les plantes présentant des concentrations plus élevées de flavonoïde ont une compétence antioxydante plus importante. Cela montre que ces composés ont un rôle essentiel dans la conservation des plantes en agissant comme des antioxydants naturels. (**Ahmad et al., 2019**).

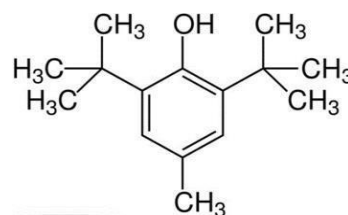
## 2.2 Antioxydants de synthèse

Les antioxydants de synthèse sont insérés dans toutes les formulations contenant des corps gras non saturés et occasionnellement aussi dans des phases aqueuses ou se trouvent des extraits végétaux riches en oxydases. Leur concentration d'utilisation est en général dix fois faible que celle des conservateurs et se situe entre 0.02 et 0.05%. (Bouhadjra, K, 2011), (Tab .05)

**Tableau 05 : Les antioxydants de synthèse (Bouhadjra, K, 2011)**

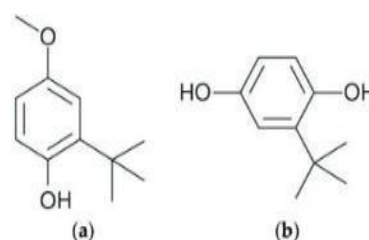
---

### Le butylhydroxytoluène (BHT)



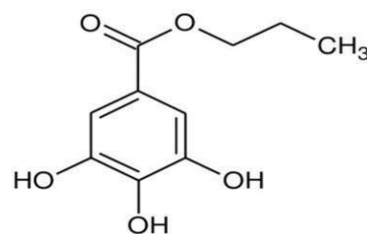
---

### Le butylhydroxyanisole (BHA)



---

### Les gallates de propyle, octyle et de dodécyle





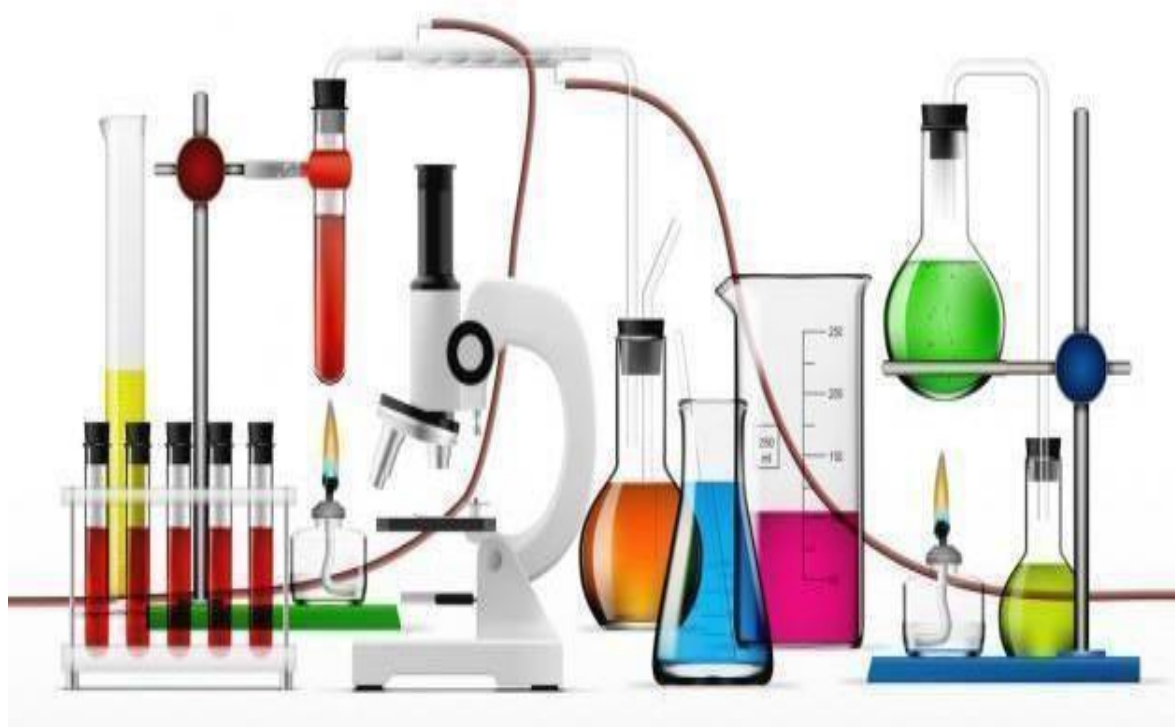
### 3. Types des systèmes antioxydants

Selon (Hasanuzzaman et al., 2020), le système de défense antioxydant est composé d'antioxydants enzymatiques et non enzymatiques, et de différentes natures ,(Tab .06)

**Tableau 06 :** Différents types d'antioxydants

Antioxydant	Mécanisme d'action	Références
<b>Antioxydants enzymatiques</b>		
Superoxide dismutase	$2O_2^{\bullet-} + 2H^+ \rightarrow H_2O_2 + O_2$	(Hameister et al., 2020)
Glutathion réductase	$GSSG + NADPH + H^+ \rightarrow 2GSH + NADP^+$	
Catalase	$2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$	
Glutathion peroxydase	$2GSH + H_2O_2 \rightarrow GSSG + 2H_2O$	
<b>Antioxydants non enzymatiques</b>		
Vitamine E		(Hameister et al.,2020)
Polyphénol sycomprisles	Piégeage des radicaux libres	
<b>Flavonoïdes</b>		
<b>Caroténoïdes</b>		
Glutathion, bilirubine, acide urique	Réducteurs	(Neha et al.,2019)
Mélatonine	Piégeage des radicaux libres	
Vitamine C	Piégeage des radicaux libres, stimulation de régénération de la Vitamine E	

# Deuxième partie : Partie Expérimentale



# **Matériels et Méthodes**

## 1. Objectif

L'objectif principal de notre recherche est d'analyser les caractéristiques et évaluer l'activité antioxydant du miel de la variété Sidr. Notre travail s'est déroulé au niveau du laboratoire de recherche de Pharmacognosie et Api-Phytothérapie de la faculté des sciences de la nature et de la vie, l'université de Mostaganem.

## 2 Matériels et méthodes

### 2.1 Echantillons de miel étudié

Deux variétés de miel ont été choisies dans notre expérimentation de deux différentes régions en Algérie, l'emplacement d'origine de nos variétés de miel est indiqué sur la carte géographique. La première variété (**V1**) provient de la wilaya de Ghardaïa, Et la deuxième variété (**V2**) provient de la wilaya de Jijel, Quant à la troisième variété (**V3**) elle provient de Sénégal Dakar (**Fig .12**).



**Figure 12 :** Localisation des échantillons du miel étudié en Algérie

Les échantillons sont conservés dans des flacons à température ambiante dans l'obscurité (Fig .13).



**Figure 13 :** Différentes échantillons du miel étudiés

### 3. Analyses physico-chimiques du miel

#### 3.1 Teneur en eau (humidité)

La détermination de la teneur en eau s'exécute par la méthode optique de l'indice de réfraction (IR) du miel à 20° C.

##### 3.1.1 Mode opératoire

Ce Protocole a subi quelques modifications. On nettoie le prisme du réfractomètre puis on règle le réfractomètre être à zéro. Le miel à analyser doit être homogénéisé et parfaitement liquide. Si le produit se trouve cristallisé, il est impératif de transvaser cela dans un récipient étanche et on le place dans une étuve ou un bain-marie à une température inférieure à 50°C. Après refroidissement à une température ambiante, on prend une goutte de miel à l'aide d'une spatule. Ensuite, on place délicatement et uniformément sur la surface du prisme, en l'étalant en une fine couche. On effectue la lecture à travers l'oculaire au niveau de la ligne horizontale de partage entre zone claire et zone obscure. (AOAC., 1990).

- **Expression des résultats**

Le pourcentage d'eau est déterminé sur le tableau exprimant l'indice de réfraction à 20°C et le pourcentage d'eau correspondant.

### 3.2 pH

Il s'agit de déterminer le pH d'une solution de miel en utilisant un appareil de mesure du potentiel hydrogène (pH mètre).

#### 3.2.1 Mode opératoire

Étalonnage de l'appareil : L'étalonnage de pH mètre s'effectue dès sa première utilisation. Pour l'étalonnage en température ou entre une valeur de la température égale à celle de la solution d'étude (en pratique celle de laboratoire). Pour l'étalonnage en pH, on utilise des solutions tampons de pH 4 et pH 7. Immerger la sonde dans la solution de référence pH 4 et laisser la mesure se stabiliser. Recommencer l'opération avec la solution de calibration pH 7.

- **Mesure du pH de nos échantillons**

Avec quelques modifications dans ce protocole on pèse 5g de miel, le dissoudre dans 10 ml d'eau distillée puis on lave l'électrode à l'eau distillée et on la sèche avec du papier joseph. On installe la solution de miel analysé sous agitation magnétique. On plonge l'électrode propre et sèche dans la solution à examiner. Et on attend la stabilisation de la valeur du pH. (AOAC., 1990).

- **Expression des résultats**

La valeur de pH est directement lue sur l'écran de l'appareil.

### 3.3 L'acidité libre

C'est pour le but d'étudiés l'acidite d'une substance.

#### 3.3.1 Mode opératoire

Ce Protocole a subi quelques modifications. On liquéfie 5g de miel dans 10 ml d'eau distillée dans un bécher à l'aide d'un agitateur magnétique. L'électrode du pH mètre sont immergés dans la solution de miel. Après la lecture du pH, la solution est titrée avec la solution de soude à 0.1 M jusqu'à pH = 8. Après la titration de l'échantillon avec NAOH jusqu'à pH = 8. On enregistre le volume de NAOH utilisé. Et on détermine la quantité d'acidité libre en milléquivalents. (AOAC., 1990).

- **Mode de calcul**

Soit V le volume en ml de soude à 0.1 M utilisé lors de la titration. L'acidité libre du miel est exprimée en milliéquivalent par kilo gramme de miel et déterminée par la formule suivante :  
 $AL = (\text{Volume de 0.1 NAOH en ml}) \times 10.$

### **3.4 Conductivité électrique**

C'est la mesure à 20°C de la conductivité électrique prise dans une solution aqueuse de miel à l'aide d'un conductimètre. (AOAC., 1990).

#### **3.4.1 Mode opératoire**

On ajoute 5g de miel dans un bécher, La dissoudre dans 10 ml d'eau distillée. Puis on mélange vigoureusement jusqu'à obtenir d'une solution homogène, on place la solution au bain marie réglé à 20°C. Et on immerge l'électrode du conductimètre dans la solution. Le Protocole a subi quelques modifications selon nos données. (AOAC., 1990).

- **Expression des résultats**

Procéder à la lecture de la valeur affichée à l'écran. La conductivité du miel est mesurée en siemens par cm :  $s.cm^{-1}$  conventionnellement, la conductivité est donnée en  $10^{-4} S.cm^{-4}$ .

### **3.5 Degré de BRIX**

La mesure de degré de BRIX est une application bien connue dans l'industrie agroalimentaire. A proprement parler, la mesure consiste à déterminer du taux de saccharose pur dans l'eau. L'indice de réfraction est mesuré par le réfractomètre. (Mehdi et al., 2022).

#### **3.5.1 Mode opératoire**

On nettoie délicatement la surface du puits de mesure. On place une goutte de miel à l'aide d'une spatule on appui sur le bouton «READ». Les mesures sont affichées en degré de BRIX (°BRIX). On retire l'échantillon en absorbant la goutte de miel avec une feuille absorbante.

### 3.6 Hydroxy-méthyl-furfural (HMF)

L'HMF c'est un indicateur de fraîcheur et de qualité de miel. D'un principe de mesure à une longueur d'onde et déterminée la coloration rouge à l'action de l'hydroxyméthyl furfural sur l'acide barbiturique et la para toluidine. (Mohammed Zinc, 2018).

#### 3.6.1 Mode opératoire

On prend un volume d'échantillon et on ajoute 0.5 ml de la solution de carrez 1 (15% hexacyanoferrate de potassium). On ajoute 0.5 ml de la solution de carrez 2 (30% Acétate de zinc) puis on complète à 50 ml avec l'eau distillé. On filtre la solution et on jette les 10 premières du filtrat et à l'aide d'une pipete on met 5 ml dans chaque tube à essais 1-. On ajoute 5 ml d'eau (solution échantillon) et on mélange. On ajoute 5 ml de la solution de bisulfite à 0.2% (Solution de référence) et on mélange. Après 1h, on détermine l'absorbance à 284 et 336 nm. Si l'absorbance à 284 nm est supérieure à 0.6, on dilue avec de l'eau distillée pour obtenir des absorbances suffisamment bases.

- **Mode de calcul**

La teneur en hydroxy-méthyl-furfural est exprimée en milligramme par kilogramme et donnée par la formule suivante : On calcule HMF en mg/kg =  $(A_{284} - A_{366}) \times 149.7 \times 5 \times D/W$  HMF : quantité d'HMF en mg/Kg.

### 3.7 Absorbance

#### 3.7.1 Mode opératoire

Absorbance du miel à l'aide d'un spectrophotomètre :

On prélève une quantité représentative de miel à doser. On calibre le spectrophotomètre en utilisant une solution comme référence. Puis, on mesure l'absorbance des solutions de miel à la longueur d'onde appropriée. On enregistre l'absorbance de la solution en suivant les instructions du spectrophotomètre. On répète les étapes pour chaque l'échantillon du miel.



#### 4. Analyses qualitatives

##### 4.1 Analyses phytochimique (screening phytochimique)

Screening phytochimique ou criblage phytochimique est une étude qualitative visant la recherche des principaux groupes chimiques (tanins, alcaloïdes, flavonoïdes, saponosides) contenus dans un organe végétal. Les tests de caractérisation sont basés sur des réactions de précipitation et de complexations avec formulation de complexes insolubles et colorés (Bammou et al., 2015) ,(Tab. 07)

- ✓ Réaction franchement positive est représentée par +++
- ✓ Réaction moyennement positive est représentée par ++
- ✓ Réaction faiblement positive est représentée par +
- ✓ Réaction négative ou absence de la substance est représentée par –

**Tableau 07** : Test qualitatif des solutions miel de différentes variétés

Tests	Méthodes	Observation
Tanins	1ml de l'extrait + 1ml de FeCl <sub>3</sub>	- Coloration verdâtre prouve la présence des tanins catéchiques. - Coloration bleu noir prouve la présence des tanins galliques. <b>(DIALLO., 2005).</b>
Coumarines	2ml de l'extrait + 1ml de NAOH a 10%	- Couche jaune indique la présence des coumarines <b>(BRUNETON., 1999).</b>
Flavonoïdes	HCL a 2% + quelque gouttes FeCl <sub>3</sub> (3%)	- Couleur verdâtre - Précipité jaune. <b>(bhandary et al., 2012).</b>
Anthocyanes	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (10%) ajouté à l'extrait on agite puis on ajoute 1ml de NH <sub>4</sub> OH à 10%	-Si la coloration vire au bleu en milieu basique, la présence d'anthocyanes est confirmée. <b>(DIALLO., 2005).</b>
Alcaloïdes	1ml de l'extrait + 1 ml HCL 1%	- L'apparition d'un précipité rouge orange indique la présence des Alcaloïdes. Précipité jaune <b>(Roopalatha UC et Mala V ,2013)</b>
Saponosides	10 ml de l'extrait aqueux Agitation pendant 15 secondes	-Une hauteur de mousse persistante, supérieure à 1 cm indique la présence des saponosides. <b>(Dohou et al., 2003).</b>
Tannin galliques / Catéchiques	10 ml de l'extrait + 5 ml de réactifs tannin (10 ml de formol + 5 ml HCL) + chauffage au bain Marie 90 °C à 15 mn	-Précipité rouge (présence des tanins catéchiques surnageant neutralisé avec NAOH + qlq gouttes FeCl <sub>3</sub> (teinte bleu noir : présence des tanins galliques <b>(DIALLO., 2005).</b>
Stéroïdes triterpènes	Test de Libermann-Burchard 0,5 ml d'extrait + 0,5 ml d'anhydride acétique C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>3</sub> + chauffage jusqu'à ébullition	-Anneau rouge brunâtre ou violet, avec coloration de la couche verte ou de violet, traduit la présence de stéroïdes et de triterpène <b>(Roopalatha et Nair, 2013).</b>

## 5. Analyse quantitative :

### 5.1 Dosage des polyphénols totaux

- **Principe :**

La méthode de Folin-Ciocalteu est une méthode souvent utilisée pour évaluer la quantité de polyphénols totaux dans les échantillons. Le réactif de Folin-Ciocalteu est composé d'un mélange de deux acides : l'acide phosphotungstique (H<sub>3</sub>PW<sub>12</sub>O<sub>40</sub>) et l'acide phosphomolybdique (H<sub>3</sub>PMo<sub>12</sub>O<sub>40</sub>). Ce mélange d'acides subit une réduction lors de l'oxydation des polyphénols pour créer un complexe bleu stable de molybdène et d'oxydes de tungstène (Bouzelak et al., 2013).

Une courbe d'étalonnage linéaire est créée dans les mêmes conditions que celles de l'échantillon. L'acide gallique est couramment utilisé comme standard pour effectuer cette courbe. Différentes concentrations d'acide gallique préparées avec le réactif de Folin-Ciocalteu. La quantité de polyphénols présents dans chaque échantillon est mesurée en fonction de l'absorbance à 430 nm. Il est possible de calculer la quantité de polyphénols présents dans l'échantillon inconnu en mesurant son absorbance et en utilisant l'équation de la courbe d'étalonnage.

#### 5.1.1 Mode opératoire

Pour chaque échantillon, 1 ml est prélevé et mélangé avec 5 ml de folin, après on ajoute 4 ml de carbonate de sodium au mélange réactionnel. Le mélange est incubé pendant 2H à l'obscurité, l'absorbance est mesurée à une longueur d'onde de 430nm.

### 5.2 Dosage des flavonoïdes

- **Principe**

L'évaluation quantitative des flavonoïdes totaux présents dans les extraits a été réalisée selon la méthode du trichlorure d'aluminium (AlCl<sub>3</sub>) (Bachir Bey et Louaileche, 2017). En effet, les flavonoïdes possèdent un groupement OH libre qui, offre la présence de chlorure d'aluminium, un complexe jaunâtre par chélation de l'ion Al<sup>+3</sup>. La force de la coloration jaune est en rapport avec la quantité des flavonoïdes présents dans l'extrait. La quantité des flavonoïdes a été mesurée à l'aide d'une courbe d'étalonnage en utilisant la quercétine comme standard (Baha et al., 2021).

### 5.2.1 Mode opératoire

0.75 ml échantillon est combiné avec 0.7 ml de chlorure d'aluminium, en suite le mélange est incubé à l'obscurité pendant 30 min. puis, la lecture est effectuée à une longueur d'onde de 430nm.

## 5.3 Dosages des tanins

### 5.3.1 Dosages des tanins condensés

- **Principe**

Les tanins condensés sont reconnus par la méthode de la vanilline en milieu acide (**Price et al., 1978**). Cette méthode est basée sur la capacité fonctionnelle de la vanilline à réagir avec les unités des tanins condensés en présence d'acide pour former un complexe coloré mesuré à 500 nm. La réactivité de la vanilline avec les tanins n'intéresse qu'à la première unité du polymère. (**Ba et al., 2010**).

#### 5.3.1.1 Mode opératoire

3ml de vanilline ont été ajoutés à 0.4 ml échantillon, puis on ajoute 1.5 ml HCl le mélange a été ensuite incubé pendant 20 min à l'obscurité, et la lecture est effectuée à une longueur d'onde à 500. La catéchine est utilisée comme standard.

### 5.3.2 Dosages des tanins hydrolysables

#### 5.3.2.1 Mode opératoire

La teneur en tanins hydrolysables est déterminée selon la méthode de Bossu. Un volume de 500 µL des extraits est ajouté à 2.5 ml d'une solution aqueuse de KIO<sub>3</sub> (2.5%). Le mélange est incubé pendant 4 min, puis l'absorbance est mesurée 550 nm contre un blanc à l'aide d'un spectrophotomètre. Une courbe d'étalonnage est exécutée en parallèle, dans les mêmes conditions opératoires, en utilisant l'acide tannique comme standard. (**Moussa m et., 2022**).

## 6. Evaluation de l'activité antioxydante :

Les méthodes utilisées pour l'évaluation de l'activité antioxydante des composés purs sont :

- Test de piégeage du radical libre DPPH.
- Test de réduction du fer «FRAP»
- Piégeage du radical ABTS·+

L'étude de l'activité antioxydante est réalisée à l'aide d'une série d'analyses colorimétrique par spectrophotométrie (UV-visible).

### 6.1 Test de réduction de DPPH :

Le DPPH· est un radical libre, stable et solide qui absorbe entre 512-517 nm en présence des composés anti-radicalaire. Le DPPH·, de couleur violette, se diminue en 2,2 Diphényle-1-Pircryl hydrazinc de couleur jaune (AIDOUH Rahima B. I., 2019).

### 6.1.1 Mode opératoire :

La préparation de la solution de DPPH consiste à dissoudre 2,4 mg de ce produit dans 100 ml de méthanol. Dans des tubes à essai, on met 50 uL de l'extrait, suivis de l'ajout de 1950 uL de la solution de DPPH. En parallèle, un blanc positif est préparé. La lecture de l'absorbance est faite à une longueur d'onde à 517 nm après 30 min d'incubation à l'obscurité et à la température ambiante.

L'acide ascorbique est utilisé comme un antioxydant de références dont l'absorbance a été mesurée dans les mêmes conditions et le test est répété 3 fois pour chaque concentration. Les résultats ont été exprimés en pourcentage d'inhibition (I%). Calculé selon l'équation suivante :  
$$PI (\%) = [A (\text{blanc}) - A (\text{échantillon}) / A (\text{blanc}) \times 100]$$

### 6.2 Test de la réduction du fer FRAP

Le potentiel réducteur d'un extrait est lié à son potentiel antioxydant. Cette méthode a été évaluée pour calculer la capacité des extraits testés à diminuer le fer ferrique (Fe<sup>3+</sup>) présent dans le complexe .K<sub>3</sub>Fe (CN)<sub>6</sub> en fer ferreux (Fe<sup>2+</sup>). En effet le Fe<sup>3+</sup> participe à la création du radical hydroxyle par la réaction de Fenton. (Oyaizu., 1986)

### 6.2.1 Mode opératoire :

Le test FRAP a été réalisé selon la méthode de (Benzie et Strain, 1996) avec quelques modifications. La solution de travail FRAP est préparée en mélangeant les trois solutions suivantes : une solution tampon d'acétate de sodium (pH = 3.6), une solution TPTZ à 10 mM (HCl 40 mM comme solvant) et une solution de  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  à 20 mM respectivement. La solution de travail FRAP est maintenue dans un bain thermostat à  $37^\circ\text{C}$ . Le test consiste de mettre 50  $\mu\text{L}$  de l'extrait puis on ajoute 1,5 ml réactif FRAP. L'absorbance du mélange réactionnel a été mesurée à 594 nm après 5 min d'incubation à température ambiante.

### 6.3 Piégeage du radical ABTS•+

C'est l'un des tests les plus souvent utilisés pour tester l'activité anti-radicalaire. Dans cette technique le radical est diminué en présence d'antioxydants, ce qui cause une décoloration de l'ABTS (Zheng et al., 2016). L'activité anti radicalaire a été estimée à l'aide de radical ABTS, comme décrit par (Deghima et al., 2022). Ce radical est produit en mélangeant une solution ABTS (7mM) avec 6,6 mg de persulfate de potassium pendant 16 h.

La solution résultante a été réfrigérée avant d'être diluée avec éthanol pour obtenir une absorbance de  $0,7 \pm 0,02$  à 734 nm.

#### 6.3.1 Mode opératoire

Un volume de 0,03 mL d'extrait est mélangé avec 2,97 mL de solution ABTS•+ puis incubés pendant 6 minutes plus tard, l'absorbance a été mesurée à 735 nm contre un blanc. Le pourcentage d'inhibition est calculé suivant l'équation.

## 7. Analyse par spectroscopie infra rouge (FTIR)

### 7.1 Principe

La spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (ou FTIR : Fourier transform infrared spectroscopy) est une technique rapide qui facilite la caractérisation des groupements fonctionnels et des composantes majeures de différents échantillons.

Permet de déterminer les groupes fonctionnels présents dans un matériau en détectant les vibrations caractéristiques des liaisons chimiques. Les molécules captent le rayonnement infrarouge lorsque son énergie de vibration coïncidera à celle des molécules, ce qui provoque une diminution de l'intensité de la lumière réfléchi ou transmise. Les vibrations moléculaires

Actives en infrarouge liés avec la géométrie et de la symétrie moléculaire, et peuvent être calculées à l'aide de la théorie des groupes. Ainsi, chaque matériau présente un ensemble de bandes d'absorption caractéristique qui permettent de l'identifier en fonction de sa composition chimique et de sa structure. (Ibrahim H & Bouziane Y, 2014), (Fig. 14)



**Figure 14 :** Spectroscopie infrarouge FTIR

## 7.2 Mode opératoire général pour la spectroscopie (FTIR)

- **Préparation de l'échantillon :**

On prélève un échantillon représentatif de miel dans un récipient propre et sec. On assure que l'échantillon est à la température ambiante pour éviter toute condensation. On étale une fine couche d'échantillon sur une surface appropriée (généralement une fenêtre en cristal de sel ou en Br) pour la mesure.

- **Calibrage du spectromètre**

- **Acquisition des données :** On place l'échantillon préparé dans le spectromètre FTIR et assurez-vous qu'il est correctement positionné. On va sélectionner les paramètres d'acquisition appropriés, tels que la résolution spectrale, la plage de longueurs d'onde, le nombre de scans, etc. Puis on lance la mesure en enregistrant les spectres d'absorption infrarouge de l'échantillon.
- **Analyse des données :** Une fois les données acquises, on effectue une transformation de Fourier pour convertir les données brutes en un spectre FTIR. On analyse le spectre FTIR

En identifiant les bandes d'absorption caractéristiques correspondant aux vibrations moléculaires présentes dans le miel. On compare les spectres obtenus avec des bibliothèques spectrales ou des références connues pour identifier les composants chimiques présents dans le miel.

- **Interprétation des résultats** : On interprète les données FTIR en fonction des informations connues sur la composition chimique du miel. Dernière étape, on identifie les groupes fonctionnels caractéristiques tels que les liaisons O-H, C-H, les sucres, les acides aminés, etc.



# Résultats

## Et discussions



## 1. Analyse physicochimique

Le tableau suivant présente les caractéristiques de trois échantillons de miel : V1(Ghardaïa), V2 (Jijel) et V3 (Sénégal) .les caractéristiques physicochimiques, (**Tab. 01**).

**Tableau 08** : les caractéristiques physicochimiques

	Humidité %	PH	l'acidité libre mg/Kg	Conductivité ms / cm	BRIX	HMF mg/Kg	absorbance
V1	14,2	4,68	9,9	143,8	84,3	35,17	0,313
V2	15	4,21	7,9	171,9	83,2	42,2154	0,147
V3	16,4	4,09	7,9	152,6	81,8	12,449	0,983

Le tableau présente les caractéristiques de trois échantillons de miel : V1, V2 et V3. Les mesures révèlent des variations significatives entre les échantillons. L'humidité diffère légèrement, avec V3 ayant la valeur la plus élevée (16,4), suivi de V2 (15) et V1 (14,2). Le pH varie également, avec V1 affichant la valeur la plus élevée (4,68), V3 ayant la plus basse (4,09), et V2 se situant entre les deux (4,21). En ce qui concerne l'acidité libre, V2 et V3 présentent des valeurs identiques de 7,9, tandis que V1 est plus bas 9,9. La conductivité diffère légèrement, V2 ayant la valeur la plus élevée (171,9), suivie de près par V3 (152,6) et V1 (143,8). En termes de degré BRIX, V1 est le plus élevé (84,3), suivi de V2 (83,2) et V3 (81,8). La quantité de HMF varie considérablement, V2 ayant la plus élevée (42,2154 mg/Kg), V1 étant légèrement inférieur (35,17 mg/Kg), et V3 ayant le moins (12,449 mg/Kg). Enfin, l'absorbance varie également, V3 affichant la valeur la plus élevée (0,983), V1 étant légèrement inférieur (0,313), et V2 ayant la plus basse (0,147). En résumé, les échantillons de miel diffèrent dans leur humidité, leur pH, leur acidité libre, leur conductivité, leur degré BRIX, leur quantité de HMF et leur absorbance, soulignant ainsi leurs caractéristiques distinctes.

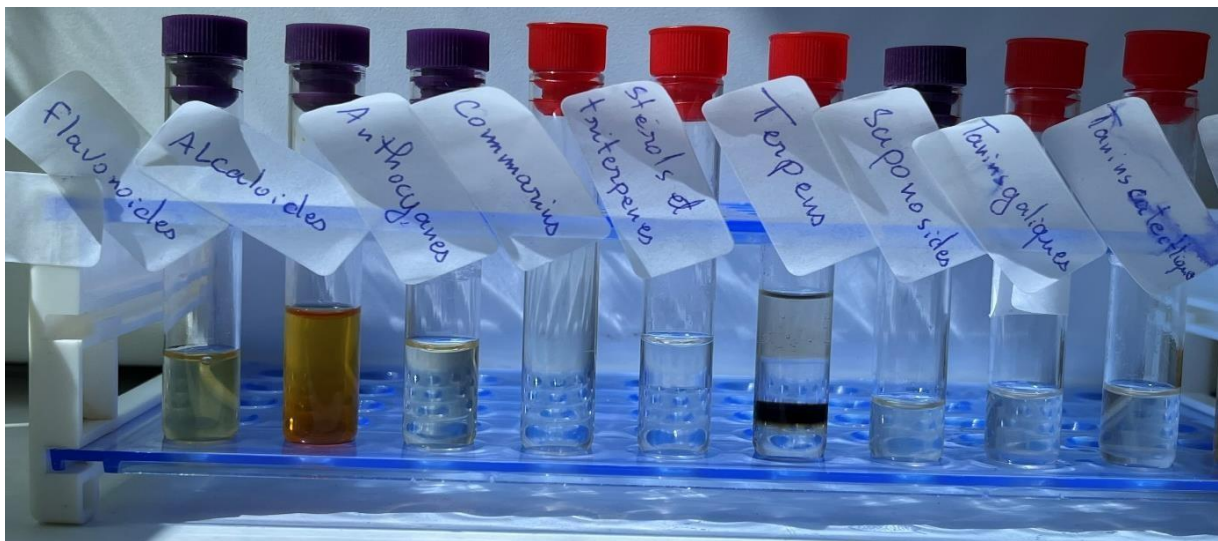
## 2. Analyses qualitatives (Screening phytochimique) :

Le Screening phytochimique du miel, démontre des résultats plus ou moins variables par la présence des métabolites secondaires. Le tableau suivant résume les résultats observés correspondant à la coloration du produit final des réactions accomplies. En effet, les trois variétés de miel révèlent la présence des Tanins, Flavonoïdes, Alcaloïdes, coumarines, mais avec des intensités différentes. Les résultats sont classés comme suite, Sur la base de l'intensité du produit de réaction coloré, (**Tab.09**).

**Tableau 09** : test qualitatif des solutions de miel de différentes variétés étudiées

Les variétés	V 1	V 2	V 3
Flavonoïdes	+++	+++	+++
Alcaloïdes	+++	+++	+++
Anthocyanes	-	-	-
Commarrin	-	+	+
Stérols et triterpènes	-	-	-
Terpènes	+++	+++	+++
Saponosides	-	-	-
Tanins gallique	+	+	+
Tanins catichique	+	+	+

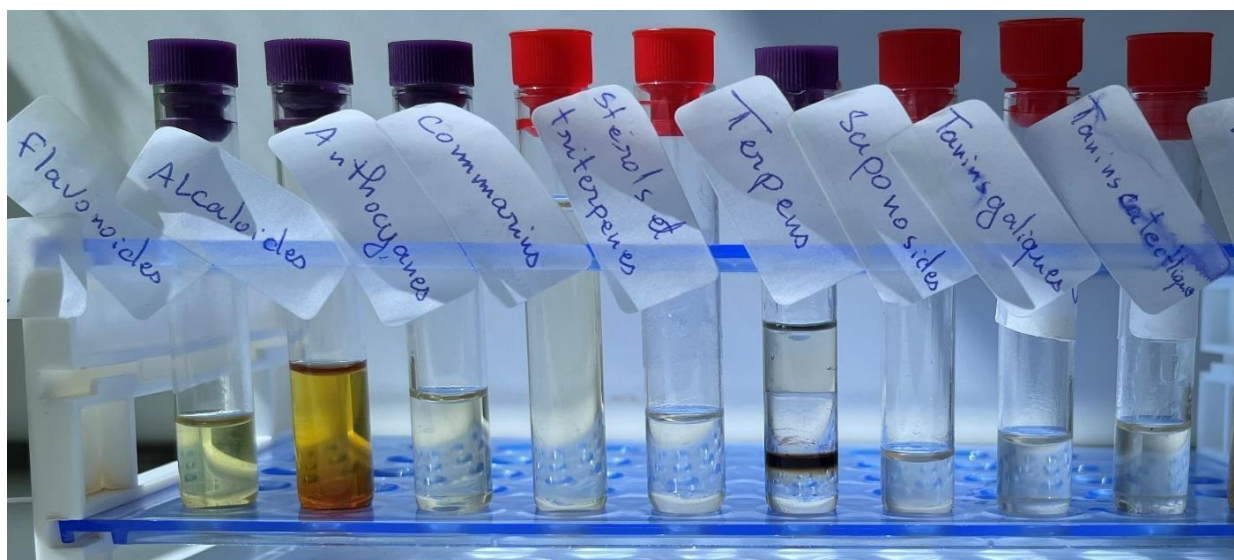
➤ **Elevé (+++)**      **Modéré (++)**      **bas (+)**      **absence (-)**



**Figure 15 :** Résultat Screening phytochimique du V1



**Figure 16 :** Résultat Screening phytochimique du V2



**Figure 17 :** Résultat Screening phytochimique du V3

### 3. Analyses quantitatives

#### 3.1. Détermination de la teneur en phénols totaux :

Détermination de la teneur en phénols totaux L'extrait aqueux de solution miel, V3 a révélé une concentration importante en phénol totaux de l'ordre de  $76,512 \pm 0,355$  mg/Eag/100g, ensuite le V1 73,  $658 \pm 0,820$  mg/Eag/100g en dernier le V2 avec le moins de concentration en phénols totaux dans les trois variétés de l'ordre de  $65.917 \pm 1.077$  mg/Eag/100g, En utilisant l'équation linéaire de la courbe d'étalonnage tracée de l'acide gallique, (Tab.10).

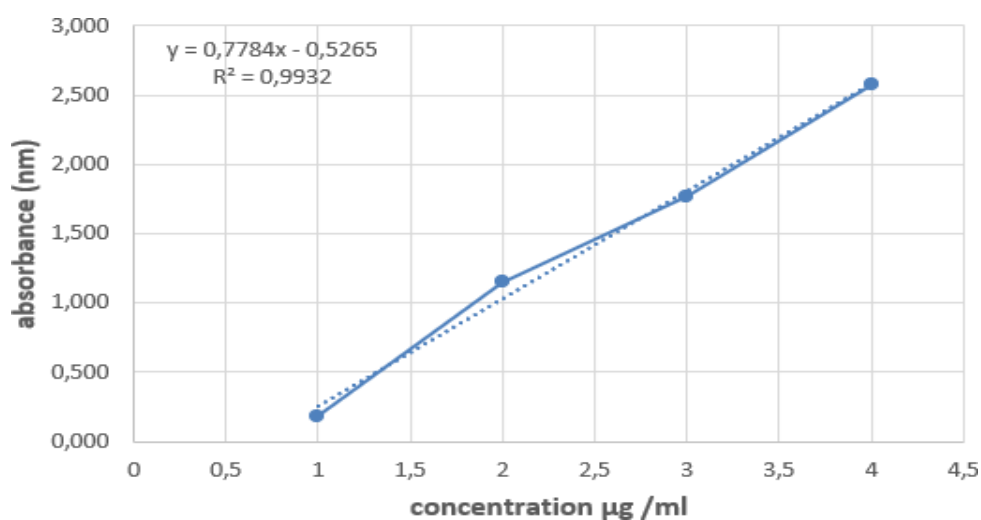
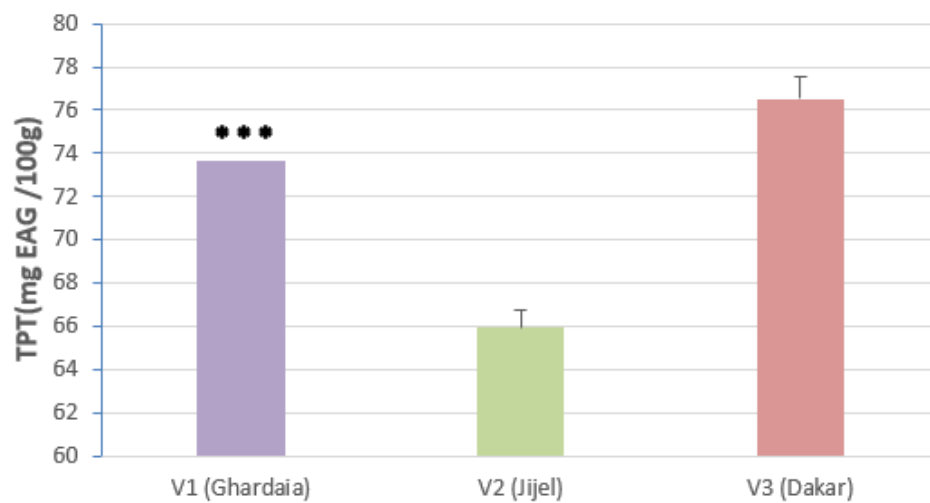


Figure 18 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique

Tableau 10 : Teneurs en phénols totaux dans les trois variétés de miel

Les variétés	V1	V2	V3
Teneur en polyphénols (mg/EA/100g)	$73.658 \pm 0.820$	$65.917 \pm 1.077$	$76.512 \pm 0.355$



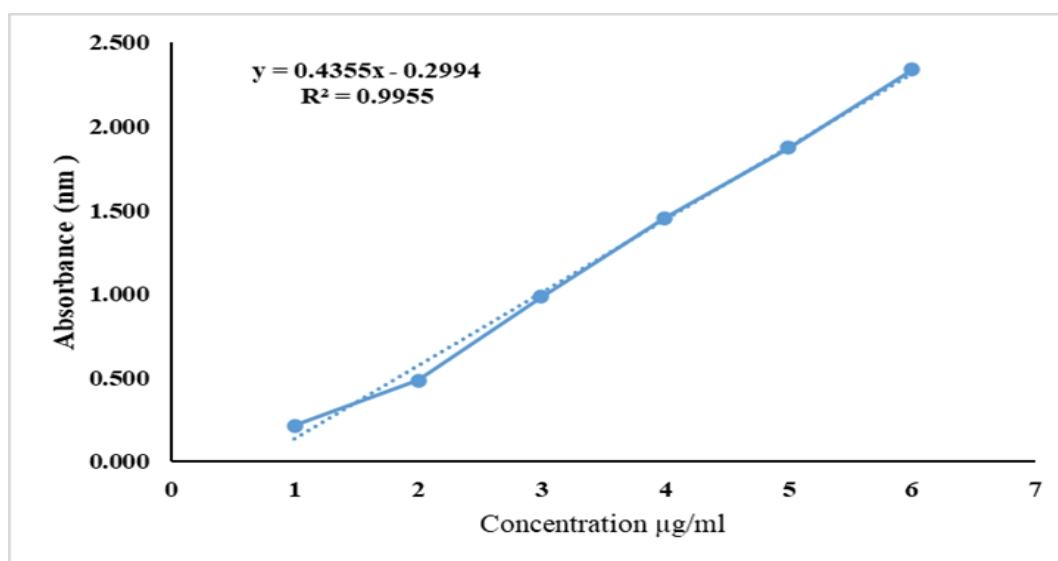
**Figure 19 : Histogramme représente la Teneurs en phénols totaux des trois variétés de miel**

(\*\*\*hautement significative  $P \leq 0,001$ ) Lacomparaison entre V1/V2 et V1/ V3

L'histogramme montre les niveaux de polyphénols dans les trois variétés de miel. On peut observer que V3 a le niveau le plus élevé de polyphénols, tandis que V2 a le niveau le plus faible. La deuxième variété de miel présente un niveau de polyphénols modéré. Les niveaux de polyphénols varient de manière hautement significative entre v1 et v3 (**Fig.19**).

### 3.2 Détermination de la teneur en flavonoïdes totaux :

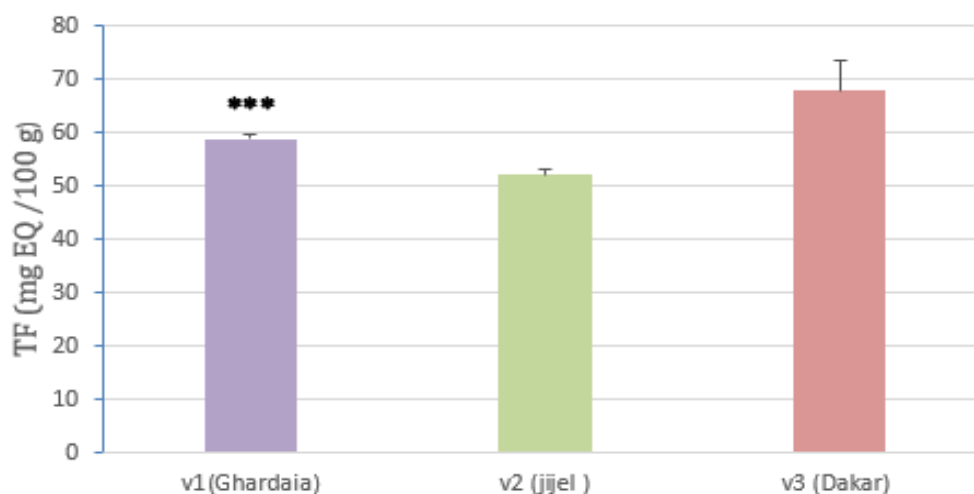
La troisième variété de solution miel a marqué une forte présence des flavonoïdes avec une concentration de  $67,895 \pm 5,769$  mg/EQ/100g ensuite la première variété à marquer une concentration de  $58,942 \pm 0,866$  mgEQ100/g. et en dernier la deuxième variété à la moindre concentration des flavonoïdes de  $52.122 \pm 1.076$  mgEQ100/g, En utilisant l'équation linéaire de la courbe d'étalonnage tracée de la quercitrine, (**Tab.11**).



**Figure 20** : Courbe d'étalonnage de la quercitrine

**Tableau 11** : Teneurs en flavonoïdes totaux dans les trois variétés de miel

Les variétés	V1	V2	V3
Teneur en Flavonoïdes (mg/EQ/100g)	$58.942 \pm 0.866$	$52.122 \pm 1.076$	$67.895 \pm 5.769$



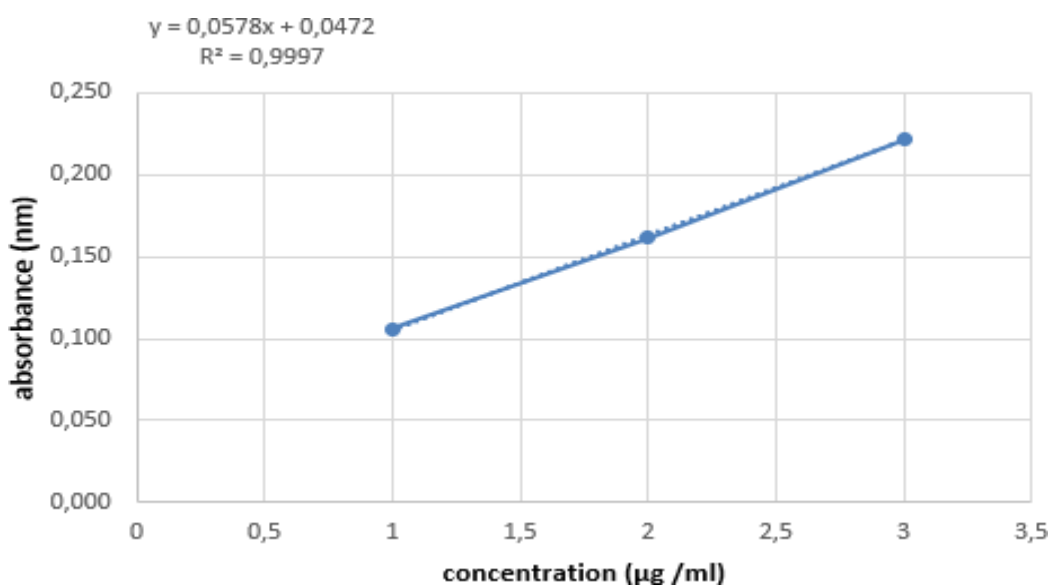
**Figure 21 : Histogramme représente la Teneurs en flavonoïdes des trois variétés de miel**

(\*\*\*hautement significative  $P \leq 0,001$ ) La comparaison entre V1/V2 et V1/ V3  
L'histogramme représente les niveaux de flavonoïdes dans trois variétés différentes de miel. La troisième variété V3 de miel présente le niveau le plus élevé de flavonoïdes, tandis que la deuxième variété V2 présente le niveau le plus faible. Les premières variétés V1 de miel présentent un niveau moyen des flavonoïdes. Les différences entre les niveaux de flavonoïdes des variétés sont significatives, indiquées par le nombre d'étoiles sur les barres correspondantes, (**fig. 21**).



### 3.3 Détermination de la teneur en tanins condensés :

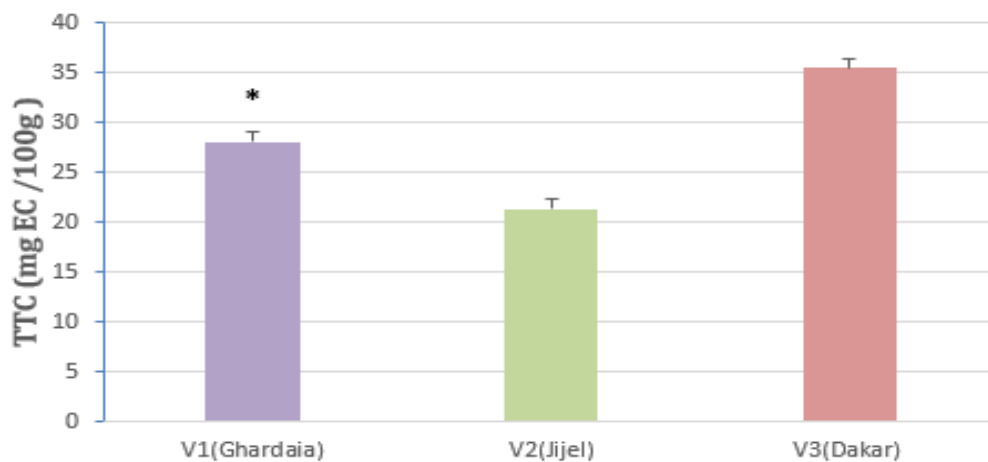
Les résultats de l'analyse des tanins condensés ont démontré une concentration de  $35,517 \pm 4,998 \text{ mg/EC/100g}$  Dans La troisième variété de solution miel. Tandis que la première variété a affiché une valeur de  $28,117 \pm 8,023 \text{ mg/EC/100g}$ . En dernier la deuxième variété a la moindre concentration de  $21,372 \pm 16,850 \text{ mg/EC/100g}$ . En utilisant l'équation linéaire de la courbe d'étalonnage tracée de la catéchine, (**tab. 12**).



**Figure 22** : Courbe d'étalonnage de la catéchine

**Tableau 12** : Teneur en tanins condensés dans les trois variétés de miel

Les variétés	V1	V2	V3
Teneur en tanin condensés (mg/EC/100g)	$28.117 \pm 8.023$	$21.372 \pm 16.850$	$35.517 \pm 4.998$



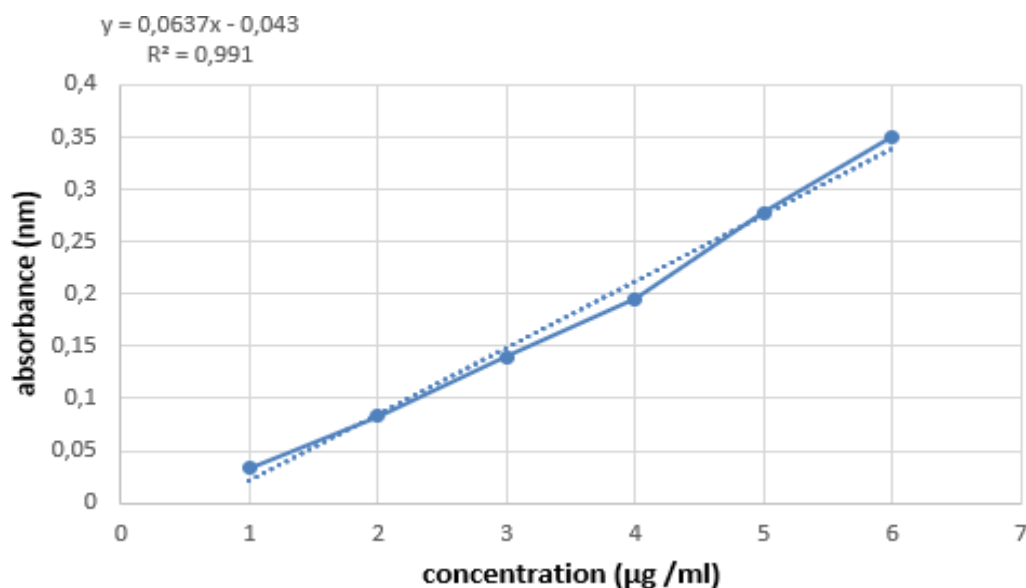
**Figure 23 : Histogramme représente teneurs en tanin condensés des trois variétés de miel**

(\* significative  $P \leq 0,001$ ) La comparaison entre V1/V2 et V1/ V3

L'histogramme représente les niveaux de tanins condensés dans trois variétés différentes de miel. La troisième variété V3 présente le niveau le plus élevé de tanins condensés, tandis que les deux autres variétés (V1 et V2) ont des niveaux inférieurs. Cependant, l'analyse significative de ce dernier montre que la première V1 est significatives (**fig. 23**).

### 3.4 Détermination de la teneur en tanins hydrolysables :

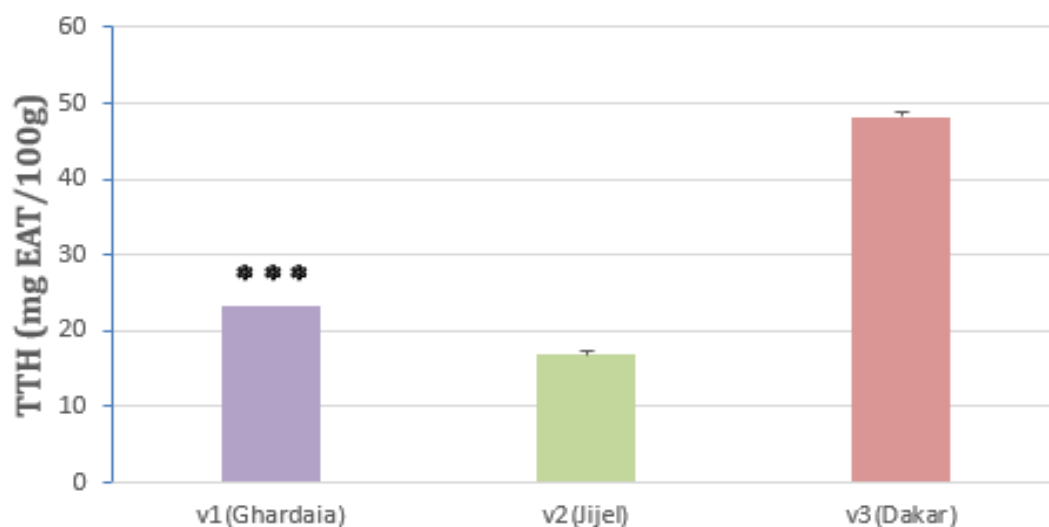
Les résultats obtenus ont exprimé une concentration élevée des tanins hydrolysables dans la troisième variété de 48,246±1,509 mg/EAT/100g. Et dans la première variété une concentration de 23,283±0,630 mg/EAT/100g. Alors que dans la deuxième variété, les tanins hydrolysables sont de l'ordre de 16,797±0,471 mg/EAT/100g. En utilisant l'équation linéaire de la courbe d'étalonnage tracée de l'acide tannique, (Tab. 13).



**Figure 24 :** Courbe d'étalonnage de l'acide tannique

**Tableau 13 :** Teneurs en tanin hydrolysable dans les trois variétés de miel

Les variétés	V1	V2	V3
Teneur en tanin hydrolysables (mg/EAT/100g)	23.283±0.630	16.797±0.471	48.246±1.509



**Figure 25 : Histogramme représente la Teneur en tanins hydrolysables des Différents Variétés de miel**

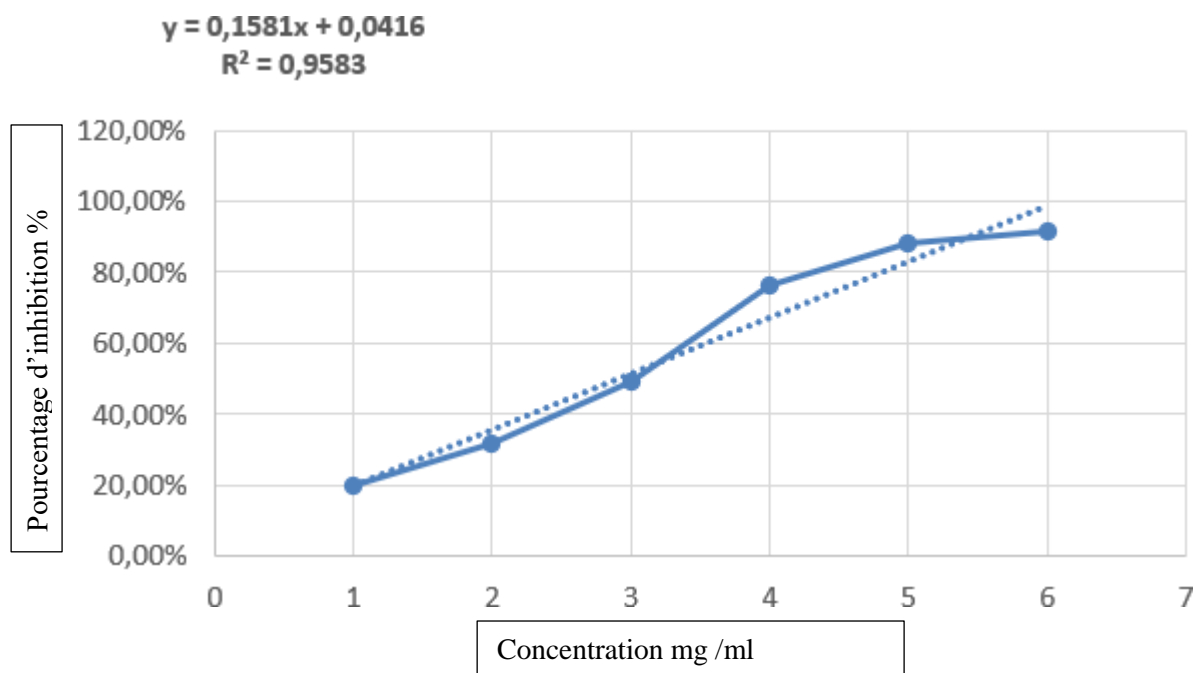
(\*\*\*hautement significative  $P \leq 0,001$  La comparaison entre V1/V2 et V1/ V3 +

L'histogramme représente les niveaux de tanins condensés dans trois variétés différentes de miel. La troisième variété V3 présente le niveau le plus élevé de tanins condensés, tandis que les deux autres variétés (V1 et V2) ont des niveaux inférieurs. Cependant, l'analyse significative de ce dernier montre que la première V1 est hautement significatives (**fig. 23**).

#### **4. Activité antioxydante :**

##### **4.1 Test de piégeage du radical libre DPPH :**

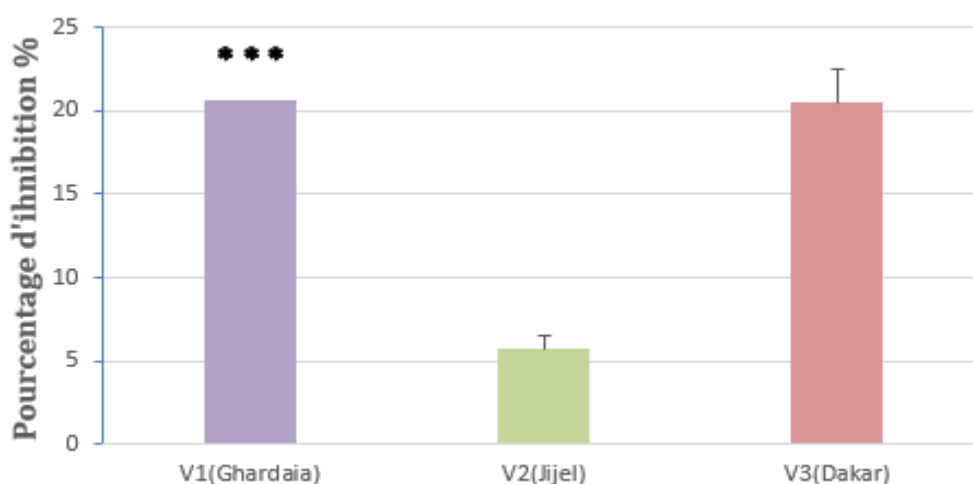
Le dosage d'activité antioxydante du DPPH pour les 3 variétés de miel a démontré une inhibition de radical DPPH commençant par V3  $1.04 \pm 0.006$  IC 50ug/ml ensuite V1  $1.19 \pm 0.017$  IC 50ug/ml et en dernier le V2  $5.37 \pm 0.019$  IC 50ug/ml, (**Tab. 14**).



**Figure 26 :** Pourcentages d’inhibition de DPPH en fonction des différentes concentrations Utilisées d’acide ascorbique.

**Tableau 14 :** IC 50 dans les trois variétés de miel

Les variétés	V1	V2	V3
IC50ug/ml	1.19±0.017	5.37±0.019	1.04±0.006



**Figure 27 :** Histogramme représente les niveaux d'activité antioxydante mesurés en DPPH pour différentes variétés de miel (V1, V2, V3)

(\*\*\*hautement significative  $P \leq 0,001$  La comparaison entre V1/V2 et V1/ V3

Les trois variétés de miel présentent des niveaux d'activité antioxydante différents mesurés à l'aide de la méthode DPPH. La variété V1 et V3 présente une haute activité antioxydante, suivie de V2 qu'il présente le niveau le plus faible dans les trois variétés L'analyse significative montre que le V1 est hautement significatif, (fig. 27).

#### 4.2 Test de FRAP (le fer ferrique Fe<sup>3+</sup>)

Test de réduction du fer FRAP .Le dosage d'activité antioxydante du FRAP pour les 3 variétés de miel a démontré une inhibition de radical FRAP commençons par V2 2.253±0.822 µmol/ 100g ensuite V3 14±0.346 µmol/ 100 g et en dernier le V1 34.567±16.166 µmol/ 100g. En utilisant l'équation linéaire de la courbe d'étalonnage tracée de TPTZ, (Tab.15).

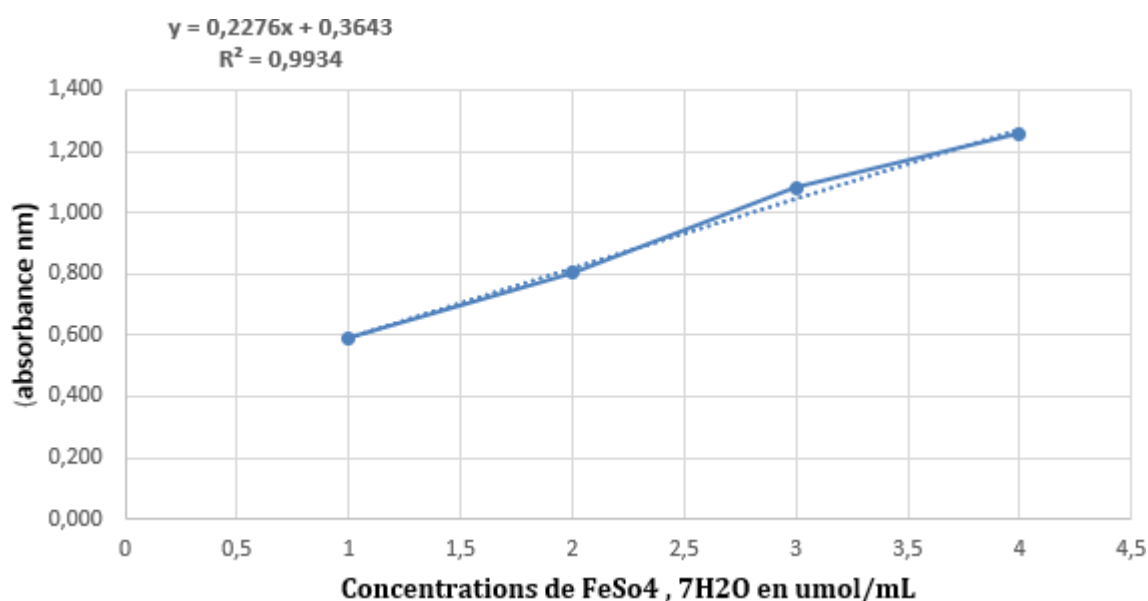
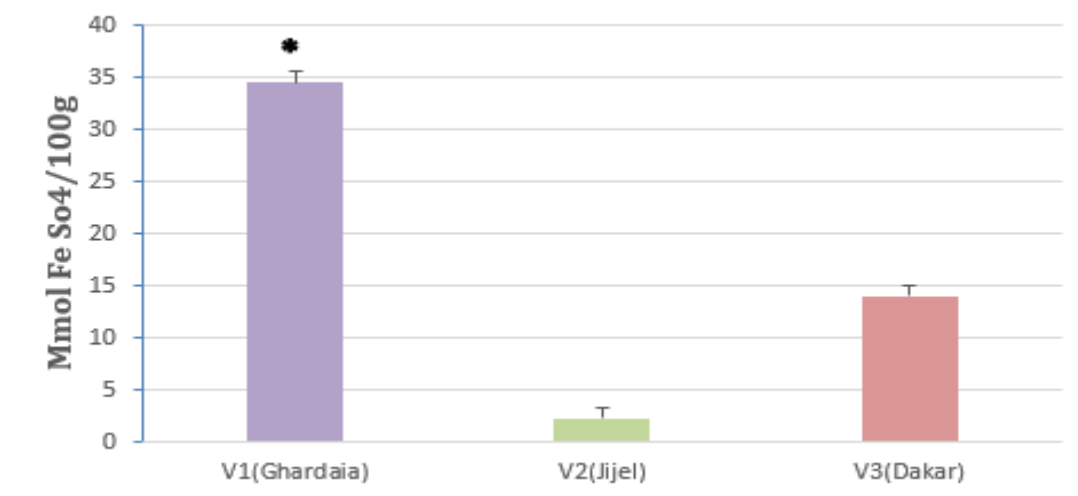


Figure 28 : Courbe d'étalonnage FRAP

Tableau 15 : Evaluation de l'activité antioxydant dans les trois variétés de miel

Les variétés	V1	V2	V3
Evaluation de l'activité antioxydant	34.567±16.166	2.253±0.822	14±0.346



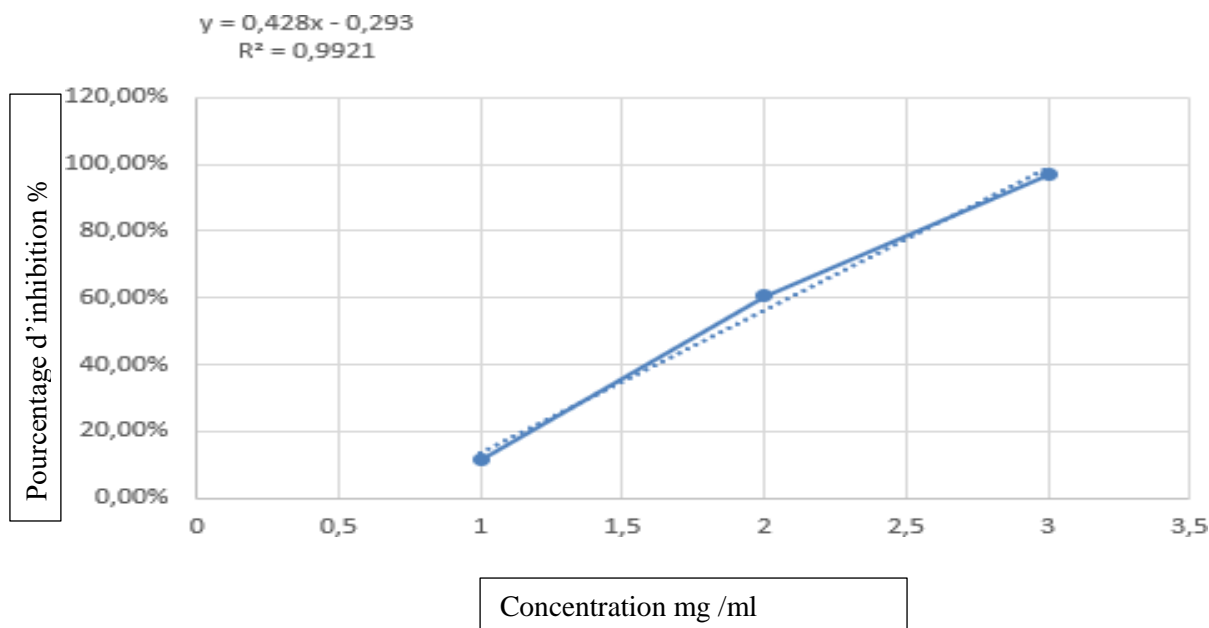
**Figure 29 : Histogramme représente les niveaux d'activité antioxydante mesurés en FRAP pour différentes variétés de miel (V1, V2, V3)**

(\* significative  $P \leq 0,001$  La comparaison entre V1/V2 et V1/ V3

D'après l'analyse, l'histogramme représente les niveaux d'activité antioxydante mesurés en FRAP pour trois variétés différentes de miel (V1, V2, V3). Il est visible que la première variété de miel (v1) présente le niveau le plus élevé d'activité antioxydante, suivi de troisième variété (v3) et de la deuxième variété (v2). L'analyse significative montre que le V1 est significatif, (**fig.29**).

### 4.3 Piégeage du radical ABTS•+

Le dosage d'activité antioxydante du ABTS• pour les 3 variétés de miel a démontré une inhibition de radical ABTS• commençons par V1  $0.94 \pm 0.068$  IC 50 ug/ml ensuite V3  $0.96 \pm 0.053$  IC 50 ug/ml et en dernier le V2  $0.98 \pm 0.027$  IC 50ug/ml., (Tab.16).

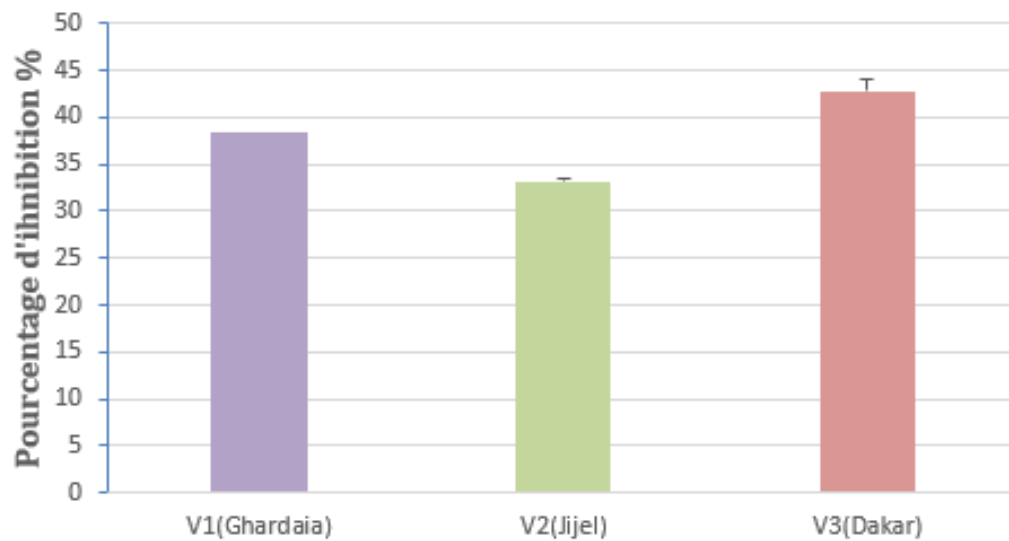


**Figure 30 :** Pourcentages d'inhibition du radical ABTS en fonction des différentes Concentrations utilisées de Trolox.

**Tableau 16 :** IC 50 dans les trois variétés de miel

Les variétés	V1	V2	V3
IC50ug/ml	$0.94 \pm 0.068$	$0.98 \pm 0.027$	$0.96 \pm 0.053$





**Figure 31 : Histogramme représente les niveaux d'activité antioxydante mesurés en ABTS \* pour différentes variétés de miel (V1, V2, V3)**

La comparaison entre V1/V2 et V1/ V3

D'après l'histogramme, il est clair que les trois variétés de miel présentent des niveaux d'activité antioxydante différents mesurés à l'aide de la méthode ABTS\*+. La variété V3 présente la plus haute activité antioxydante, (**fig.31**).

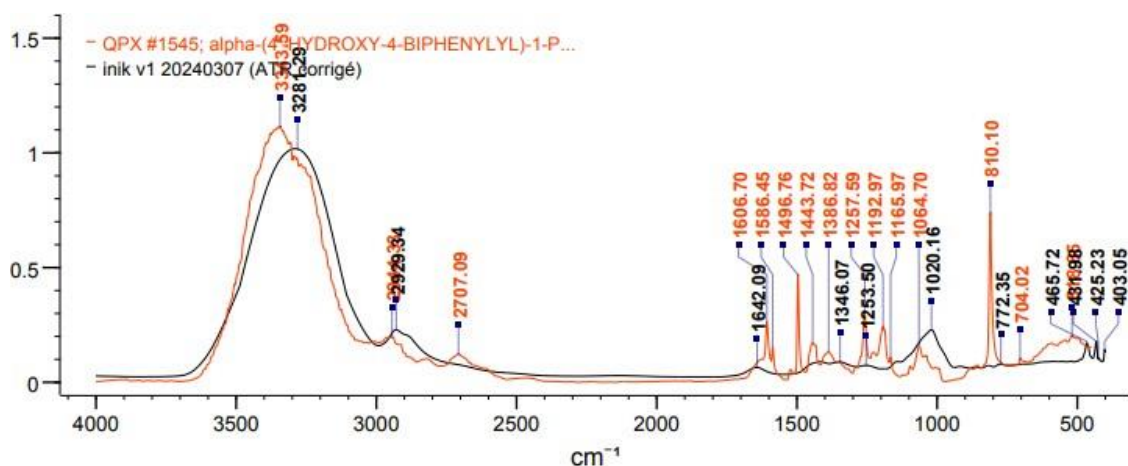
## 5. Analyse par spectroscopie infrarouge (FTIR)

- **Analyse échantillon variété de Ghardaïa V1 :**

L'échantillon du miel Sidr v1 présente une diversité de groupes fonctionnels identifiés par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR). Parmi ces groupes, on retrouve les alcools, les cétones, les amides et les guanidines. Les alcools sont représentés par des structures comprenant un groupe hydroxyle (OH) lié à un groupe alkyle ou aryle. On trouve des alcools de type R-CH<sub>2</sub>-OH et HO-R-OH dans l'échantillon de miel Sidr v1, ainsi que des alcools de type Ph-CHR-OH qui contiennent un groupe phényle (Ph).

Les cétones présentes dans l'échantillon de miel sidr v1 sont caractérisées par la présence d'un groupe carbonyle (C=O) lié à des groupes alkyle ou aryle. On observe des cétones de type C-(C=O)-C=C-OH, C-(C=O)-Ph-βOH, R-(C=O)-C=C-NH<sub>2</sub> et C-(C=O)-Ph-βNH<sub>2</sub>. De plus, note la présence de naphthoquinones, qui sont des cétones spécifiques avec une structure naphthalène.

Les amides sont représentés par des liaisons carbone-oxygène-azote (R-CO-NR<sub>2</sub>). Ces groupes fonctionnels sont également présents dans l'échantillon de miel Sidr v1. Enfin, les guanidines sont caractérisées par un motif structural comprenant un groupe amino (NH) et un groupe imino (C=NH) reliés par des groupes alkyle ou aryle (RNH-(C=NH)-NHR), (tab.17).

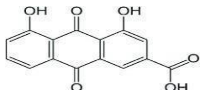
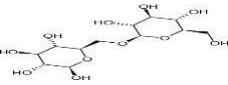
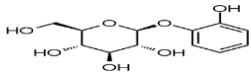
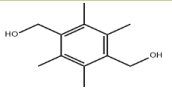
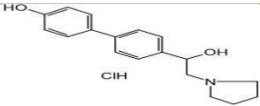
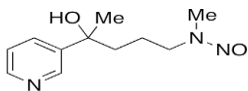
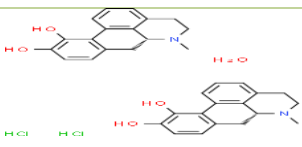
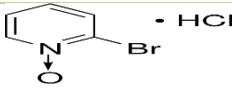
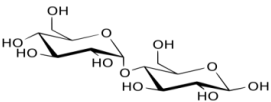
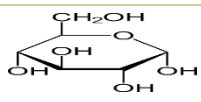
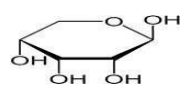
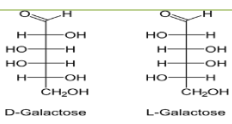
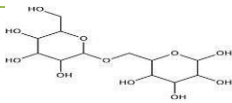


**Figure 32 :** Graphe FTIR de la variété de Ghardaïa (V1)

Tableau 17 : Groupes fonctionnels de v1

<i>Classification</i>	<i>Groupe</i>
<i>Alcohols</i>	<i>R-ch<sub>2</sub>-oh</i>
<i>Alcohols</i>	<i>Ho-r-oh</i>
<i>Alcohols</i>	<i>Ph-chr-oh</i>
<i>Ketones</i>	<i>C-(c=o)-c=c- oh</i>
<i>Ketones</i>	<i>C-(c=o)-ph- βoh</i>
<i>Ketones</i>	<i>R-(c=o)-c=c- nh<sub>2</sub></i>
<i>Ketones</i>	<i>C-(c=o)-ph- βnh<sub>2</sub></i>
<i>Ketones</i>	<i>Naphthoquino nes</i>
<i>Amides</i>	<i>R-co-nr<sub>2</sub></i>
<i>Guanidines</i>	<i>Rnh-(c=nh)-nhr</i>

**Tableau 18 :** Les structures chimiques trouvées dans V1

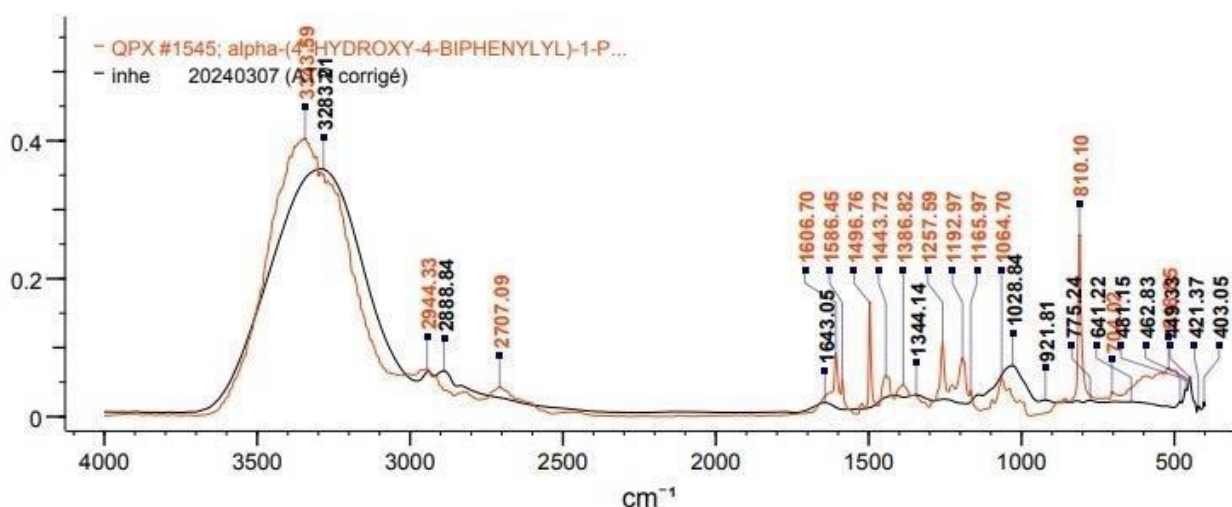
classification	Structure chimique	Nom
Flavonoïdes		Rhenital ke
Anthocyanes		4-o-alpha-d glucopyranosyl-d glucitol
Acide tanique		o-hydroxyphenyl 1- thio beta-d-glucopyranoside
Tannin		p-xylene-alpha,alpha' diol
Alcaloïdes		alpha-(4'-hydroxy-4-biphenyl)-1pyrrolidineethanolhydrochloride
		alpha-methyl-3-pyridinemethanol
		6beta-aporhine-10,11-diol, hydrochloride, hemihydrate
		2-bromopyridine, 1-oxide, hydrochloride
Les sucres		d-(+)-maltose
		Glucose
		l-(+)-arabinopyranose
		d-(+)-galactose
		alpha-d-melbiose

- **Analyse échantillon de variété de Jijel V2 :**

L'échantillon de miel Sidr v2 de la wilaya de Jijel présente une diversité de groupes fonctionnels identifiés par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR). Parmi ces groupes, on retrouve les alcools, les halogènes, le phosphore, les composés de silicium, les composés de soufre et d'autres composés azotés.

Les alcools sont caractérisés par la présence d'un groupe hydroxyle (OH) lié à un groupe alkyle ou aryle. Dans l'échantillon de miel Sidr v2, on trouve des alcools de type R-CH<sub>2</sub>-OH, HO-R-OH et Ph-CHR-OH, qui contiennent un groupe phényle (Ph) en plus du groupe hydroxyle.

Les halogènes sont représentés par des liaisons carbone-fluor (C-F). Le phosphore est présent sous forme de liaisons carbone-phosphore-oxygène-phosphore (C P-O-P) et carbone-phosphore-chlore (C P-Cl). Ces groupes fonctionnels sont identifiés dans l'échantillon de miel Sidr v2. Les composés de silicium sont caractérisés par des liaisons silicium-oxygène-silicium (Si -O -Si). Ils contribuent également à la composition chimique de l'échantillon de miel Sidr v2. Les composés de soufre sont représentés par des liaisons soufre-soufre (S-S). Ils sont détectés dans l'échantillon de miel Sidr v2. Enfin, d'autres composés azotés sont présents, tels que les liaisons carbone-azote double (C=N). Ils contribuent à la diversité des groupes fonctionnels identifiés dans l'échantillon de miel Sidr v2, (**tab.19**).

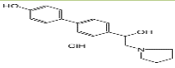
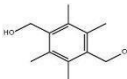
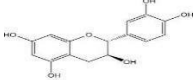
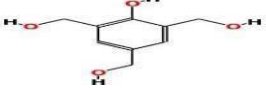
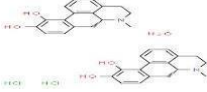
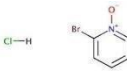
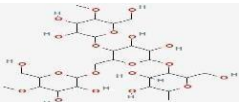
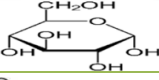
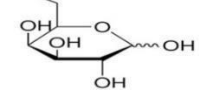
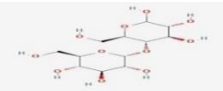
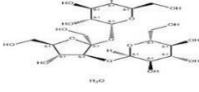
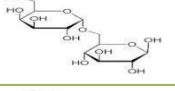
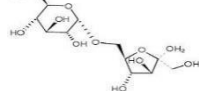
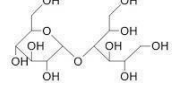
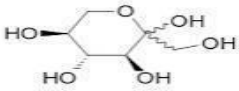
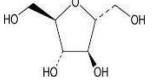


**Figure 33 :** Graphe FTIR de la variété de Jijel (V2)

Tableau 19 : Groupes fonctionnels de v2

<b>Classification</b>	<b>Group</b>
<b>Alcohols</b>	<b>R-ch<sub>2</sub>-oh</b>
<b>Alcohols</b>	<b>Ho-r-oh</b>
<b>Alcohols</b>	<b>Ph-chr-oh</b>
<b>Halogens</b>	<b>C-f</b>
<b>Phosphorus</b>	<b>C p-o-p</b>
<b>Phosphorus</b>	<b>P-cl</b>
<b>Silicon compounds</b>	<b>Si -o -si</b>
<b>Sulfur compounds</b>	<b>S-s</b>
<b>Other nitrogen</b>	<b>C=n</b>

Tableau 20 : Les structures chimiques trouvées dans V2

Classification	Structure chimique	Nom
Alcaloïdes		alpha-(4'-hydroxy-4-biphenyl)-1-pyrrolidineethanol, hydrochloride
acidphenol		p-xylene-alpha,alpha'-diol
		Catechu
		2,4,6-trihydroxymethylphenol
		6beta-aporphine-10,11-diol, hydrochloride, hemihydrate
		2-bromopyridine, 1-oxide, hydrochloride
Tannin		Ricestarch
les sucres		Glucose
		d-(+)-galactose
		d-(+)-maltose
		d-(+)-melezitose, dihydrate
		alpha-d-melbiose
		6-o-alpha-d-glucopyranosyl-d-fructofuranose
		4-o-alpha-d-glucopyranosyl-d-glucitol
		l-(-)-sorbopyranos
		d-2,5-anhydroaltritol

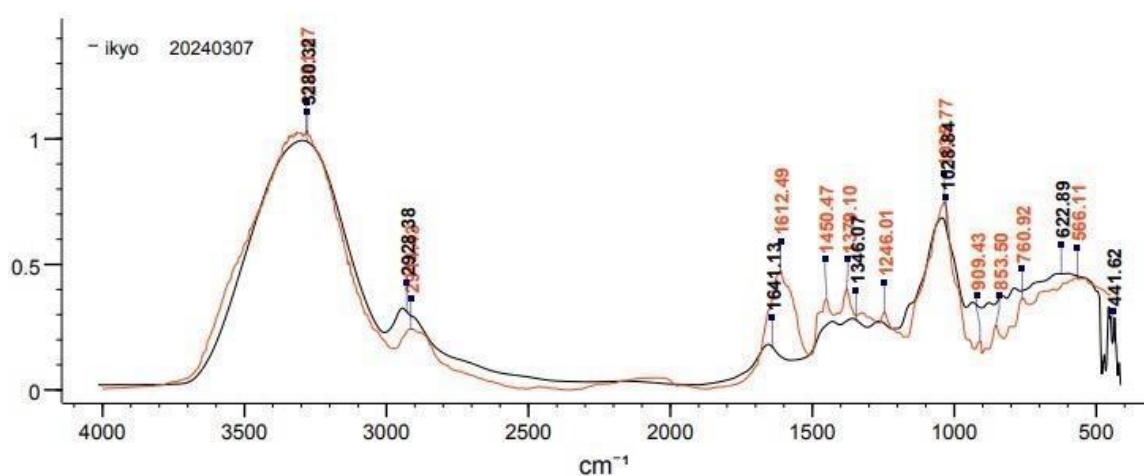
- **Analyse échantillon de Dakar V3 :**

L'échantillon de miel Sidr v3 du Dakar au Sénégal présente une variété de groupes fonctionnels identifiés par spectroscopie infrarouge à transformé de Fourier (FTIR). Parmi ces groupes, on retrouve les alcools, les cétones, les amides et les guanidines.

Les alcools sont caractérisés par la présence d'un groupe hydroxyle (OH) lié à un groupe alkyle ou aryle. Dans l'échantillon de miel Sidr v3, on trouve des alcools de type R-CH<sub>2</sub>-OH, HO-R-OH et Ph-CHR-OH, qui contiennent un groupe phényle (Ph) en plus du groupe hydroxyle.

Les cétones présentes dans l'échantillon de miel Sidr v3 sont définies par un groupe carbonyle (C=O) lié à des groupes alkyle ou aryle. On observe des cétones de type C-(C=O)-C=C-OH, C-(C=O)-Ph-βOH, R-(C=O)-C=C-NH<sub>2</sub>, C-(C=O)-Ph-βNH<sub>2</sub>, ainsi que des naphthoquinones, qui sont des cétones spécifiques avec une structure naphthalène.

Les amides sont représentés par des liaisons carbone-oxygène-azote (R-CO-NR<sub>2</sub>). Ces groupes fonctionnels sont également présents dans l'échantillon de miel Sidr v3. Enfin, les guanidines sont caractérisées par un motif structural comprenant un groupe amino (NH) et un groupe imino (C=NH) reliés par des groupes alkyle ou aryle (RNH-(C=NH)-NHR), (**tab.21**).



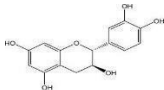
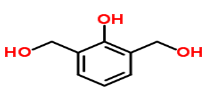
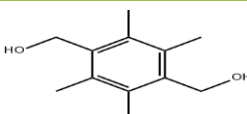
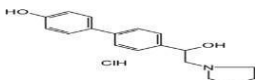
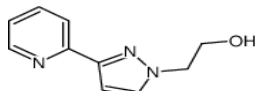
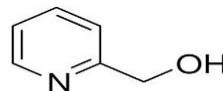
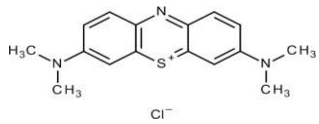
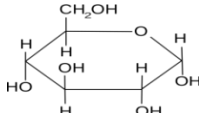
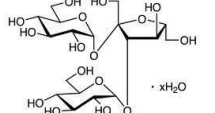
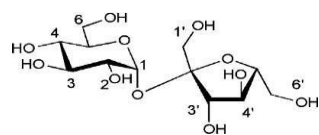
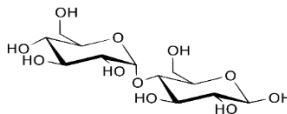
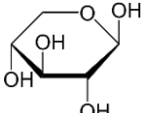
**Figure 34 :** graphe FTIR variété de Dakar (V3)



Tableau 21 : Groupes fonctionnels de v3

<b>Classification</b>	<b>Groupe</b>
<b>Alcohols</b>	<b>R-CH<sub>2</sub>-OH</b>
<b>Alcohols</b>	<b>HO-R-OH</b>
<b>Alcohols</b>	<b>Ph-CHR-OH</b>
<b>Ketones</b>	<b>C-(C=O)-C=C- OH</b>
<b>Ketones</b>	<b>C-(C=O)-Ph- βOH</b>
<b>Ketones</b>	<b>R-(C=O)-C=C- NH<sub>2</sub></b>
<b>Ketones</b>	<b>C-(C=O)-Ph- βNH<sub>2</sub></b>
<b>Ketones</b>	<b>Naphthoquinones</b>
<b>Amides</b>	<b>R-CO-NR<sub>2</sub></b>
<b>Guanidines</b>	<b>RNH-(C=NH)- NHR</b>

Tableau 22 : Les structures chimiques trouvées dans V3

classification	Structure chimique	nom
acide phénolique		catechu
		2,6 bis (hydroxymethyl) phenol
Tannin		p-xylene-alpha,alpha'-diol
alcaloïde		alpha-(4'-hydroxy-4-biphenyl)-1-pyrrolidineethanol, hydrochloride
		2-hydrazinoethanol
		2-pyridinemethanol
		-o-alpha-d-glucopyranosyl-d-glucitol
les sucres		glucose
		d-(+)-melezitose, dihydrate
		sucrose, glucopyranosidofructofuranoside
		d-(+)-maltose
		l-(-)-xylopyranose

# Discussion

Le stress oxydant se produit lorsque notre corps produit un excès de radicaux libres, des molécules hautement réactives qui peuvent endommager les cellules et les tissus, heureusement la nature regorge de nombreux antioxydants qui peuvent contrer les effets néfastes des radicaux libres et rétablir l'équilibre dans notre corps, l'un de ces antioxydants naturels est le miel, il contient une variété de composés antioxydants, tels que les polyphénols, les flavonoïdes. Qui peuvent neutraliser les radicaux libres et réduire le stress oxydant.

\* Les résultats de l'analyse physico-chimique, la teneur en humidité de nos trois variétés de miel, à savoir V1 de la wilaya de Ghardaïa, V2 de Jijel et V3 de Dakar au Sénégal, ont montré des valeurs de 14,2%, 15% et 16,4% respectivement. La teneur en humidité du miel est un paramètre important à prendre en compte, car elle peut influencer la qualité et la stabilité du produit. Des résultats proches à nos études sont menés par (**Hegazi, A. G. et al., 2022**), sur le miel de sidr provenant de différentes régions, notamment les Émirats arabes unis, la Chine et l'Irak, ont révélé des variations qu'ont indiqué que la teneur en humidité est 16,26% pour les Émirats arabes unis, 15,37% pour la Chine et 17,06% pour l'Irak. D'autres études supplémentaires menées par (**El Sohaimy, S. A. et al., 2015**) sur des échantillons de miel al sidr provenant de différentes régions ont montré des résultats similaires. Ils ont enregistré une teneur en humidité de 15,64% pour le miel de Kashmir, de 15,64% de l'Arabie Saoudite et de 16,28% d'al Yémen. Une autre étude a été réalisée par (**Saeed, M. A. et al., 2020**) sur des différents échantillons du miel sidr d'al Yémen et de Coorg de l'Inde ces résultats sont différents à nos propres recherches. Ils ont montré une teneur en humidité de 13.5% pour le miel d'al Yémen et 19.5 pour le miel de l'Inde.

- A propos des analyses physico-chimiques du pH pour les trois variétés de miel (V1 V2, V3) ont montré que le miel de v1 présente un pH basique 4,68 par rapport à celui marqué pour v2 avec un pH de 4,21 et la variété V3 un pH de 4,09. Ces résultats sont différés de ceux rapportés par (**Hegazi, A. G. et al., 2022**) qu'ont travaillé sur le miel de sidr provenant de différentes régions. Le pH mesuré était de 6,5 pour les Émirats, 7,2 de l'inde et 5,8 de Libye. En revanche, les résultats obtenus par (**El Sohaimy, S. A. et al., 2015**) qu'ont travaillés sur des échantillons de miel al sidr venant de diverses régions correspondent à nos propres résultats, Le pH mesuré était de 4,114, 4,415 et 4,460 respectivement. De plus, des études différentes à nos propres résultats obtenus par (**Saeed, M. A. et al., 2020**) qu'on réalisée une étude sur différents échantillons du miel sidr de al Yémen et de Coorg de l'Inde. Ils ont montré pH de 5,6 pour celui du Yémen et 5 pour le miel de l'Inde.

- Les résultats des analyses physico-chimiques de l'acidité libre pour les trois variétés de miel (v1 de la wilaya de Ghardaïa, v2 de Jijel, v3 de Dakar au Sénégal) ont montré des valeurs différentes. Le miel de v1 présente une acidité libre de 9,9 mg/kg, celui de v2 a une acidité libre de 7,9 mg/kg et celui de v3 a également une acidité libre de 7,9 mg/kg.

Les résultats de notre étude sont différents de ceux rapportés par (**Achour, H. Y et al., 2014**) dans leurs études portant sur des échantillons de miel polyfloral et monofloral de l'Algérie. Selon leur recherche, le teneur en acidité libre était de 10 mg/kg pour le monofloral et de 40 mg/kg pour le polyfloral. En revanche d'autres études ont été réalisés par (**Albu et al., 2021**) sur différents types de miel (échantillons de miel d'acacia, de tilleul et types multifloraux) indiqué des résultats discordants à nos études. Le teneur en acidité libre était de 17 mg/kg pour d'acacia, 49,8 mg/kg pour miel de tilleul et 50 mg/kg pour le miel multifloraux. De plus, les résultats obtenus par (**Dobrinas, S et al., 2022**), ceux qui ont observé des résultats distincts de ceux de nos études déjà énoncées. Sur plusieurs échantillons de miel d'acacia et de miel polyfloral ont été collectés dans la région de Dobrogea. Le degré d'acidité libre se situait à 40,2 mg/kg de miel d'acacia et 25.6 mg/kg de miel polyfloral.

- Les résultats des analyses physico-chimiques concernant la conductivité électrique des trois variétés de miel étudiées (v1 de la wilaya de Ghardaïa, v2 de Jijel, v3 de Dakar au Sénégal) ont révélé des valeurs distinctes. Les valeurs de conductivité électrique mesurées étaient de 143,8 ms/cm pour la variété v1, de 171,9 ms/cm pour la variété v2 et de 152,6 ms/cm pour la variété v3 il convient de noter que nos résultats diffèrent de ceux rapportés par (**Hegazi, A. G et al., 2022**) ceux qui ont travaillé sur des échantillons du miel al sidr provenant de différentes régions, Selon leur recherche, les valeurs de conductivité rapportées étaient de 0,55 mS/cm pour le miel de Chine « 0,84 mS/cm » pour le miel d'Arabie Saoudite « 0,99 mS/cm » pour le miel du Yémen. D'autres qui diffèrent également de nos résultats ont été menées par (**El Sohaimy, S. A. et al., 2015**), ces recherches ont été menée sur des échantillons de miel al sidr venant de diverses régions. Miel Egyptien 1,98 ms/cm, miel du Yémen 4,18 ms/cm et en dernier le miel d'Arabie Saoudite 0,53 ms/cm. De plus, des résultats différents obtenus par (**Saeed, M. A. et al., 2020**) qui consistent à étudier la conductivité sur du miel des différentes échantillons du miel al sidr de différentes régions, miel du Yémen 1,4 ms/cm, miel de l'Inde 0.31 ms/cm et en dernier miel de l'Inde 0,13 ms/cm.

- Les résultats des tests de Brix pour les trois variétés de miel, indiquent des valeurs légèrement différentes. La variété V1 de Ghardaïa a montré une teneur en Brix de 84,3, tandis

que la variété V2 de Jijel a enregistré une teneur de 83,2 et la variété V3 de Sénégal a présenté une teneur de 81,8. Elles démontrent des variations subtiles dans la teneur en sucres des différentes variétés de miel. Ces données convergent avec les résultats obtenus par **(Castillo Martínez, T et al., 2022)**, qui ont étudié un type différent de miel (d'Apis mellifera, Meliponabeecheii et une espèce d'abeille domestique inconnue) provenant d'une région différente du Mexique. Les valeurs de Brix obtenues dans leur étude étaient de 81,5, 80,4 et 81,4 respectivement. Comparativement, une légère variation dans les travaux de **(Albu, A., et al., 2021)** qui ont étudié le miel de Roumanie d'origine d'Acacia, de Tilleul et Multifloral. Les résultats obtenus étaient de 78,08, 79,20 et 77,83 respectivement.

D'autres études menées par **(Dobrinas, S et al., 2022)** qui ont travaillé sur différentes espèces (d'Acacia, polyfloral, et d'Acacia biologique) provenant de la ville de Techirghiol en Roumanie. Les valeurs de Brix obtenues étaient de 77,5, 75,1 et 70,5 respectivement. Il est intéressant de noter que les valeurs de Brix dans nos études sont relativement inférieures à celles des autres études mentionnées précédemment. Cela pourrait être dû à des différences régionales dans les conditions de production du miel, telles que les types de fleurs disponibles dans les régions.

-La détermination de la quantité de HMF est un excellent marqueur pour évaluer la qualité et la fraîcheur du miel. C'est un critère essentiel pour estimer le temps de stockage et les dommages causés par la chaleur, le vieillissement du miel et le surchauffage **(Homrani., 2020)**. La commission de la norme Codex Alimentarius a fixé une limite maximale 40 mg/kg pour l'HMF dans le miel est de **(Codex Alimentarius., 2001)**

Nous avons mesuré la quantité de HMF pour les trois échantillons V1, V2, V3, les résultats obtenus ont identifié que le miel du Sénégal c'est le plus fraîche avec une valeur de 12,449 mg/Kg par rapport aux deux échantillons V1 35,17 mg/Kg et V2 42,2154 mg/Kg.

Ces résultats sont supérieurs à ceux obtenus par **(Reguig., 2019 ; Homrani., 2020)** pour le miel de Biskra et Médéa qu'ont enregistrés respectivement 2.88 mg/kg et 4.66 mg/kg  $\pm$  0.01 ; les valeurs marquées par **(Lakermi., 2018 ; Bouhlali et al., 2019)** sont 13.12 mg/kg  $\pm$  8.69, 20.95 mg/kg  $\pm$  0.69 pour le miel de Tlemcen et le Maroc (respectivement), pour la même origine floral jujubier.

Un échantillon de miel de région de Mostaganem présente une valeur d'HMF qui est de 55,29 mg/kg et répond aussi aux normes, car ce miel provient d'une région tropicale pour lequel cette

limite est de 80mg/kg (**Codex Alimentarius., 2001 ;Makhloufi.,2001**), en analysant des échantillons de miels algériens on a trouvé des valeurs variant entre 9,6 et 157,44 mg/kg avec une moyenne de 42,6 mg/kg

Le taux d'HMF il est souhaitable que le niveau reste très bas pour assurer une garantie de qualité et une attestation de conservation adéquate du produit (**Gonnet., 1993**). Cette teneur en HMF peut se changer par certains facteurs notamment le type de sucre, sa concentration, la température et l'acidité ou la valeur de pH, la durée de conservation (**Bogdanov et al., 2004**).

- Les résultats de l'absorbance des trois variétés du miel à une longueur d'onde de 575 nm montrent des différences résultats. V3 présente la plus forte absorbance (0,983), suivie V1 (0,313) et V2 (0,147). Ces différences peuvent indiquer des variations dans la composition chimique des variétés de miel.

\*L'analyse phytochimique des trois variétés du miel (V1 de la wilaya de Ghardaïa V2 de Jijel et V3 de Dakar au Sénégal) a révélé la présence de différents composés dans chaque variété. Les résultats montrent que toutes les variétés du miel étudiées contiennent des métabolites secondaires, avec une réaction franchement positive (+++) pour ces substances, qui sont des composés bénéfiques pour la santé humaine. Les anthocyanes, les Commarin et les stérols et triterpènes n'ont pas été détectés dans les échantillons du miel analysés, ce qui est indiqué par une réaction négative (-) pour ces substances. Cela peut être dû à des différences naturelles dans la composition chimique des variétés du miel étudiées ou à des facteurs tels que la région géographique et les sources de nectar. Les terpènes ont été détectés dans toutes les variétés du miel, avec une réaction franchement positive (+++) pour ces composés. Les terpènes sont des composés aromatiques qui peuvent contribuer au profil de saveur et d'odeur caractéristique de chaque variété de miel. Les saponosides n'ont pas été détectés dans les échantillons du miel analysés, ce qui est indiqué par une réaction négative (-) pour cette substance. Les tanins galliques et catéchiqes ont été détectés dans toutes les variétés de miel, avec une réaction franchement positive (+++) pour ces substances. Les tanins sont des composés phénoliques qui peuvent contribuer aux propriétés antioxydantes et antimicrobiennes du miel.

Ces résultats sont similaires aux travaux menés par (**Dele, O. S., 2017**), qui ont observé la présence des tannins ; des flavonoïdes, et les alcaloïdes pour deux échantillons du miel provenant de différentes régions du Ghana (échantillon A Abeille agriculteur et échantillon B

vendeur en bord de route sample A et sample B). Par contre, ils ont signalé l'absence des saponosides ; terpenoïdes (réaction négative)

D'autres résultats de l'étude menée par (**Khaliquir Rahman, et al., 2013**) sur les échantillons du miel provenant de différentes régions du Pakistan ainsi que des échantillons du miel du marché indiquent une absence des tannins, de flavonoïdes, de terpénoïdes, de saponines et d'alcaloïdes dans tous les échantillons analysés. En comparaison avec nos propres résultats, il semble y avoir des différences. Une autre étude a été réalisée par (**Yelin, A., &Kuntadi, K, 2019**) sur les échantillons du miel monofloral de mangue provenant de Java et du miel multifloral provenant de Sumbawa, en Indonésie, montrent des différences par rapport à nos propres résultats, qui ont identifié que le miel multifloral de Sumbawa contenait des saponines et des flavonoïdes en quantités élevées, indiquées respectivement par une réaction moyennement positive (++) et une réaction franchement positive (+++). En revanche, le miel monofloral de mangue de Java a montré une réaction faiblement positive (+) pour les flavonoïdes, avec une présence moyenne des saponines (++)). En revanche les terpénoïdes, Les tanins, les stéroïdes et les alcaloïdes étaient absents dans les deux échantillons du miel.

Les résultats de l'étude menée par (**Nora, A et al., 2018**) indiquaient la présence des alcaloïdes, des flavonoïdes et des terpénoïdes, sur deux types du miel (miel noir amer et le miel jaune doux ), collectés en Indonésie , Néanmoins, n'ont pas détecté la présence de saponines, de tanins, de stéroïdes dans les deux types de miel analysés.

Ces différences peuvent être attribuées à plusieurs facteurs, notamment les sources de nectar spécifiques, les conditions environnementaux, les méthodes d'analyse utilisées et les variations régionales. Il est également important de noter que la composition chimique du miel peut varier considérablement en fonction de nombreux autres facteurs, tels que les fleurs butinées, les saisons de récolte et les pratiques apicoles.

-Les polyphénols sont les classes les plus important de composés aperçu dans le miel (**Ibrahim et al., 2012**) Dans nos échantillons, nous avons mesuré des teneurs moyennes en polyphénols totaux de  $73,658 \pm 0,820$  mg/EA/g pour V1 de la région de Ghardaïa,  $65,917 \pm 0,355$  mg/EA/g pour V2 de la région de Jijel et pour V3, et  $76,512 \pm 0,355$  mg/EA/g Sénégal

Nos résultats sont similaires à ceux obtenus par (**Siad., 2015**), qui a apporté des teneurs en polyphénols totaux variant entre 64,91 et 93,59 mg EAG/100 g pour le miel de jujubier. De plus, (**Hallouz et Mamoun, 2020**) ont trouvé des valeurs de polyphénols allant de 35,83 à 42



mg d'EAG/100 g pour les miels de Jujubier algériens (**d'Elaoui et al., 2020**) qui ont mesuré des teneurs en polyphénols totaux miel de Jujubier de Palestine de l'ordre de 79,89 et 60,47 mg EAG/g MS. Cependant les résultats de (**Ouchemoukh et al., 2016**) sur les miels algériens (90 à 318 mg EA / 100 g) sont des supérieurs, (**Elmaaiden et al., 2019**) ont obtenu des teneurs en polyphénols totaux 39,74 mg EAG/g MS.

En effet, (**Saba et al., 2011**) ont prouvé que les teneurs totales phénoliques changent en fonction de la localisation géographique des différentes sources florales. Le climat aussi joue un rôle dans la variation des teneurs en polyphénols totaux. . Il est nécessaire de souligner que l'activité antioxydante du miel naturel est liée et dépend largement de sa composition chimique, notamment des composés phénoliques, des flavonoïdes, (**IBRAHIM et al., 2012**)

-Les flavonoïdes sont des métabolites secondaires végétaux très importants, appartenant à une classe de composés polyphénoliques présents (**Panche et al., 2016**). Dans nos résultats, nous avons mesuré des concentrations de flavonoïdes de  $58,942 \pm 0,866$  mg/EQ/100g dans l'échantillon V1 de Ghardaïa,  $52,122 \pm 1,076$  mg/EQ/100g dans l'échantillon de Jijel et  $67,895 \pm 5,769$  mg/EQ/100g dans l'échantillon de dakar

Nos résultats sont similaires avec les travaux de (**Deghimaos et al., 2022 ; Diafat et al., 2017**), qui ont présenté un teneur en flavonoïdes de  $87 \pm 3$  mg/EQ/100g, 10,48 à 93,86 mg EQ/100g respectivement du miel de sidr , cependant (**Ouchemoukh et al., 2007**) , ont marqué un teneur de 40 et 69 mg EQ/100g pour différentes variétés du miels algériens .

En revanche, nos résultats sont beaucoup plus élevés que ceux réalisés par (**Hallouz et Mamoun, 2020**), qui ont enregistré des teneurs en flavonoïdes variant de 6,40 à 7,41 mg EQ/100g pour les miels de jujubier. Cependant ces concentrations en flavonoïdes restent faibles en comparaison à celles enregistrées par les plantes de *Ziziphus lotus* analysées par (**Borgi et al., 2008**) avec un taux de 19.9 mg Equ/g ES.

Les variations dans les teneurs en flavonoïdes entre les différents miels peuvent être accordées à des différences dans l'origine phytogéographique et aux procédures et méthode de conservation pour ces miels. Les flavonoïdes sont connus pour leurs capacités pharmacologiques comme des pièges de radicaux. La popularité grandissante de ces substances découle des avantages potentiels qu'elles offrent pour la santé grâce à leurs activités antioxydantes et antiradicalaires, qui peuvent participer à la prévention des maladies coronariennes et du cancer (**SABA et al., 2011**) .

-Les tanins condensés sont des composés phénoliques présents naturellement dans le miel. Ils se distinguent par leur capacité à agir comme des antioxydants, ce qui signifie qu'ils peuvent aider à protéger les cellules du corps contre les dommages causés par les radicaux libres. Nous avons mesuré une teneur en tanins condensés de  $28,117 \pm 8,023$  mg/EC/100g dans l'échantillon V1, de  $21,372 \pm 16,850$  mg/EC/100g dans l'échantillon de Jijel V2 et de  $35,517 \pm 4,998$  mg/EC/100g dans l'échantillon V3, Nos résultats sont proches à ceux de (**Hamza.,2015**) qui ont indiqué une teneur en tanins ( $38.4$  Equ  $\mu\text{g}/\text{mg}$  ES) des extraits de *Zizyphus lotus* ramassées de la région de Mila, Cependant (**Ferreira et al., (2009)**) ont obtenu une teneur élevée en tannins totaux dans différents échantillons du miel.

Une étude menée par (**Rashwan et al., 2020**) sur trois espèces de jujube (*Zizyphus jujuba* Mill., *Zizyphus mauritiana* Lam., *Zizyphus lotus* Lam) a montré qu'il y'a une différence significative dans les teneurs en tanins condensés dans les différentes espèces étudiées.

En revanche, (**Yahia et al., 2020**) ont montré des teneurs en tanins condensés largement inférieure dans le miel de Tunisie  $0,3$  mg CE/g MS et de  $0,34$  la présence de tanins condensés dans le miel lui confère des propriétés antioxydants.

- Les tanins hydrolysables sont des composés phénoliques présents dans le miel. Ce sont des substances chimiques qui se forment lorsque des molécules de tanins se lient à des molécules de sucre par une réaction appelée hydrolyse. Dans nos résultats, nous avons mesuré des concentrations de tanins hydrolysables de  $23,283 \pm 0,630$  mg/EAT/100g dans l'échantillon V1 de Ghardaïa, de  $16,797 \pm 0,471$  mg/EAT/100g dans l'échantillon de Jijel , et de  $48,246 \pm 1,509$  mg/EAT/100g dans l'échantillon V3

Ces différences significatives dans les teneurs en tanins peuvent être attribuées à divers facteurs, tels que les variations naturelles entre origine des échantillons de miel, les méthodes d'analyse utilisées et les conditions de récolte et de conservation du miel. Ces composés ont été étudiés pour leurs propriétés antioxydantes et leurs effets potentiels sur la santé. Et leur capacité de neutraliser les radicaux libres et de prévenir les dommages oxydatifs dans l'organisme.

\*Le dosage de l'activité antioxydante du DPPH pour les trois variétés du miel a révélé une inhibition du radical DPPH. La variété V3 a présenté une valeur de  $\text{IC}_{50}$   $1,04 \pm 0,006$   $\mu\text{g}/\text{ml}$ , suivie de la variété V1 avec une valeur de  $\text{IC}_{50}$   $1,19 \pm 0,017$   $\mu\text{g}/\text{ml}$ , et enfin la variété V2 avec une valeur de  $\text{IC}_{50}$   $5,37 \pm 0,019$   $\mu\text{g}/\text{ml}$ . L' $\text{IC}_{50}$  est inversement proportionnel à la capacité

antioxydante des composés. Plus la valeur de l'IC50 est faible, plus l'activité antioxydante est élevée.

Les résultats obtenus dans notre étude diffèrent de ceux rapportés par d'autres chercheurs. Telle que (**Yahia et al., 2020**) ont montré des valeurs allant de 12,16 à 15,15  $\mu\text{l/ml}$  et de 18,57 à 11,4  $\mu\text{l/ml}$  pour le miel de *Z. lotus*. (**Bouyahya et al., 2017**) ont obtenu un résultat de 67,43 mg/l pour l'activité du miel de Djelfa, soit une valeur beaucoup plus élevée que notre résultat. De même, (**Estevinho et al., 2008**) ont étudié le miel du Maroc et ont obtenu une valeur d'IC50 de 115,6 mg/ml, en revanche (**Aljabeili et al., 2018**) ont étudié l'activité antioxydante du miel caractérisée par une activité contre le DPPH estimée à 3,7 mg/ml. Les propriétés réductrices sont généralement associées à la présence de composés phénoliques, qui sont les principaux facteurs responsables des activités antioxydantes (**Duh., 1998**).

- Les résultats de l'activité antioxydante des échantillons du miel, évaluée par le test du pouvoir réducteur du fer (FRAP), ont montré des variations significatives. Tous les échantillons de miel étudiés ont présenté une activité antioxydante, mais avec des niveaux différents. Le miel de v2 a démontré l'activité antioxydante la plus élevée, avec une valeur de  $2.253 \pm 0.822$   $\mu\text{mol}/100\text{g}$ . En comparaison, v1 a montré le pouvoir réducteur le plus faible, avec une valeur de  $34.567 \pm 16.166$   $\mu\text{mol}/100\text{g}$ . Le miel de v3 se situe entre les deux extrêmes, avec une valeur de  $14 \pm 0.346$   $\mu\text{mol}/100\text{g}$ . Ces résultats sont différents de ceux obtenus par d'autres études. Par exemple, (**Hallouz et Mamoun ,2020**) ont évalué l'activité antioxydante du miel de jujubier algérien ont trouvé des valeurs beaucoup plus élevées, allant de  $241.25 \pm 3.18$  à  $497.5 \pm 0.70$  mg/ml. De même région, (**Castro Rosane et al., (2012) et LuizaD'oliveira et al., 2014**) ont étudié l'activité antioxydante de divers échantillons de miel et ont rapporté des valeurs variant de 7.61 à 438.69 mg/ml. (**Bakchiche et al., (2017)**) ont enregistré une valeur de 0.056 mg/ml pour quatre variétés de miels locales (Algérie), tandis que (**Yolanda et al., (2011)**) ont constaté un pouvoir réducteur de 48.34 mg/ml pour des miels multi floraux de Tabasco (Mexique). Une autre étude réalisée par (**Otmani et al., 2019**) sur deux variétés de miel de région Aflou et Djelfa a montré un pouvoir réducteur de 106.38 mg/ml pour le miel mono floral et de 34.91 mg/ml pour le miel multi floral.

- Le dosage d'activité antioxydante du ABTS pour les 3 variétés du miel a démontré une inhibition de radical ABTS commençons par V1  $0.94 \pm 0.068$  ensuite le V2  $0.98 \pm 0.027$  et en dernier V3  $0.96 \pm 0.053$ . (**Lachman, et al., 2010**) ont trouvé que les valeurs déterminées par le

test ABTS étaient deux à trois fois supérieures plus élevé que les valeurs déterminées par les tests DPPH et FRAP sur le miel de Tchèque.

En revanche, (**Dimitriosstagos et al., 2018**) a enregistré un IC50 de  $23.0 \pm 0.9$  mg/ml pour le miel de Manuka est originaire du buisson de Manuka (*Leptospermum scoparium*), une plante endémique cultivée en Nouvelle-Zélande.

Cependant, (**Hasan A. Et al., 2012**) ont trouvé une valeur de IC50 " $202.26 \pm 1.033$ " indique l'activité antioxydante du miel de carotte sauvage (*Daucus carota* L) obtenu auprès d'un apiculteur algérien. Cela signifie que cette quantité de miel de carotte sauvage a une capacité antioxydante telle qu'elle inhibe 50 % de l'activité oxydante ou des radicaux libres. Les résultats obtenus révèlent que les valeurs les plus basses mesurées démontrent une activité antioxydante exceptionnellement élevée.

\*L'assurance qualité dans la production de miel est un élément important aspect concernant l'investigation des paramètres affectants la qualité du miel. Mais aussi le développement de solutions rapides et fiables des méthodes analytiques de routine telles que la technologie infrarouge sont nécessaires pour réduire le temps et les coûts d'analyse. La qualité de la classification de l'origine botanique par FTIR dépend du type de miel (**Etzold, E., et al., 2008**)

L'analyse FTIR (Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier) des échantillons de V1 de Ghardaïa, V2 du Jijel et V3 celle de Sénégal a permis d'identifier plusieurs groupes fonctionnels caractéristiques, chacun associé à des bandes d'absorption infrarouge spécifiques à des longueurs d'onde particulières. R-CH<sub>2</sub>-OH : Ce groupe fonctionnel, lié aux alcools aliphatiques, présente une absorption caractéristique autour de 3300 cm<sup>-1</sup>, correspondant à la bande d'étirement des groupes hydroxyle (-OH), HO-R-OH : Le diol, avec deux groupes hydroxyle (-OH) liés à un même atome de carbone, présente une absorption similaire autour de 3300 cm<sup>-1</sup>. Ph-CHR-OH : Les phénols, qui sont des composés aromatiques avec un groupe hydroxyle (-OH) lié à un noyau phényle (Ph), montrent une absorption autour de 3600-3200 cm<sup>-1</sup> due à l'étirement des groupes hydroxyle. C-(C=O)-C=C-OH : Les acides  $\alpha, \beta$ -insaturés, avec une double liaison carbon-carbone (C=C) adjacente à un groupe carbonyle (C=O) et à un groupe hydroxyle (-OH), présentent une absorption vers 3300 cm<sup>-1</sup> pour les groupes hydroxyle et une absorption vers 1670-1680 cm<sup>-1</sup> pour les groupes carbonyle. C-(C=O)-Ph- $\beta$ OH : Ce groupe fonctionnel, combinant un groupe carbonyle (C=O) et un groupe hydroxyle (-OH) attachés à un noyau phényle (Ph), montre une absorption similaire à celle des acides  $\alpha, \beta$ -insaturés. R (C=O)-C=C-NH<sub>2</sub> : Les amines  $\alpha, \beta$ -insaturées, avec une double liaison carbon-

carbone (**C=C**) adjacente à un groupe carbonyle (**C=O**) et à un groupe amino (**-NH<sub>2</sub>**), présentent une absorption vers 3300  $\text{cm}^{-1}$  pour les groupes amino et une absorption vers 1660-1680  $\text{cm}^{-1}$  pour les groupes carbonyle. **C-(C=O)-Ph- $\beta$ NH<sub>2</sub>** : Ce groupe fonctionnel, similaire aux amines  $\alpha$ ,  $\beta$ -insaturées, mais avec un groupe amino (**-NH<sub>2</sub>**) attaché à un noyau phényle (**Ph**), montre des absorptions similaires. Les naphthoquinones, avec leur structure bicyclique caractéristique, peuvent présenter des absorptions spécifiques dans différentes régions du spectre infrarouge, généralement entre 1700 et 1500  $\text{cm}^{-1}$ . **R-CO-NR<sub>2</sub>** : Les amides, avec un groupe carbonyle (**C=O**) lié à un groupe amino substitué (**NR<sub>2</sub>**), montrent une absorption caractéristique vers 1650-1670  $\text{cm}^{-1}$  pour les groupes carbonyle. **RNH-(C=NH)-NHR** : Les hydrazines, avec un groupe amino (**NH<sub>2</sub>**) lié à un groupe hydrazine (**C=N-NH<sub>2</sub>**) par l'intermédiaire d'une liaison azo (**C=N**), présentent des absorptions spécifiques à leur structure unique, généralement entre 1600 et 1500  $\text{cm}^{-1}$ .

En ce qui concerne l'étude de (**Matwiczuk, A et al., 2022**) sur le miel multi floral de la Pologne ces résultats sont quasiment identiques à nos études déjà mentionnées. La région de vibrations d'étirement des groupes hydroxyle (**-OH**) est caractéristique. La première région de vibrations clairement visible se situe dans la plage de 3650 à environ 3000  $\text{cm}^{-1}$ , correspondant aux vibrations d'étirement des groupes **-OH** des glucides, des acides organiques. Cette région peut également inclure les vibrations d'étirement des acides carboxyliques et la bande d'étirement **NH<sub>3</sub>** des acides aminés libres. De plus, dans les deux résultats, les vibrations d'étirement des groupes **C-H** sont observées dans la longueur d'onde de 3000 à 2800  $\text{cm}^{-1}$ . Les vibrations avec un maximum à  $\sim 3290$   $\text{cm}^{-1}$  sont associées à la contribution caractéristique des acides carboxyliques.

D'autres études similaires à nos résultats ont été réalisées selon (**Bunaciu, A. et al., 2022**) sur miel mono florales de l'acacia, du colza, du tilleul et du tournesol. En utilisant l'analyse des plages spectrales infrarouges. Les plages spectrales les plus discriminantes ont été identifiées comme suit : 1580-1600  $\text{cm}^{-1}$  pour la vibration **C=O** des glucides, 1075-1195  $\text{cm}^{-1}$  pour la vibration d'étirement **C-O** des composés phénoliques, et 1450-1458  $\text{cm}^{-1}$  pour les vibrations d'étirement **C-C** et **C-O** des lipides présents dans le pollen. Ces plages spectrales ont été utilisées pour caractériser et différencier les échantillons de miel.

Des études ont été effectuées avec des résultats similaires selon (**Monika, K. M et al., 2018**) sur des échantillons de La ville de Lublin. Cinq types ont été analysés, dont le sarrasin, miel multi floral, de tournesol, de tilleul et miellat avec feuille de miellat. Les spectres présentent

quatre zones d'absorption typiques, dominées par deux bandes d'eau à 3339  $\text{cm}^{-1}$  et 1649  $\text{cm}^{-1}$ . Une bande à 2932  $\text{cm}^{-1}$  est également observée, correspondant à des acides carboxyliques et des acides aminés libres. La région de 1500-750  $\text{cm}^{-1}$  est la plus sensible pour quantifier les sucres et les acides organiques présents dans le miel. Des bandes caractéristiques du saccharose, du glucose et du fructose sont observées dans cette région. La configuration des saccharides est étudiée dans la plage de 900-750  $\text{cm}^{-1}$ .

En revanche, le V2 a montré d'autres composants comme le silicium sont caractérisés par des liaisons silicium-oxygène-silicium (Si -O -Si). Et Les composés de soufre sont représentés par des liaisons soufre-soufre (S-S). « Enfin, d'autres composés azotés sont présents, tels que les liaisons carbone-azote double (C=N). Ils contribuent à la diversité des groupes fonctionnels identifiés dans l'échantillon de miel al sidr v2 et ce qui est différencié de ceux obtenus par **(Daniela Pauliuc et al ., 2021) ; et I. Kasprzyk a et al.,2018)** qui ont enregistré une bande d'absorption d'environ 1640  $\text{cm}^{-1}$ . L'apparition de bandes est due à la fois à l'eau et à une petite quantité de molécules protéiques dans Les échantillons de miel roumain, et les échantillons collectés dans différents districts du sud-est de la Pologne.

Les résultats des tests physico-chimiques pour les trois variétés de miel al sidr (V1, V2, V3) ont révélé des caractéristiques distinctes, mettant en évidence la diversité de chaque variété.

# **Conclusion**

L'oxydation est un processus chimique qui se produit lorsque des substances réagissent avec l'oxygène ou d'autres agents oxydants, entraînant des changements indésirables. Le miel, quant à lui, présente des propriétés antioxydantes grâce à sa composition riche en antioxydants naturels tels que les phénols totaux. Ces antioxydants aident à neutraliser les radicaux libres responsables de l'oxydation cellulaire et contribuent à prévenir les dommages causés par le stress oxydatif. De plus, la consommation régulière de miel peut avoir des effets bénéfiques sur la santé en réduisant le stress oxydatif dans l'organisme.

Nos travaux portent sur l'étude de la propriété physicochimique, phytochimique ainsi que l'évaluation de l'activité antioxydante du miel des trois variétés (Ghardaia, Jijel Sénégal) à intérêt Thérapeutique a été mené.

Les résultats de l'étude physico-chimique, en particulier l'analyse de l'humidité, ont révélé que la troisième variété de miel provenant du Sénégal présentait une teneur en humidité plus élevée, mesurée à 16,4%. Le pH, quant à lui, a montré des résultats presque similaires dans les trois variétés, à l'exception de la troisième variété qui a affiché un pH plus acide de 4,09 par rapport aux autres variétés. En ce qui concerne les résultats de l'acidité libre, nous avons observé des résultats identiques entre les variétés V2 et V3, tandis que la variété V1 de Ghardaïa a enregistré le niveau le plus élevé d'acidité libre, mesuré à 9,9 mg/kg. La variété V2 de Jijel a enregistré la conductivité la plus élevée, mesurée à 0,171 ms/cm. Les résultats des tests de Brix pour les trois variétés de miel révèlent des valeurs légèrement différentes. La variété V1 de Ghardaïa a affiché une teneur en Brix de 84,3, ce qui suggère une concentration plus élevée en sucres solubles dans cette variété particulière de miel. En ce qui concerne l'HMF (Hydroxyméthylfurfural) mesuré dans les trois échantillons, les résultats ont révélé que le miel de la variété V3 du Sénégal est le plus frais, avec une valeur de 12,449 mg/kg. Cette valeur indique une faible présence d'HMF dans le miel de la variété V3. Les résultats de l'analyse physico-chimique des trois variétés de miel révèlent des variations d'absorbance. La variété V3 du Sénégal présente la plus haute valeur d'absorbance mesurée, soit 0,983. Cette valeur élevée indique une plus grande capacité du miel de la variété V3 à absorber la lumière,

L'analyse phytochimique des trois échantillons, à savoir les variétés V1, V2 et V3, révèle une présence évidente de flavonoïdes, d'alcaloïdes, de terpènes, de tanins galliques et de tanins catéchiques.

En ce concerne les résultats des dosages des métabolites secondaires révèlent des variations significatives parmi les trois échantillons. La variété V3 se distingue en présentant les teneurs



les plus élevées dans plusieurs catégories. En ce qui concerne les polyphénols totaux, elle affiche une teneur de  $76,512 \pm 0,355$  (mg/EAG/ml). Les flavonoïdes totaux sont également les plus abondants dans la variété V3, avec une teneur de  $67,895 \pm 5,769$  (mg/EQ/100g). De plus, les tanins condensés sont principalement présents dans la variété V3, enregistrant une teneur élevée de  $35,517 \pm 4,998$  (mg/EC/100g). Enfin, la variété V3 se distingue également par sa teneur élevée en tanins hydrolysables, mesurée à  $48,246 \pm 1,509$  mg/EAT/100g.

Quant aux résultats, de l'activité antioxydante des trois échantillons de miel, ont révélé des différences entre eux. En ce qui concerne le test FRAPE, la variété V1 a affiché la valeur la plus élevée de  $34,567 \pm 16,166$   $\mu\text{mol}/100\text{g}$  parmi les trois variétés étudiées. Le dosage de l'activité antioxydante du DPPH a montré une inhibition du radical DPPH dans les trois variétés de miel. La variété V3 s'est démarquée en présentant une valeur de  $1,04 \pm 0,006$   $\mu\text{g}/\text{ml}$  IC50, indiquant une forte activité antioxydante. Lors de l'évaluation de l'activité antioxydante du miel à l'aide du test ABTS+, les trois variétés ont montré une inhibition du radical ABTS+. La variété V1 s'est distinguée en affichant une valeur d'inhibition de  $0,94 \pm 0,068$   $\mu\text{g}/\text{ml}$  IC50, indiquant une forte activité antioxydante.

Les trois variétés de miel, V1, V2 et V3, partagent plusieurs groupes fonctionnels communs. Elles présentent toutes les trois des groupes fonctionnels d'alcools, tels que R-CH<sub>2</sub>-OH, HO-R-OH et Ph-CHR-OH. De plus, elles contiennent des cétones avec des motifs C-(C=O)-C=C-OH, C-(C=O)-Ph- $\beta$ OH, R-(C=O)-C=C-NH<sub>2</sub> et C-(C=O)-Ph- $\beta$ NH<sub>2</sub>, ainsi que des naphthoquinones. Les amides (R-CO-NR<sub>2</sub>) et les guanidines (RNH-(C=NH)-NHR) sont également présents dans les trois variétés. En ce qui concerne les différences, la variété V2 se distingue par la présence de certains groupes fonctionnels additionnels, tels que des halogènes (C-F), des composés de phosphore (C P-O-P et C P-Cl), des composés de silicium (Si -O -Si), des composés de soufre (S-S) et d'autres composés azotés (C=N).

En conclusion, il est évident que le miel présente une activité antioxydante remarquable en raison de sa richesse en composés phénoliques.

Notre perspective de recherche vise à approfondir notre compréhension sur la capacité des composés présents dans le miel à neutraliser les radicaux libres responsables de l'oxydation cellulaire. Nous nous efforçons de fournir des données scientifiques pour mieux appréhender le rôle du miel dans la protection contre l'oxydation et pour explorer ses applications potentielles en tant qu'agent antioxydant naturel. En analysant les mécanismes d'action et les effets des composés phénoliques et d'autres métabolites présents dans le miel, nous espérons contribuer à

la promotion de l'utilisation du miel comme stratégie naturelle de lutte contre les dommages oxydatifs telle que l'isolement des composés actifs (des fractions) l'étude in vivo.

# **Références**

# **Bibliographique**

## A

- **Abderrahim, B. (2021).** Etude Phytochimique Et Activitésantioxydante Et Hépatoprotectrice Des Extraits De Thymus Pallidus.
- **Abdoul-Azize, S. (2016).** Potential Benefits Of Jujube (*Zizyphus Lotus* L.) Bioactive Compounds For Nutrition And Health. *Journal Of Nutrition And Metabolism*, 2016.
- **Achour, H. Y., & Khali, M. (2014).** Composition Physicochimique Des Miels Algériens. Détermination Des Eléments Traces Et Des Eléments Potentiellement Toxiques. *Afrique Science: Revue Internationale Des Sciences Et Technologie*, 10(2).
- **Adalina, Y., Mulyati, A. H., Oktasari, D., & Prayoga, P. (2024, March).** Physico-Chemical Properties Of Multifloral Honey Apis Dorsata And Monofloral Honey Of Bees Apis Mellifera. In *Iop Conference Series: Earth And Environmental Science* (Vol. 1315, No. 1, P. 012065). Iop Publishing.
- **Adeli, M., & Samavati, V. (2015).** Studies On The Steady Shear Flow Behavior And Chemical Properties Of Water-Soluble Polysaccharide From *Ziziphus Lotus* Fruit. *International Journal Of Biological Macromolecules*, 72, 580-587
- **Ahmad, R., Hussain, S., Anjum, M. A., Khalid, M. F., Saqib, M., Zakir, I., ... & Ahmad, S. (2019).** Oxidative Stress And Antioxidant Defense Mechanisms In Plants Under Salt Stress. *Plant Abiotic Stress Tolerance: Agronomic, Molecular And Biotechnological Approaches*, 191-205
- **Ahmed, S., Sulaiman, S. A., Baig, A. A., Ibrahim, M., Liaqat, S., Fatima, S., & Othman, N. H. (2018).** Honey As A Potential Natural Antioxidant Medicine: An Insight Into Its Molecular Mechanisms Of Action. *Oxidative Medicine And Cellular Longevity*, 2018.
- **Aidoud Rahima, B. I. (2019).** Dosage Par Hplc-Dad De L'épigallocatechine Gallate Dans Le Thé Et Evaluation De Son Activité Antioxydante.
- **Albu, A., Radu-Rusu, C. G., Pop, I. M., Frunza, G., & Nacu, G. (2021).** Quality Assessment Of Raw Honey Issued From Eastern Romania. *Agriculture*, 11(3), 247.
- **Aljabeili, H. S., Barakat, H., & Abdel-Rahman, H. A. (2018).** Chemical Composition, Antibacterial And Antioxidant Activities Of Thyme Essential Oil (*Thymus vulgaris*). *Food And Nutrition Sciences*, 09(05), 433-446. Antioxidant Capacities And Total Phenolic Contents Increase With Gamma Irradiation In Two Types Of Malaysian Honey. *Journal Molecules*, 16, 6378-6395
- **Araujo, R. F. F. De, Martins, D. B. G., & Borba, M. A. C. S. M. (2016).** Oxidative Stress And Disease. In J. A. Morales-Gonzalez, A. Morales-Gonzalez, & E. O.
- **Azam-Ali S., Bonkougou E., Bowe C., Dekock C., Godara A., Williams J.T., 2006.** Fruits For The Future 2: Ber And Other Jujubes. Ed. Southampton Centre For Underutilised Crops, U.K. 302 P
- **Azam-Ali, S. Bonkougou, E. Bowe, C. Dekock, C. Godara, A. & Williams, J.T. (2006):** Fruits For The Future 2: Ber And Other Jujubes. Ed. Southampton Centre For Underutilised Crops, U.K., 302 P

- **Azeredo L. D. C., Azeredo M. A. A., De Souza S. R. And Dutra V. M. L. (2003).** Protein Content And Physicochemical Properties In Honey Samples Of Apismellifera Of Different Floral Origins. *Food Chem.* 80: 249–254.

## B

- **Ba, K., Tine, E., Destain, J., Cisse, N., & Thonart, P. (2010).** Étude Comparative Des Composés Phénoliques, Du Pouvoir Antioxydant De Différentes Variétés De Sorgho Sénégalais Et Des Enzymes Amylolytiques De Leur Malt. *Biotechnologie, Agronomie, Société Et Environnement*, 14(1).
- **Baba Aissa F., 1999.** Les Plantes Médicinales En Algérie : Identification, Description, Principes Actifs, Propriétés Et Usage Traditionnel De Plantes Communes En Algérie. Ed. Le Monde Des Pharmaciens, Alger, 181p
- **BACHIR BEY, M., RICHARD, G., MEZIAN, L., FAUCONNIER, M. L., & LOUAILECHE, H. (2017).** Effects Of Sun- Drying On Physicochemical Characteristics, Phenolic Composition And In Vitro Antioxidant Activity Of Dark Fig Varieties. *Journal Of Food Processing And Preservation*, 41(5), E13164
- **BAHA, M. K., BOUAMOUCHE, H., BOUAMOUCHE, M., & BOUSSOUF, L. P. (2021).** Etude De L'effet Du Séchage Sur Les Caractéristiques Physico-Chimiques, Nutritionnelles Et L'activité Antioxydante De Quelques Variétés De Figues (*Ficus Carica L.*) (Doctoral Dissertation, Université De Jijel).
- **Bakchiche, B., Habati, M., Benmebarek, A., & Gherib, A. (2017).**
- **Bakchiche, B., Habati, M., Benmebarek, A., & Gherib, A. (2018).** Caractéristiques Physico-Chimiques, Concentrations Des Composés Phénoliques Et Pouvoir Antioxydant De Quatre Variétés De Miels Locales (Algérie). *Revue Marocaine Des Sciences Agronomiques Et Vétérinaires*, 6(1), 118-123.
- **Bammou M., Daoudi A., Slimani I., Najem M., Bouiamrine E., Ibjibjen, J, Nassiri L. (2015).** Valorisation Du Lentisque <<Pistacia Lentiscus L.>> : Etude Ethnobotanique, Screening Phytochimique Et Pouvoir Antibactérien. *Journal Of Applied Biosciences* 86 :7966- 7975.
- **Bamouh, A., Noufiri, H., Zeggaf, T., & Moutawakil, H. (2002).** Développement Et Application D'un Modèle De Simulation Du Bilan Hydrique (Agrosim) A La Prévision Des Rendements De La Fève Et Du Pois Chiche En Zone Semi-Aride Marocaine. In *Proceedings De La Conférence Internationale* (Pp. 638-665).
- **Battino, M., Giampieri, F., Cianciosi, D., Ansary, J., Chen, X., Zhang, D., & Forbes-Hernández, T. (2021).** The Roles Of Strawberry And Honey Phytochemicals On Human Health: A Possible Clue On The Molecular Mechanisms Involved In The Prevention Of Oxidative Stress And Inflammation. *Phytomedicine*, 86, 153170.
- **Belhaj, O., El Abbadi, I., & Ouchbani, T. (2016).** Contribution A L'étude De L'activité Antibactérienne Du Miel Naturel D'origine Marocaine. *Revue Marocaine Des Sciences Agronomiques Et Vétérinaires*, 4(3).
- **Benammar, C., Hichami, A., Yessoufou, A., Simonin, A. M., Belarbi, M., Allali, H., & Khan, N. A. (2010).** Zizyphus Lotus L. (Desf.) Modulates Antioxidant Activity And Human T-Cell Proliferation. *Bmc Complementary And Alternative Medicine*, 10(1), 1-9

- **Bennamar C., Hichami A., Yessoufon A., Simonin A.M., Allali M., Akhan N. (2010).** *Complementary & Alternative Medicine*, Vol.10, P.54
- **BENZIE I.F.F. ET STRAIN J.J. (1996)** The Ferric Reducing Ability Of Plasma As A Measure Of “Antioxidant Power” The FRAP Assay. *Analytical Biochemistry*. 239, 70–76.
- **Benzohra Ahlam, B. S. H. (2017).** *Analyses Physico-Chimiques Et Polliniques De Quelques Miels Produits Dans Différentes Régions.*
- **BHANDARY, S. K., BHAT, V. S., SHARMILA, K. P., & BEKAL, M. P. (2012).** Preliminary Phytochemical Screening Of Various Extracts Of Punica Granatum Peel, Whole Fruit And Seeds. *Journal Of Health And Allied Sciences NU*, 2(04), 34-38.
- **Bogdanov.S, Ruoff K And Persano-Oddo (2004).** *Physicochemical methods For The Characterization Of Unifloral honey: A Review.* *Apidologie*, 35: S4-S17,
- **BONNET J., 2001.** *Larousse Des Arbres - Dictionnaire Des Arbres Et Des Arbustes.* P 512
- **Bonte, F., & Desmouliere, A. (2013).** Le Miel : Origine Et Composition. *Actualités Pharmaceutiques*, 52(531), 18-21.
- **Bonte, F., & Desmouliere, A. (2013).** Le Miel : Origine Et Composition. *Actualités Pharmaceutiques*, 52(531), 18-21.
- **Bonte, F., & Desmouliere, A. (2013).** Le Miel : Origine Et Composition. *Actualités Pharmaceutiques*, 52(531), 18-21.
- **Borgi W Et Chouchane N. (2006).** *Activité Anti-Inflammatoire Des Saponosides Des Ecorces De Racines De Zizyphus Lotus (L.).* *Revue Des Régions Arides* ,283-286.
- **Borgi W., Chouchane N., 2009.** *Anti-Spasmodic Effects Of Zizyphus Lotus (L.) Desf. Extracts On Isolated Rat Duodenum.* *Journal Of Ethnopharmacology*, 126 : 571–573
- **Borgi W., Ghedira K., Chouchane N. (2007).** *Antiinflammatory And Analgesic Activities Of Zizyphus Lotus Root Barks.* *Fitoterapia*.78 :16-19
- **Borgi W., Recio M-C., Rios J-L., Chouchane N. (2008).** *Anti-Inflammatory And Analgesic activities Of Flavonoid And Saponin Fractions From Zizyphus Lotus (L.) Lam.* *South African Journal Of Botany*, 14:320-324
- **Bouhadjra, K. (2011).** *Etude De L'effet Des Antioxydants Naturels Et De Synthèse Sur La Stabilité Oxydative De L'huile D'olive Vierge (Doctoral Dissertation, Ummto).*
- **Bouhadjra, K. (2011).** *Etude De L'effet Des Antioxydants Naturels Et De Synthèse Sur La Stabilité Oxydative De L'huile D'olive Vierge (Doctoral Dissertation, Ummto).*
- **Bouhlalieimadedine Tariq, Mohamed Bannou, Khalid Sellam, Adil El Midaoui, Bouchra Bourkis, Jamel Ennassir (2019).** *Physico-Chemical properties Of Eleven monofloral honey samples produced In Morocco.* Page 476-487.
- **Bouyahya A., Abrini, J., Et-Touys A., Lagrouh, F., Dakka N., Bakri Y. 2017.** *Analyse Phytochimique Et Evaluation De L'activité Antioxydante Des Echantillons Du Miel Marocain.* *Laboratoire De Biochimie-Immunologie, Département De Biologie, Faculté Des Sciences, Université Mohammed-V, Rabat, Maroc* E-Mail : Boyahyaa-90@Hotmail.F
- **BOUZELAK, S., MERAZKA, S., BETTACHE, N., & RECHRECHE, H. E. (2013).** *Etude Phytochimique Et Evaluation De L'activité Antiulcérogénique De L'extrait Brut*

Aqueux Des Racines De La Plante *Urtica Pilulifera* L. Chez Le Rat (Doctoral Dissertation, Université De Jijel).

- **BOUZIANE, L., & MELIANI, K. (2017).** Synthèse Et Caractérisation Structurale Des Hydrotalcites Appliqués A La Réaction De Knoevenagel (Doctoral Dissertation, UMMTO).
- **Brudzynski, K. (2020).** A Current Perspective On Hydrogen Peroxide Production In Honey. A Review. *Food Chemistry*, 332, 127229.
- **BRUNETON J., 1999.** - « Pharmacognosie Et Phytochimie » Plantes Médicinales. 3ème Ed Tec & Doc. Paris, Pp : 101-120.
- **Bunaciu, A. A., & Aboul-Enein, H. Y. (2022).** Honey Discrimination Using Fourier Transform-Infrared Spectroscopy. *Chemistry*, 4(3), 848-854.

## C

- **Can, Z., Yildiz, O., Sahin, H., Turumtay, E. A., Silici, S., & Kolayli, S. (2015).** An Investigation Of Turkish Honeys: Their Physico-Chemical Properties, Antioxidant Capacities And Phenolic Profiles. *Food Chemistry*, 180, 133-141. Caractéristiques Physico-Chimiques, Concentrations Des Composés Phénoliques Et Pouvoir Antioxydant De Quatre Variétés De Miels Locales (Algérie). *Revue Marocaine Des Sciences Agronomiques Et Vétérinaires*, 6(1), 118-123.
- **Castillo Martínez, T., García Osorio, C., García Muñoz, J. G., Aguilar Ávila, J., & Ramírez Valverde, R. (2022).** Sugars And° Brix In Honey From *Apis Mellifera*, *Melipona Beecheii*, And Commercial Honey From A Local Market In Mexico. *Veterinaria México* Oa, 9.
- **Castro R.N., Regina L.P.L., D'Oliveira L.S., Aurea E., 2012.** Antioxidant Activity and Phenolic Composition of Brazilian Honeys and their Extracts. *Journal of the Brazilian Chemical Society* 23(4) : 618-627
- **Cherbuliez T., Domerego R., 2003.** L'apithérapie, Médecine Des Abeilles, Bruxelles, Editions Amyris Sprl, 255 P
- **Chin, N. L., & Sowndhararajan, K. (2020).** A Review On Analytical Methods For Honey Classification, Identification And Authentication. *Honey Analysis-New Advances And Challenges*, 1.
- **Chouaibi, M., Mahfoudhi, N., Rezig, L., Donsi, F., Ferrari, G., & Hamdi, S. (2011).** Nutritional Composition Of *Zizyphus Lotus* L. Seeds. *Journal Of The Science Of Food And Agriculture*, 92(6), 1171-1177.
- **Cianciosi, D., Forbes-Hernández, T. Y., Afrin, S., Gasparri, M., Reboredo-Rodriguez, P., Manna, P. P., & Battino, M. (2018).** Phenolic Compounds In Honey And Their Associated Health Benefits: A Review. *Molecules*, 23(9), 2322.
- **Codex Alimentarius Commission (2001).** Codex Standard 12, Revises Codex Standard For Honey, P : 1-7
- **Collin, S., & Crouzet, J. (2011).** Polyphénols Et Procédés : Transformation Des Polyphénols Au Travers Des Procédés Appliqués A L'agro-Alimentaire. Lavoisier.
- **Cornara, L., Biagi, M., Xiao, J., & Burlando, B. (2017).** Therapeutic Properties Of Bioactive Compounds From Different Honeybee Products. *Frontiers In Pharmacology*, 8, 261216.

## D

- **Dangles, O. (2020).** Le Potentiel Antioxydant Des Aliments : Mythes Et Réalités. Cahiers De Nutrition Et De Diététique, 55(4), 176-183.
- **Daniela Pauliuc, D., Ciursă, P., Ropciuc, S., Dranca, F., & Oroian, M. (2021).** Physicochemical parameters prediction and authentication of different monofloral honeys based on FTIR spectra. Journal of Food Composition and Analysis, 102, 104021.
- **Das, K., & Roychoudhury, A. (2014).** Reactive Oxygen Species (Ros) And Response Of Antioxidants As Ros-Scavengers During Environmental Stress In Plants. Frontiers In Environmental Science, 2, 53.  
Defense In Plants Under Abiotic Stress: Revisiting The Crucial Role Of A Universal Defense Regulator. Antioxidants, 9(8), 681.
- **Deghima, A., Righi, N., Rosales-Conrado, N., Eugenia Leon-Gonzalez, M., Baali, F., Gomez-Mejia, E., Madrid, Y., & Bedjou, F. (2022).** Phenolic Profile, Safety, Antioxidant And Anti-Inflammatory Activities Of Wasted Buniumferulaceum Sm. Aerial Parts. Food Research International, 160, 111714.
- **DEGHIMA, A., RIGHI, N., ROSALES-CONRADO, N., LEON-GONZALEZ, M. E., BAALI, F., GOMEZ-MEJIA, E., ... & BEDJOU, F. (2022).** Phenolic Profile, Safety, Antioxidant And Anti-Inflammatory Activities Of Wasted Bunium Ferulaceum Sm. Aerial Parts. Food Research International, 160, 111714.
- **Deghima, A., Righi, N., Rosales-Conrado, N., Leon-Gonzalez, M. E., Baali, F., Gomez-Mejia, E., ... & Bedjou, F. (2021).** Anti-Inflammatory Activity Of Ethyl Acetate And N-Butanol Extracts From Ranunculus Macrophyllus Desf. And Their Phenolic Profile. Journal Of Ethnopharmacology, 265, 113347.
- **Dele, O. S. (2017).** Preliminary Investigation On The Phytochemical Constituents Of Honey Samples From Ado-Ekiti, Ekiti State, Nigeria. Agricultural And Food Science Journal Of Ghana, 10(1), 787-794.
- **Desmier, D., Guidez, S., Leleu, X., & Cayssials, É. (2016).** Mise En Evidence D'une Corrélacion Entre La Richesse D'un Greffon En Lymphocytes Inkt Et La Survie Sans Progression Et Sans Effet Du Greffon Contre L'hôte Après Allogreffe De Cellules Souches Périphériques. Hématologie, 22(3), 183-184.
- **Diafat A.E.O., Benouadah A., Bahloul A., Meribai A., Mekhalfi H., Bouaziz F., Techache D., Laabachi H., Arrar L., 2017.** «Physicochemical Properties And Pollen Analyzes Of Some Algerian Honeys ». International Food Research Journal 24(4): 1453- 1459.
- **Diallo, A. (2005).** Etude De La Phytochimie Et Des Activités Biologiques De Syzygium Guineense Willd.(Myrtaceae). Phd. Of The University Bamako, Mali, 38-47.
- **Dimitriosstagos Soulitsiotis, N., Tsadila, C., Papaconomou, S., Arvanitis, C., Ntontos, A., ... & Mossialos, D. (2018).** Antibacterial and antioxidant activity of different types of honey derived from Mount Olympus in Greece. International journal of molecular medicine, 42(2), 726-734.
- **Dobrinas, S., Soceanu, A., Birghila, S., Birghila, C., Matei, N., Popescu, V., & Constanda, L. M. (2022).** Chemical Analysis And Quality Assessment Of Honey Obtained From Different Sources. Processes, 10(12), 2554.



- **Doukani, K., Tabak, S., Derriche, A., & Hacini, Z. (2014).** Étude Physico-Chimique Et Phyto-Chimique De Quelques Types De Miels Algériens. *Revue Ecologie-Environnement*, 10, 37-49.
- **Duh, P. D. (1998).** Antioxidant Activity Of Burdock (*Arctium Lappa* Linne): Its Scavenging Effect On Free- Radical And Active Oxygen. *Journal Of The American Oil Chemists' Society*, 75(4), 455-461.
- **Dupont, F., & Guignard, J. L. (2012).** *Abrégés De Pharmacie. Botanique, Les Familles De Plantes.* Ed. Elsevier Masson (15e Ed), Paris.

## E

- **El Maaiden, E., El Kharrassi, Y., Moustaid, K., Essamadi, A. K., & Nasser, B. (2019).** Comparative Study Of Phytochemical Profile Between *Ziziphus Spina Christi* And *Ziziphus Lotus* From Morocco. *Journal Of Food Measurement And Characterization*, 13(1), 121-130
- **El Sohaimy, S. A., Masry, S. H. D., & Shehata, M. G. (2015).** Physicochemical Characteristics Of Honey From Different Origins. *Annals Of Agricultural Sciences*, 60(2), 279-287.
- **Elaloui, M., Hamdi, S. H., Ghazghazi, H., Nasr, R. B., Bouslih, E., Ammari, Y., ... & Laamouri, A. (2020).** Characterization Of Epicatechin Contents In The *Ziziphus Spina-Christi* L. Root Extracts Using Lc-Ms Analyses And Their Insecticidal Potential. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing With All Aspects Of Plant Biology*, 1-6.
- **Elamine, Y., Aazza, S., Lyoussi, B., Dulce Antunes, M., Estevinho, L. M., Anjos, O., ... & Miguel, M. G. (2018).** Preliminary Characterization Of A Moroccan Honey With A Predominance Of *Bupleurum Spinosum* Pollen. *Journal Of Apicultural Research*, 57(1), 153-165.
- **Engwa, G. A. (2018).** Free Radicals And The Role Of Plant Phytochemicals As Antioxidants Against Oxidative Stress-Related Diseases. *Phytochemicals: Source Of Antioxidants And Role In Disease Prevention. Bod-Books On Demand*, 7, 49-74.
- **ESTEVINHO L and LEANDRO M., LUIS G., JOSE A.P.D . (2008).** Antioxydant properties, total phenol and pollen analysis of propolis samples from Portugal. *Food and chemical toxicology*, 46, 3482-3485
- **Etzold, E., & Lichtenberg-Kraag, B. (2008).** Determination of the botanical origin of honey by Fourier-transformed infrared spectroscopy: an approach for routine analysis. *European Food Research and Technology*, 227, 579-586.

## F

- **F. A. (2009).** Removal Of Cooh, Cd And Pb Using Water Hyacinth: Ftir And Flame Atomic Absorption Study. *Journal Of The Iranian Chemical Society*, 6, 364-372.
- **Fave-Bonnet, M. F., & Clerc, N. (2001).** Des «Héritiers» Aux «Nouveaux» Etudiants : 35 Ans De Recherches. *Revue Française De Pédagogie*, 9-19.
- **Favier, A. (2003).** Le stress oxydant. *L'actualité chimique*, 108(10), 863-832.

## G

- **Gasparrini, M., Afrin, S., Forbes-Hernandez, T. Y., Cianciosi, D., Reboredo-Rodriguez, P., Amici, A., ... & Giampieri, F. (2018).** Protective Effects Of Manuka Honey On Lps-Treated Raw 264.7 Macrophages. Part 2: Control Of Oxidative Stress Induced Damage, Increase Of Antioxidant Enzyme Activities And Attenuation Of Inflammation. *Food And Chemical Toxicology*, 120, 578-587.
- **Gethin G T, Cowman S, 2008.** Bacteriological Changes In Sloughy Venous Leg Ulcers Treated With Manuka Honey Or Hydrogel: An Rct, *J Wound. Care*, 17(6), 241-4, 246-7
- **Ghazghazi, H., Aouadhi, C., Riahi, L., Maaroufi, A., & Hasnaoui, B. (2014).** Fattyacids Composition Of Tunisian Ziziphus Lotus L.(Desf.) Fruits And Variation In Biological Activities Between Leaf.
- **Ghedira, K. (2013).** Zizyphus Lotus (L.) Desf. (Rhamnaceae): Jujubier Sauvage. *Phytothérapie*, 11, 149-153.
- **Ghedira, K. (2013).** Zizyphus Lotus (L.) Desf. (Rhamnaceae): Jujubier Sauvage. *Phytothérapie*, 11, 149-153
- **Ghedira, K. (2013).** Zizyphus Lotus (L.) Desf.(Rhamnaceae): Jujubier Sauvage. *Phytothérapie*, 11(3), 149-153.
- **Gheldolf N, Wang X.H, Engeseth N.J, 2003.** Buckwheat Honey Increases Serum Antioxidant Capacity In Humans. *J Agric Food Chem*
- **Gokhanzengin, Mehmet Yavuzpaksoy, Muhammad Zakariyyah, Jasminaglamocilja. 2019.** New Insights Into The Chemical Profiling, Cytotoxicity And Bioactivity Of Four Bunium Species.
- **Gómez-Caravaca, A. M., Gómez-Romero, M., Arráez-Román, D., Segura-Carretero, A., & Fernández-Gutiérrez, A. (2006).** Advances In The Analysis Of Phenolic Compounds In Products Derived From Bees. *Journal Of Pharmaceutical And Biomedical Analysis*, 41(4), 1220-1234.
- **Gonnet M. (1993):** « Les Principaux Critères De La Qualité D'un Miel ». *Revue Française D'apic* N° 30 Pp 269-271
- **Granier, A., Biron, P., & Lemoine, D. (2000).** Water Balance, Transpiration And Canopy Conductance In Two Beech Stands. *Agricultural And Forest Meteorology*, 100(4), 291-308.
- **Guemmaz, T., Zerargui, F., Boumerfeg, S., Arrar, L., Aouachria, S., Khennouf, S., & Baghiani, A. (2018).** Anti-Hemolytic, Anti-Lipid Peroxidation, Antioxidant Properties And Acute Toxicity Of Xanthium Strumarium Leaves Extracts. *Annual Research & Review In Biology*, 24(3), 1-12.
- **Guidoum, D., & Salah, C. (2023).** Étude Phytochimique Et Evaluation In-Vitro De L'activité Biologique Des Extraits De Ziziphus Lotus (Doctoral Dissertation, Université Ibn Khaldoun).
- **Guillon, N. (1996).** Etude De L'activité Antibactérienne Du Miel (Doctoral Dissertation).

## H

- **Hallouz, M. F. Z., & Mamoun, N. O. (2020).** Etude Physicochimique Et Evaluation Des Activités Biologiques Des Miels De Jujubier
- **Hameister, R., Kaur, C., Dheen, S. T., Lohmann, C. H., & Singh, G. (2020).** Reactive Oxygen/Nitrogen Species (Ros/Rns) And Oxidative Stress In Arthroplasty. *Journal Of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*, 108(5), 2073- 2087.
- **Hammi, K. M. A. Jdey, C. Abdelly, H. Majdoub, And R. Ksouri. (2015).** “Optimization Of Ultrasound-Assisted Extraction Of Antioxidant Compounds Fromtunisian Zizyphus Lotus Fruits Usingresponse Surface Methodology,” *Food Chemistry*, Vol. 184, Pp. 80–89.
- **Han X.H., Hong S.S., Hwang J.S., Lee M.K., Hwang B.Y., Ro J.S.Monoamine**
- **Hasan, A., Falkai, P., Wobrock, T., Lieberman, J., Glenthøj, B., Gattaz, W. F., ... & WFSBP Task Force on Treatment Guidelines for Schizophrenia. (2012).** World Federation of Societies of Biological Psychiatry (WFSBP) Guidelines for Biological Treatment of Schizophrenia, part 1: update 2012 on the acute treatment of schizophrenia and the management of treatment resistance. *The World Journal of Biological Psychiatry*, 13(5), 318-378.
- **Hasanuzzaman, M., Bhuyan, M. B., Zulfiqar, F., Raza, A., Mohsin, S. M., Mahmud, J. A& Fotopoulos, V. (2020).** Reactive Oxygen Species And Antioxidant
- **Hegazi, A. G., Al Guthami, F. M., Ramadan, M. F., Al Gethami, A. F., Craig, A. M., & Serrano, S. (2022).** Characterization Of Sidr (Zizyphus Spp.) Honey From Different Geographical Origins. *Applied Sciences*, 12(18), 9295.
- **Homrani Mounia (2020).** Caractérisation Physico-Chimique, Spectre Pollinique Et Propriétés Biologiques De Miels Algériens Crus De Différentes Origines Florales. Thèse De Doctorat En Production Et Biotechnologie Animales. Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem.
- **Homrani, M., Escuredo, O., Rodriguez-Flores, M. S., Fatiha, D., Mohammed, B., Homrani, A., & Seijo, M. C. (2020).** Botanical Origin, Pollen Profile, And Physicochemical Properties Of Algerian Honey From Different Bioclimatic Areas. *Foods*, 9(7), 938.
- **houaibi, M., Mahfoudhi, N., Rezig, L., Donsi, F., Ferrari, G., &Hamdi, S. (2012).** Nutritional Composition Of Zizyphus Lotus L. Seeds. *Journal Of The Science Of Food And Agriculture*, 92(6),
- **Hoyet C., 2005-** Miel : De La Source A La Thérapeutique [Thèse]. Nancy : Université Henry Poincaré Nancy I
- **Ibrahim Khalil Md., Moniruzzaman M., Boukraa L., Benhanifia M., Asiful Islam Md., Nazmul Islam Md., Sulaiman S.A. And Hua Gan S., 2012 -** Physicochemical And Antioxidant Properties Of Algerian Honey. *Journal Molecules*, 17, 11199-11215.
- **Ibrahim, M., Shaltout, A. A., Atta, D. E., Jalbout, A. F., & Soylak, M. U. S. T. A.**

## J

- **Jomova, K., Jenisova, Z., Feszterova, M., Baros, S., Liska, J., Hudcova, D., ... & Valko, M. (2011).** Arsenic: Toxicity, Oxidative Stress And Human Disease. *Journal Of Applied Toxicology*, 31(2), 95-107.

## K

- **K. BA, E. TINE, J. DESTAIN, N. CISSE ET P. THONART. (2010).** Étude Comparative Des Composés Phénoliques, Du Pouvoir Antioxydant De Différentes Variétés De Sorgho Sénégalais Et Des Enzymes Amylolytiques De Leur Malt. *Biotechnol. Agro. Soc. Environ.* Vol. 14. Pp. 131-139.
- **Kasprzyk, I., Depciuch, J., Grabek-Lejko, D., & Parlinska-Wojtan, M. (2018).** Ftir- Atr Spectroscopy Of Pollen And Honey As A Tool For Unifloral Honey Authentication. The Case Study Of Rape Honey. *Food Control*, 84, 33-40.
- **Khaliquir Rahman, K. R., Arshad Hussain, A. H., Shafqat Ullah, S. U., & Zai, I. U. M. (2013).** Phytochemical Analysis And Chemical Composition Of Different Branded And Unbranded Honey Samples.
- **Kheira, P. Z., Chlef, M. C. B. U., Saadia, E. M., & Oran, M. U.** Contribution A L'étude De L'effet Antidiabétique Du Miel Saharien Et Du Pollen Etude In Vivo Chez Le Rat «Wistar».
- **Kasprzyk, , Depciuch, J., Grabek-Lejko, D., & Parlinska-Wojtan, M. (2018).** FTIR-ATR spectroscopy of pollen and honey as a tool for unifloral honey authentication. The case study of rape honey. *Food Control*, 84, 33-40.

## L

- **Lachman, J., Orsak, M., Hejtmankova, A., & Kovarova, E. (2010).** Evaluation Of Antioxidant Activity And Total Phenolics Of Selected Czech Honeys. *Lwt-Food Science And Technology*, 43(1), 52-58.
- **Lakermi Hiba (2018).** Propriétés Physico-Chimiques De Quelques Échantillons De Miels Produits Dans La Région De Tlemcen. Mémoire Master Chimie Des Produits Naturels Universitéabou-Bekrbelkaid - Tlemcen|
- **Laouedj, A. (2018).** Apport De L'essai Spt Au Dimensionnement Des Pieux Isolés Sous Charge Latérale Monotone-Analyse Expérimentale Et Numérique Des Courbes De Rdaction Py (Doctoral Dissertation, Université De Tizi Ouzou-Mouloud Mammeri).
- **Luiza, D.S.; Juliana, P.L.M.S.; Fernanda, B.S.; Maria Cristina, A.L.; Rosane, N.C.** Characterization Of Multifloral Honeys With Multivariate Analysis Of Their Chemical Profile And Antioxidant Activity. *Journal Of Food Science* 2012, 77(1), C135–C140.

## M

- **Makhloufi C. Kerk Vliet D, Ricciard Dalboro G, Choukri, Samar R (2001)** Characterization Of Algerian Poneys By Palynological And Physico-Chemical Methodes .*Apidologie* .41 :509 -521

- **Martemucci, G., Costagliola, C., Mariano, M., D'andrea, L., Napolitano, P., & D'alessandro, A. G. (2022).** Free Radical Properties, Source And Targets, Antioxidant Consumption And Health. *Oxygen*, 2(2), 48-78.
- **Matwijczuk, A., Budziak-Wieczorek, I., Czernel, G., Karcz, D., Baranska, A., Jedlinska, A., & Samborska, K. (2022).** Classification Of Honey Powder Composition By Ftir Spectroscopy Coupled With Chemometric Analysis. *Molecules*, 27(12), 3800.
- **Mehdi, H., Khaldi Randa, K. R., & Khouloud, Z. (2022).** Etude De Qaulité De Jus D'orange Commercial (Rouiba/Tchina).
- **Meinen, N., Camilleri, L., & Attard, E. (2014).** The Antioxidant Activity Of Maltese Honey.
- **Migdal, C., & Serres, M. (2011).** Reactive Oxygen Species And Oxidative Stress. *Medecine Sciences : M/S*, 27(4), 405-412. Mira - Béjaïa.
- **Mishra, Y. Et Al. (2022)** "Application Of Nanotechnology To Herbal Antioxidants As Improved Phytomedicine: An Expanding Horizon," *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 153, P. 113413.
- **Mohammed Zine, S. A. A. D. I., & Oualid, F. E. T. H. A. L. L. A. H. (2018).** Etude De L'effet De La Durée Et De La Température D'entreposage Sur La Qualité Du Miel Dans La Région De Tébessa (Doctoral Dissertation, Université Laarbi Tebessi Tébessa).
- **Monika, K. M., Arkadiusz, M., Mariusz, F., Joanna, B., Anna, W., Alicja, M., ... & Bożena, G. (2018).** Application Of Ftir Spectroscopy For Analysis Of The Quality Of Honey.
- **Monika, K. M., Arkadiusz, M., Mariusz, F., Joanna, B., Anna, W., Alicja, M., ... & Bożena, G. (2018).** Application Of Ftir Spectroscopy For Analysis Of The Quality Of Honey.
- **Mothana, R. A. (2011).** Anti-Inflammatory, Antinociceptive And Antioxidant Activities Of The Endemic *Soqotraenboswelliaelongatabalf. F.* And *Jatropha Unicostatabalf. F.* In Different Experimental Models. *Food And Chemical Toxicology*, 49(10), 2594-2599
- **Moussa, M. T. B., Cherif, R. A., Lekhal, S., Bounab, A., & HadeF, Y. (2022).** Dosage Des Composés Phénoliques Et Détermination De L'activité Antioxydante Des Extraits Méthanoliques De *Brocchia Cinerea* Vis De L'algérie (Sud-Est).,4p,4p.30. Page : 07-13. 2007

## N

- **Naima, A. M. A. R. I., Amel, A. H., & Soumia, A. S. S. A. M. (2021).** Étude Des Propriétés Physico-Chimiques, Antioxydantes Et Antibactériennes Du Miel De Jujubier (Doctoral Dissertation, Faculté Sciences De La Nature Et De La Vie).
- **Nair S. (2014).** Identification Des Plantes Mellifères Et Analyses Physicochimiques Des Miels Algériens. Thèse De Doctorat En Biologie. Université D'oran.202.
- **Neha, K., Haider, M. R., Pathak, A., & Yar, M. S. (2019).** Medicinal Prospects Of Antioxidants: A Review. *European Journal Of Medicinal Chemistry*, 178, 687-704.
- **Noichri, Y. (2016).** Stress Oxydant Et Infarctus Du Myocarde (Doctoral Dissertation, Université Paris-Saclay (Comue)).

- **Nora, A., Wilapangga, A., & Novianti, T. (2018).** Antioxidant Activity, Antibacterial Activity, Water Content, And Ash Content In Baduy Honey. *Bioscience*, 2(1), 38-44.

### O

- **Olas, B. (2020).** Honey And Its Phenolic Compounds As An Effective Natural Medicine For Cardiovascular Diseases In Humans? *Nutrients*, 12(2), 283.
- **Otmani I., Abdenmour C., Dridi A., Kahalerras L., Halima-Salem A., 2019.** Characteristics Of The Bitter And Sweet Honey From Algeria Mediterranean Coast. *Veterinary World*, 12(4): 551-557.
- **Ouchemoukh S., Amessis-Ouchemoukh N., Gomez-Romero M., Aboud F., Guiseppe A., Fernandez-Gutierrez A., Segura Carretero A., Louaileche H. (2016).** Characterisation Of Phenolic Compounds In Algerian Honeys By Rp-Hplc Coupled To Electrospray Time-Of-Flight Mass Spectrometry. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie Food Science And Technology*.S0023-6438(16)30774-5doi: 10.1016.
- **Ouchemoukh, S., Louaileche, H., & Schweitzer, P. (2007).** Physicochemical Characteristics And Pollen Spectrum Of Some Algerian Honeys. *Food Control*, 18(1), 52- 58.Oxidase Inhibitory Components From Cayratia Japonica. *Archives Pharmacal Research*.
- **Oyaizu M. (1986).** Studies On Products Of Browning Reaction Prepared From Glucose Amine, *Japanese Journal Of Nutrition*. 44, 307-315. P379 - 381.
- **Ozcan, A., & Ogun, M. (2015).** Biochemistry Of Reactive Oxygen And Nitrogen Species. *Basic Principles And Clinical Significance Of Oxidative Stress*, 3, 37-58.

### P

- **Panche, A. N., Diwan, A. D., & Chandra, S. R. (2016).** Flavonoids: An Overview.*Journal Of Nutritional Science*, 5, E47, 15(1)
- **Pauliuc, D., Ciursa, P., Ropciuc, S., Dranca, F., & Oroian, M. (2021).** Physicochemical Parameters Prediction And Authentication Of Different Monofloral Honeys Based On Ftir Spectra. *Journal Of Food Composition And Analysis*, 102, 104021.
- **Pita-Calvo, C., & Vazquez, M. (2017).** Differences Between Honeydew And Blossom Honeys: A Review. *Trends In Food Science & Technology*, 59, 79-87.
- **Pizzino, G., Irrera, N., Cucinotta, M., Pallio, G., Mannino, F., Arcoraci, V., ... & Bitto, A. (2017).** Oxidative Stress: Harms And Benefits For Human Health. *Oxidative Medicine And Cellular Longevity*, 2017.
- **Price M.L., Van Scoyoc S. & Butler L.G., 1978.** A Critical Evaluation Of The Vanillin Reaction As An Assay For Tannin In Sorghum Grain. *J. Agric. Food Chem.*, 26, 1214-1218

### Q

- **Quezel P., Santa S., 1962.** Nouvelle Flore De L'algérie Et Des Régions Désertiques Méridionales. Tome I. Ed. Centre National De La Recherche. Paris, France. 565p

**R**

- **Rahal A., Kumar A., Singh V., Yadav B., Tiwari R., Chakraborty S., Dhama K. (2014).** Oxidative Stress, Prooxidants, And Antioxidants: The Interplay. Biomed Research International. Doi : /10.1155/2014/761264.
- **Rashwan, A.K., Naymul, K., Shishir, M. R. I., Bao, T., Lu, Y., & Chen, W. (2020).** Jujube fruit: A potential nutritious fruit for the development of functional food products. Journal of Functional Foods, 75, 104205
- **Reguig Amel (2019).** Caractérisation Pollinique Et Physicochimique De Deux Catégories De Miel: Miel D'importation Et Miel Locaux. Mémoire Master Production Et Nutrition Animale.
- **Roopalatha Uc Et Mala V (2013).** Phytochemical Analysis Of Successive Reextracts Of The Leaves Of Moringa Oleifera Lam. Int J Pharm Pharmaceut Sci. 5(3): 629-634.
- **Roopalatha, U. C., & Nair, V. M. (2013).** The Phytochemical Screening Of The Pericarp Of Fruits Of Terminalia Chebula Retz.
- **Roopalatha, U. C., & Nair, V. M. (2013).** The Phytochemical Screening Of The Pericarp Of Fruits Of Terminalia Chebula Retz.
- **Rsaissi N Et Bouhache M. (2002).** La Lutte Chimique Contre Le Jujubier .Programme National De Transfert De Technologie En Agriculture (Pntta), Derd (Ed).N0 94.Rabat
- **Rsaissi N Et Bouhache M. (2002).** La Lutte Chimique Contre Le Jujubier .Programme National De Transfert De Technologie En Agriculture (Pntta), Derd (Ed).N0 94.Rabat

**S**

- **Saadoudi, M. (2008).** Etude De La Fraction Glucidique Des Fruits De : Celtis Australis L., Crataegus Azarolus L., Crataegus Monogyna Jacq., Elaeagnus Angustifolia L. Et Zizyphus Lotus L (Doctoral Dissertation, Université De Batna 1-Hadj Lakhder).
- **Saba Z.H., Yusoff K.M., Makpol S. And Yusoff M.A. Y., 2011-**
- **Saeed, M. A., & Jayashankar, M. (2020).** Physico-Chemical Characteristics Of Some Indian And Yemeni Honey. Journal Of Bioenergy And Food Science, 7(2), 2832019.
- **Samarghandian, S., Farkhondeh, T., & Samini, F. (2017).** Honey And Health: A Review Of Recent Clinical Research. Pharmacognosy Research, 9(2), 121.
- **Sanz, M. L., Gonzalez, M., De Lorenzo, C., Sanz, J., & Martinez-Castro, I. (2005).** A contribution to the differentiation between nectar honey and honeydew honey. Food chemistry, 91(2), 313-317.
- **Scalbert, A., Johnson, I. T., & Saltmarsh, M. (2005).** Polyphenols: Antioxidants And Beyond. The American Journal Of Clinical Nutrition, 81(1), 215s-217s.
- **Seifu D., Assefa F., Abay S. M., (2012).** Medicinal Plants As Antioxidant Agents: Understanding Their Mechanism Of Action And Therapeutic Efficacy, Research Signpost, 97- 145
- **Shahidi F., Naczki M., (2004).** Phenolics In Food And Nutraceuticals, Crc Press Llc. P: 397-438.
- **Sharifi-Rad, M., Anil Kumar, N. V., Varoni, E. M., Dini, L., Panzarini, E., Rajkovic, J., ... & Sharifi-Rad, J. (2020).** Lifestyle, Oxidative Stress, And

Antioxidants: Back And Forth In The Pathophysiology Of Chronic Diseases. *Frontiers In Physiology*, 11, 552535.

- **Sherlock, O., Dolan, A., Athman, R., Power, A., Gethin, G., Cowman, S., & Humphreys, H. (2010).** Comparison Of The Antimicrobial Activity Of Ulmo Honey From Chile And Manuka Honey Against Methicillin-Resistant *Staphylococcus Aureus*, *Escherichia Coli* And *Pseudomonas Aeruginosa*. *Bmc Complementary And Alternative Medicine*, 10, 1-5.
- **Siad B., 2015.** Etude Des Activités Antioxydantes Et Antibactériennes De Certains Miels De La Région De Tizi Ouzou. Mém De Master En Biotechnologie Microbienne. Université
- **Sies, H. (2020).** Oxidative Stress: Concept And Some Practical Aspects. *Antioxidants*, 9(9), 852.
- **Sies, H., Berndt, C., & Jones, D. P. (2017).** Oxidative Stress. *Annual Review Of Biochemistry*, 86, 715-748.
- **Sun, L. P., Shi, F. F., Zhang, W. W., Zhang, Z. H., & Wang, K. (2020).** Antioxidant And Anti-Inflammatory Activities Of Safflower (*Carthamus Tinctorius L.*) Honey Extract. *Foods*, 9(8), 1039.
- **Sun, L. P., Shi, F. F., Zhang, W. W., Zhang, Z. H., & Wang, K. (2020).** Antioxidant And Anti-Inflammatory Activities Of Safflower (*Carthamus Tinctorius L.*) Honey Extract. *Foods*, 9(8), 1039.
- **Tafere, D. A. (2021).** Chemical Composition And Uses Of Honey: A Review. *Journal Of Food Science And Nutrition Research*, 4(3), 194-201.
- **Tardio J., Sánchez-Mata M.C., Morales R., Molina M., Garcia-Herrera P., Morales P., Diez-Marqués C., Fernández-Ruiz V., Cámara M., Pardo-de- Santayana M., Matallana-González M.C., Ruiz-Rodríguez B.M., Sánchez-Mata D., Torija-Isasa M.E, Guil-Guerrero J.L. and Boussalah N., 2016.** Chapter 13 Ethnobotanical and Food Composition Monographs of Selected Mediterranean Wild Edible Plants : Mediterranean Wild Edible Plants, M. de C. Sánchez-Mata, J. Tardio (eds.), Springer Science-Business Media New York, pp: 273 - 470|
- **Thorin-Trescases, N., Voghel, G., Farhat, N., Drouin, A., Gendron, M. È., & Thorin, É. (2010).** Âge Et Stress Oxydant-Vers Un Déséquilibre Irréversible De L'homéostasie Endothéliale. *Médecine/Sciences*, 26(10), 875-880. Université Mohamed Khider De Biskra

#### V

- **Valko, M., Leibfritz, D., Moncol, J., Cronin, M. T., Mazur, M., & Telser, J. (2007).** Free Radicals And Antioxidants In Normal Physiological Functions And Human Disease. *The International Journal Of Biochemistry & Cell Biology*, 39(1), 44-84.

#### W

- **Wang B., Huang Q., Venkitasamy C., Chai H., Gao H., Cheng N., Cao W., Lv X., Pan Z., 2016.** Changes In Phenolic Compounds And Their Antioxidant Capacities In Jujube (*Ziziphus Jujuba Miller*) During Three Edible Maturity Stages. *Lwt - Food Science And Technology*, 66 : 56 – 62.



- **Wen, L., Wang, Y., Zhou, Y., Ouyang, J. H., Guo, L., & Jia, D. (2010).** Corrosion Evaluation Of Microarc Oxidation Coatings Formed On 2024 Aluminium Alloy. *Corrosion Science*, 52(8), 2687-2696.
- **Wong S-P., Leong L-P., William Koh J-H. (2006).**Antioxidant Activities Of Extracts Of Selected Plants. *Food Chemistry*.99:775-783

### Y

- **Yahia, Y., Benabderrahim, M. A., Tlili, N., Bagues, M., & Nagaz, K. (2020).** Bioactive Compound, Antioxidant And Antimicrobial Activities Of Extracts From Different Plant Parts Of Two Ziziphus Mill. Species. *Plos One*, 15(5), E0232599.
- **Yelin, A., & Kuntadi, K. (2019, July).** Phytochemical Identification Of Honey From Several Regions In Java And Sumbawa. In *Aip Conference Proceedings* (Vol. 2120, No. 1). Aip Publishing.
- **Yolanda R.N., Manuel V.M., Juana F.L., Juan Manuel Z.C., Victor K., José Ángel P.Á., 2011** «Antioxidant Activity Of Artisanal Honey From Tabasco, Mexico. » *International Journal Of Food Properties*, Vol: 14:2, P. 459-470

### Z

- **Zheng, L., Zhao, M., Xiao, C., Zhao, Q., & Su, G. (2016).** Practical Problems When Using Abts Assay To Assess The Radical-Scavenging Activity Of Peptides: Importance Of Controlling Reaction Ph And Time. *Food Chemistry*, 192, 288-294.
- **Živkov-Baloš, M., Popov, N., Vidaković, S., Ljubojević-Pelić, D., Pelić, M Mihaljev, Ž., & Jakšić, S. (2018).** Electrical Conductivity And Acidity Of Honey.
- **Żukowski, P., Maciejczyk, M., & Waszkiel, D. (2018).** Sources Of Free Radicals And Oxidative Stress In The Oral Cavity. *Archives Of Oral Biology*, 92, 8-17.

### Références sites web :

<https://x.com/nutrastream/status/1666761940188758016>

<https://nutriludis.wordpress.com/2020/09/21/le-probleme-des-huiles-vegetales-partie-2- radicaux-libres-et-inflammation/>

[https://www.researchgate.net/publication/282809046\\_Cycle\\_redox\\_quinone\\_quinone\\_reductase\\_2\\_et\\_consequence\\_sur\\_la\\_production\\_d'especes\\_reactives\\_de\\_l'oxygene\\_dans\\_le\\_contexte\\_cellulaire?tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6Il9kaXJlY3QiLCJwYXVjY291dCJ2Rj9fQ](https://www.researchgate.net/publication/282809046_Cycle_redox_quinone_quinone_reductase_2_et_consequence_sur_la_production_d'especes_reactives_de_l'oxygene_dans_le_contexte_cellulaire?tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6Il9kaXJlY3QiLCJwYXVjY291dCJ2Rj9fQ)

<https://www.alamy.com>

[Transfert en technologie agriculture](#)

# **Annexes**

**Annexe 01 : pH mètre**



**Annexe 02 : Refractomètre**



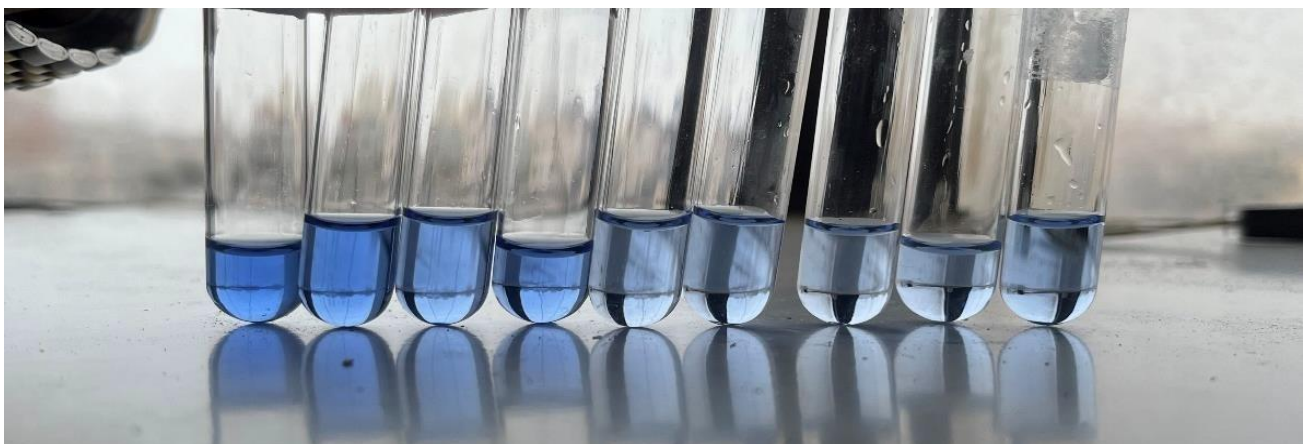
**Annexe 03 : Table de CHATAWAY (1935).**

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

**Annexe 04** : la dégradation des couleurs pour l'activité antioxydante DPPH selon les concentrations



**Annexe 05** : la dégradation des couleurs pour l'activité antioxydante FRAP selon les concentrations



**Annexe 06** : la dégradation des couleurs pour l'activité antioxydante ABTS selon les concentrations

