

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Ibn Khaldoun-Tiaret
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie



Mémoire de fin d'études
En vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Microbiologie Appliquée

Présenté par :

-Bakhti Hayet

-Belkhit Yamina

-Bekheira Ibtissem

Thème

Caractérisation physico-chimique et activités anti-oxydantes
et antibactériennes des miels de Cresson (*Eruca sativa*).

Soutenu publiquement le

Jury:

Présidente: Mme BELARBI F.

« Maitre-assistant A ».

Encadrant: MAKHLOUFI C.

« Professeur ».

Co-encadrant: Mme ABDALLAH F.

« Ingénieur de laboratoire ».

Examineur: Mme MEDJBER N.

« Maitre de conférences B ».

Année universitaire 2022-2023

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

"وَأَوْحَىٰ رَبُّكَ إِلَى النَّحْلِ أَنِ اتَّخِذِي مِنَ الْجِبَالِ بُيُوتًا وَمِنَ الشَّجَرِ وَمِمَّا يَعْرِشُونَ (68) ثُمَّ كُلِي
مِن كُلِّ الثَّمَرَاتِ فَاسْلُكِي سُبُلَ رَبِّكِ ذُلًا يَخْرُجُ مِنْ بُطُونِهَا شَرَابٌ مُخْتَلِفٌ أَلْوَانُهُ فِيهِ شِفَاءٌ
لِّلنَّاسِ إِنَّ فِي ذَٰلِكَ لَآيَةً لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ (69)" سورة النحل الأيتان 68-69.

El O Prophète, ton Seigneur a inspiré aux abeilles leur mode de vie et leurs moyens de subsistance. Il leur a inspiré de prendre les cavernes des montagnes, les cavités des arbres et les treilles pour demeures – Puis Allah - qu'Il soit exalté- leur a inspiré de se nourrir de tous les fruits des arbres et des plantes ; Il leur a rendu disponibles, à cette fin, des moyens que leur Seigneur leur avait préparés et rendus faciles. De leurs estomacs sort un liquide de différentes couleurs, qui apporte une guérison pour les hommes. Il y a dans cette chose merveilleuse des preuves évidentes de l'existence d'un Créateur Tout-Puissant et Sage, pour un peuple qui réfléchit pour en tirer profit et gagner ainsi un bonheur permanent

(Sourate Nahl : verset 68 – 69)

Remerciements

Tous nos remerciements vont à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail en particulier, nous tenons à remercier en premier lieu Allah le Tout Puissant de nous avoir donné courage et santé pour achever ce travail.

Nous tenons à remercier particulièrement:

Notre promotrice Mme MAKHLOUFI C. et notre co-promotrice Mme ABDELLAH F. pour leurs soutiens, leurs conseils, Leurs disponibilités, leurs précieuses remarques constructives et leurs suivis tout le long de réalisation de notre travail. Merci de nous avoir guidé avec patience.

Que nos vifs remerciements aillent à :

Mme BELARBI F. qui nous a fait l'honneur de présider ce travail, et Mme MEDJBER N. pour avoir accepté d'examiner ce mémoire.

Un grand merci à Mr. HOUCINE L. chef de spécialité de microbiologie appliquée

Nous remercions toute la promotion de microbiologie appliquée .

Dédicaces

A nos chers parents

A nos chers frères

A nos chères sœurs

A nos chers amis

A tout ceux qui nos sont chers

LISTE DES ABREVIATIONS

ATCC :	American Type Culture Collection
CE₅₀ :	Concentration effectrice à 50%
CMI :	Concentration Minimale Inhibitrice
D.O :	Densité optique
EAG:	Equivalent acide gallique
EQ:	Equivalent Quercétine
FRAP :	Pouvoir antioxydant réducteur ferrique
Max :	Maximum.
Meq :	Milli équivalent
MGO:	Méthylglyoxal
Min:	Minimum
ms :	Milli siemens
nm :	Nanomètre
pHE:	Potentiel hydrogène du point équivalent
TCA:	acide trichloroacétique
UV-VIS :	Ultra-violet visible
Vol :	Volume
µS :	Micro siemens

Liste des figures

Figure	Titre	Page
01	Protocole expérimental	04
02	Teneur en eau de chaque variété de miel	13
03	Répartition de la conductivité électrique des miels	15
04	Répartition des valeurs des pH des miels	17
05	Répartition des valeurs d'acidité libre des miels	18
06	Acidité combinée des miels	19
07	Acidité totale des miels étudiées	20
08	Teneur en HMF de chaque variété de miel	21
09	Teneurs en polyphénols des échantillons des miels étudiés (Moyenne \pm Ecart type)	23
10	Teneurs en flavonoïdes des échantillons de miels étudiés (Moyenne \pm Ecart type)	24
11	Concentration effectrice responsable de pouvoir réducteur des miels, vitamine C et l'acide gallique	26

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
01	Présentation des échantillons de miels étudiés	02
02	Matériel et réactifs utilisées	03
03	Valeurs des paramètres physicochimiques des miels étudiés.	12
04	Valeurs des CMI des miels étudiés vis-à-vis des souches bactériennes testées.	27

Liste des annexes

Annexe I	Table de CHATAWAY (1935).
Annexe II	Bactéries pathogènes étudiées
Annexe III	Composition des milieux de culture.
Annexe IV	Courbes d'étalonnages (acide gallique, quercétine)
Annexe V	Pouvoir réducteur des antioxydants standards et les miels étudiés

Liste des abréviations	i
Liste des figures.....	ii
Liste des tableaux	iii
Liste des annexes	iv

Sommaire

Introduction

Chapitre I: Matériel et méthodes

1. Objectif du travail	02
2. Lieu et durée du travail	02
3. Matières premières	02
3.1 Miel	02
3.2 Souches bactériennes	02
4. Matériel de laboratoire et réactifs	03
5. Méthodes	04
5.1. Protocole expérimental	04
5.2. Analyses physicochimiques	05
5.2.1. Détermination de la teneur en eau	05
5.2.2... Détermination du pH, de l'acidité libre, des lactones et de l'acidité totale	05
5.2.3. Détermination de la conductivité électrique	06
5.2.4. Hydroxy-méthyl-furfural (HMF)	07
5.3. Evaluation de l'effet antioxydant des miels	08
5.3.1. Dosage des polyphénols	08
5.3.2. Dosage des flavonoïdes	08
5.3.3. Test de réduction de fer FRAP (Ferric Reducing Antioxydant Power)....	09
5.4. Evaluation de l'activité antibactérienne des miels	10
5.4.1. Préparation de l'inoculum standard des souches	10
5.4.2. Détermination de la CMI en milieu solide	10

Chapitre II: Résultats et discussion

1. Analyses physicochimiques	12
1.1. Résultats	12
1.2. Discussion	13
1.2.1. Teneur en eau	13
1.2.2. Conductivité électrique	15
1.2.3. pH (Potentiel hydrogène).....	16
1.2.4. Acidité libre	17
1.2.5. Acidité combinée	19
1.2.6. Acidité totale	20
1.2.7. Hydroxy-méthyl-furfural (HMF)	20
2. Activité antioxydante et antibactérienne	22
2.1. Effet antioxydant	22
2.1.1. Teneur en polyphénols	22
2.1.2. Teneur en flavonoïdes	24
2.1.3. Activité antioxydante évaluée par le pouvoir réducteur (test de FRAP) ..	25
2.2. Effet antibactérien des miels étudiés.....	27

Conclusion

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Introduction

Introduction

Introduction

Les vertus du miel sont de plus en plus connues à travers le monde, à tel point qu'une nouvelle science a été créée: l'apithérapie. Cette médecine soigne certaines maladies grâce aux propriétés du miel et de ses dérivés (propolis, gelée royale, pollen etc.).

Le miel est la denrée produite par les abeilles mellifiques à partir du nectar des fleurs ou de certaines sécrétions provenant des parties vivantes des plantes ou se trouvant sur elles, qu'elles butinent, transforment, combinent avec des matières spécifiques propres, emmagasinent et laissent murir dans les rayons de la ruche. Cette denrée peut être fluide, épaisse ou cristallisée (Donadieu, 2003).

Le miel est principalement un mélange très concentré de sucre. Il contient également d'autres composants mineurs, y compris des enzymes, des vitamines, des flavonoïdes et des produits chimiques organiques (Molan, 1996).

Cette composition dépend de plusieurs facteurs environnementales, du climat, des espèces végétales et du mode d'extraction (Achour et khali, 2014).

Plusieurs études *in vitro* et *in vivo* ont démontré l'activité antimicrobienne, antivirale, antifongique, anticancéreuse et antidiabétique du miel. De plus, l'effet protecteur sur les systèmes cardiovasculaire, nerveux, respiratoire et gastro-intestinale a été également prouvé (Cianciosi et *al.*, 2018).

En Algérie, la production apicole a connu un essor considérable ces dernières années, due à une forte demande de ce produit, mais la production nationale des miels reste très inférieure par rapport aux potentialités mellifères existantes (Chaouche et Bounsiar, 2018).

Notre travail a pour objectif de déterminer les caractéristiques physico-chimiques, et d'évaluer l'activité anti-oxydante et antibactérienne du miel de cresson.

Notre étude comporte deux parties:

Une première partie regroupe les méthodes d'analyses physico-chimiques et les méthodes d'évaluation de l'activité antioxydante et antibactérienne.

La deuxième partie est consacrée à la présentation des résultats et discussion.

Enfin, nous finirons notre travail par une conclusion générale et les perspectives.

CHAPITRE I

Matériel et Méthodes

1. Objectif du travail

Notre étude a pour objectif de déterminer les caractéristiques physico-chimiques, et d'évaluer l'activité anti-oxydante et antibactérienne du miel de Cresson.

2. Lieu et durée du travail

Les analyses des échantillons de miel de Cresson ont été réalisées sur une période allant du 1^{er} mars au 20 avril 2023 au sein des laboratoires suivants :

- Laboratoire de microbiologie, et technologie alimentaires de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université Ibn khaldoun-Tiaret;
- Laboratoire d'amélioration et valorisation de productions animales locales de l'université Ibn khaldoun-Tiaret.

3. Matières premières

3.1. Miel

L'étude a été portée sur Cinq échantillons de miel de Cresson de l'année 2022, de provenance de quatre régions d'Algérie (Tindouf, Illizi, Djelfa et Mascara) (Tableau 01.)

Tableau 01: Présentation des échantillons de miels étudiés

Echantillons	Date de récolte	Région de récolte	Origine florale présumée
E1	2022	Tindouf	Cresson
E2	2022	Illizi	Cresson
E3	2022	Djelfa	Cresson
E4	2022	Djelfa	Cresson
E5	2022	Mascara	Cresson

3.2. Souches bactériennes

L'activité antibactérienne des échantillons de miel a été évaluée vis-à-vis de deux souches bactériennes à Gram négatifs; *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853), *Escherichia coli* (ATCC 25922) et une bactérie à Gram positif *Staphylococcus aureus* (ATCC 33862).

Ces souches ont été fournies par le laboratoire de recherche Amélioration et Valorisation des Productions Animales Locales (LAVPAL) de l'université Ibn Khaldoun de Tiaret.

4. Matériel de laboratoire et réactifs

Le matériel de laboratoire et les produits utilisés sont résumés dans le tableau suivant

Tableau 02: Matériel et réactifs utilisés

Appareillage	Réfractomètre du type Abbe Etuve (Memert) ; Conductimètre (Hanna EC214) ; Balance analytique (Sartorius) ; Four à moufle (Heraeus) ; Agitateur magnétique (Heito) pH-mètre (Hanna HI 2211) ; Bain marie thermostaté (Grant) ; Dessiccateur ; Spectrophotomètre (UV-1202 Shimadzu) Vortex (Labline) ; Autoclave (sanoclav) ; Micro-onde (LG).
Produits chimiques	Solution d'hydroxyde de sodium 0,05 N Solution d'acide sulfurique 0,05 N Solution d'acide barbiturique Réactif à la paratoluidine ; Isopropanol ; Acide acétique cristallisable ; Folin-Ciocalteu Acide trichloroacétique (TCA) Acide gallique Quercétine Acide ascorbique Chlorure d'aluminium Carbonate de sodium (Na ₂ CO ₃)
Milieu de culture	Gélose Muller Hinton.

5. Méthodes

5.1. Protocole expérimental

La procédure expérimentale adaptée pour notre étude est résumée dans la figure suivante:

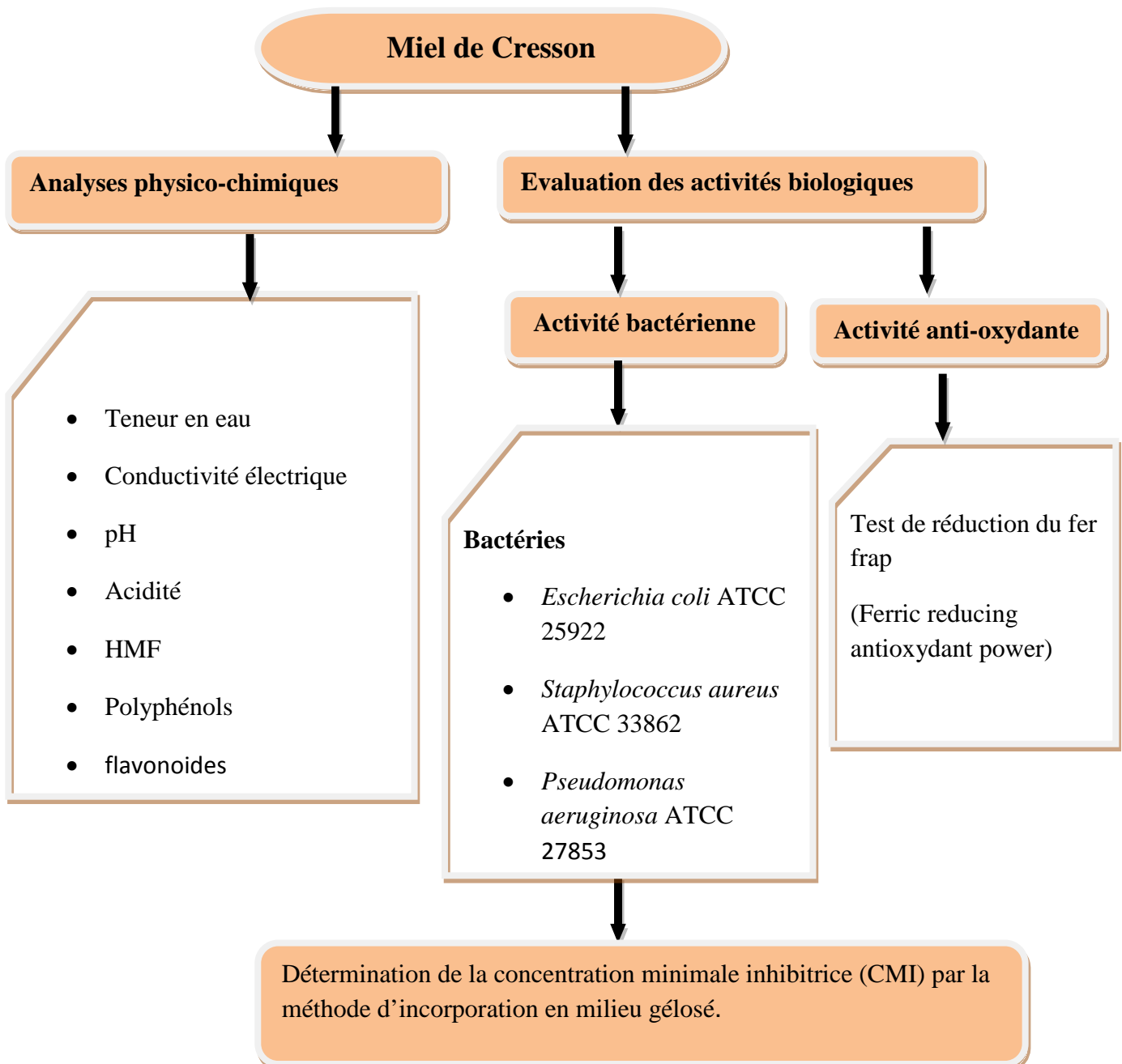


Figure 01 : Protocole expérimental

5.2. Analyses physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques ont été effectuées selon les méthodes harmonisées de la commission européenne du miel (Bogdanov et *al.*, 1997).

5.2.1. Détermination de la teneur en eau

Ce paramètre est déterminé par la mesure de l'indice réfractométrique.

Le miel doit être parfaitement liquéfié dans un flacon à fermeture hermétique en étuve à 50°C.

Mode opératoire

Après étalonnage de l'appareil, à l'aide de la baguette de verre, déposer une goutte de miel sur le prisme du réfractomètre et répartir en couche mince. Fermer l'appareil, lire l'indice de réfraction, et noter la température du prisme.

Si la mesure a été effectuée à une température différente de 20°C, la lecture doit être corrigée pour ramener l'indice de réfraction à 20°C.

La correction est additive, si la mesure est faite au dessus de 20°C, soustractive dans le cas contraire. Le facteur de correction est de 0,000 23 par degré Celsius.

En se rapportant au tableau de Chataway (annexe. I), la teneur en eau correspondant à chaque indice de réfraction à 20°C, est déterminée.

5.2.2. Détermination du pH, de l'acidité libre, des lactones et de l'acidité totale

Réalisée par la méthode de titrage au point d'équivalence.

L'acidité libre est obtenue par la courbe de neutralisation du miel par une solution d'hydroxyde de sodium et détermination du pH du point équivalent (pHE).

L'acidité due aux lactones est obtenue par l'ajout d'un excès d'hydroxyde de sodium à la solution de miel en déterminant cet excès par un titrage en retour par l'acide sulfurique.

• Mode opératoire

Peser 5 g de miel et dissoudre dans un peu d'eau. La solution est complétée à un volume de 50 ml dans une fiole jaugée.

Prélever 25 ml dans un bécher. Le pH mètre doit être étalonné à l'aide de solutions tampons de commerce, tampons 4 et 7.

Le liquide est agité modérément à l'aide d'un agitateur puis dosé avec de l'hydroxyde de sodium.

Les valeurs des pH sont notées successivement après chaque ajout de NaOH qui sont de l'ordre de 0,2 ml au début du dosage puis de 0,1 ml dès que les variations deviendront plus importantes.

Lorsque les variations du pH redeviennent minimales (pH compris entre 8,5 et 9), ajouter un excès d'hydroxyde de sodium, et sans tarder, procéder au titrage retour avec la solution d'acide sulfurique.

- Expression des résultats

Tracer les courbes de neutralisation en portant le pH en ordonnées et les volumes d'hydroxyde de sodium et d'acide sulfurique en abscisses. Ils déterminent graphiquement le point équivalent E de la courbe de neutralisation du miel

$$\text{Acidité libre (meq/kg)} = \frac{1000 \cdot V \cdot N}{M}$$

$$\text{Acidité combinée (meq/kg)} = \frac{1000 \cdot [(10 - V)N - 0.05 \cdot V']}{M}$$

$$\text{Acidité totale (meq/kg)} = \text{Acidité libre} + \text{Acidité combinée}$$

V: Volume en millilitre d'hydroxyde de sodium versé pour atteindre le pH du point équivalent lors de la neutralisation du miel;

V': Volume en millilitre d'acide sulfurique pour atteindre le pH du point équivalent lors du dosage en retour;

N: Normalité d'hydroxyde de sodium;

5.2.3. Détermination de la conductivité électrique

Mesure à 20°C de la conductivité électrique d'une solution de miel à 20% de matière sèche du produit

- Mode opératoire

Peser une masse de miel telle que: $M = \frac{5 \cdot 100}{MS}$

MS : % en matière sèche du miel déterminée à partir de la mesure du taux d'humidité

Dissoudre les M g de miel dans quelques ml d'eau distillée, compléter à 25 ml dans une fiole jaugée.

Verser la solution dans un bécher de 50 ml. Plonger l'électrode, la lecture est faite à 20°C et la valeur de la conductivité électrique est affichée directement sur le potentiomètre.

5.2.4. Hydroxy-méthyle-furfural (HMF)

Déterminé par la méthode de Winkler, réalisée à l' aide d'un spectrophotomètre UV visible .

Mesure à une longueur d'onde de 550 nm de la coloration rouge due à l'action de l'HMF sur l'acide barbiturique et la paratoluidine

- Réactif à la paratoluidine

Dissoudre 10 g de paratoluidine dans un peu d'isopropanol. Ajouter 10 ml d'acide acétique cristallisable.

Transvaser dans une fiole jaugée de 100 ml et compléter jusqu'au trait de jauge avec de l'isopropanol et mélanger par retournements.

Conserver le réactif en flacon brun et au réfrigérateur. Il est renouvelé journallement.

- Solution d'acide barbiturique

Dissoudre 0,5 g d'acide barbiturique dans un peu d'eau distillée. Transvaser dans une fiole jaugée de 100 ml et ajuster jusqu'au trait de jauge.

- Préparation de la solution de miel

Dissoudre 2 g de miel dans un peu d'eau. Transvaser dans une fiole jaugée de 10 ml puis ajuster au trait de jauge.

Verser dans un premier petit tube 2 ml de la solution, 5 ml de réactif à la paratoluidine et 1 ml d'eau distillée (témoin), agiter.

Verser dans un deuxième petit tube 2 ml de la solution, 5 ml de réactif à la paratoluidine et 1 ml de la solution d'acide barbiturique (essai), agiter.

Les deux réactifs doivent être ajoutés immédiatement dans l'intervalle d'une à deux minutes.

Faire le zéro de l'appareil sur le témoin. Noter la valeur de l'absorbance maximal.

- Expression des résultats

$$\text{Teneur en HMF} = \frac{192 \cdot \text{extinction (DO)}}{\text{Epaisseur de la cuve en (cm)}}$$

Le facteur 192 est obtenu expérimentalement à partir d'HMF pur.

DO: Densité optique

La teneur en HMF est exprimée en mg par 1000g de miel

5.3. Evaluation de l'effet antioxydant des miels étudiés

5.3.1. Dosage des polyphénols

Principe

Le dosage des composés phénoliques a été réalisé par la méthode de folin-ciocalteu en milieu alcalin. Les polyphénols réduisent des acides phosphotungstique ($\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$) et l'acide phosphomolybdique ($\text{H}_3\text{PMO}_{12}\text{O}_{40}$) du réactif de folin-Ciocalteu de couleur jaune en mélange d'oxyde de tungstène et de molybdène de couleur bleu. L'intensité de cette couleur est proportionnelle aux taux des composés phénoliques présents dans les échantillons de miel étudiés (Benazzouz, 2005).

Mode opératoire

Des solutions de différentes concentrations de miel (de 100g /ml à 200 g/ml) ont été préparées. Un volume de 0,5ml de chaque solution de miel a été mélangé avec 0,5 ml de réactif de folin-Ciocalteu dilué 1/10, après 5 minutes un volume de 1,5 ml de la solution de carbonate de sodium (Na_2CO_3 à 10%) a été ajouté. Après 30 min d'incubation à l'obscurité et à la température ambiante, l'absorbance a été lue à 760 nm .

Une courbe d'étalonnage est préparée en utilisant l'acide gallique comme standard, les résultats sont exprimés en mg équivalent acide gallique par 100 grammes de miel (mgEAG/100g).

5.3.2. Dosage des flavonoïdes

Principe

La teneur en flavonoïdes des miels étudiés a été déterminée par une méthode colorimétrique en utilisant une solution de chlorure d'aluminium (AlCl_3 à 2%). Les

flavonoïdes réagissent avec AlCl_3 et donnent un complexe de couleur jaune dont l'absorbance est déterminée à une longueur d'onde de 430nm. L'intensité de cette couleur est directement proportionnelle à la concentration des flavonoïdes présents dans les échantillons de miel (Benabdallah, 2017).

Mode opératoire

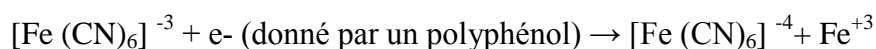
Un volume de 1ml de solution de miel à différentes concentrations (de 100 à 400mg/ml) a été mélangé avec 1ml de solution de trichlorure d'aluminium (AlCl_3 2 %), les mélanges ont été incubés à l'obscurité et à température ambiante pendant 30 minutes.

L'absorbance est lue à 430nm. La teneur en flavonoïdes est déterminée en se référant à la courbe d'étalonnage de la quercétine qui a été réalisée de la même façon que les échantillons. Les résultats sont exprimés en mg équivalent quercétine par 100 g de miel (mg EQ/100g).

5.3.3. Test de pouvoir réducteur de fer FRAP (Ferric Reducing Antioxydant Power)

Principe

Le pouvoir réducteur du fer (FRAP) est parmi les tests les plus utilisés pour la détermination de la capacité antioxydante des substances, son principe est basé sur la réduction dans un milieu neutre des ions de ferricyanure $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{-3}$ en ions ferrocyanure $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{-4}$ qui donnent en présence des ions de fer (Fe^{+3}) une coloration bleu dont l'intensité de cette dernière est mesurée à 700 nm (Ou et *al.*, 2001) et ce par la réaction suivante:



Mode opératoire

Le pouvoir réducteur des miels a été déterminé selon la méthode décrite par Oyaizu (1986). Un volume de 2,5 ml des solutions des miels à différentes concentrations (de 25 à 400 mg/ml) est mélangé avec 2,5 ml du tampon phosphate (0,2 M ; pH 6,6) et 2,5ml d'une solution de ferricyanure de potassium ($\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$) à 1%. Les mélanges sont incubés à 50°C pendant 20 min. Un volume de 2,5 ml d'acide trichloracétique (TCA à 10%) est ensuite ajouté pour stopper la réaction. Les mixtures sont centrifugés à 3000tours/min pendant 10 minutes. 2,5 ml de surnageant est mélangé avec 2,5 ml d'eau distillée et 0,5 ml

d'une solution aqueuse de chlorure ferrique (FeCl_3 à 0,1%). La lecture de l'absorbance du milieu réactionnel se fait à 700 nm contre un blanc semblablement préparé en remplaçant l'échantillon de miel par l'eau distillée qui permet de calibrer le spectrophotomètre .

Le contrôle positif est représenté par des solutions des antioxydants standards; vitamine C et l'acide gallique dont l'absorbance a été mesurée dans les mêmes conditions que les échantillons. Une augmentation de l'absorbance correspond à une augmentation du pouvoir réducteur des miels testés (Singleton et Rossi, 1965).

Expression des résultats

Les pouvoirs réducteurs des miels étudiés et des standards (acide gallique et vitamine C) sont exprimés par les valeurs de concentration effectrice à 50% (CE_{50}) qui correspond à la concentration de l'échantillon nécessaire pour donner une absorbance égale à 0,5 à 700nm.

5.4. Evaluation de l'activité antibactérienne des miels

5.4.1. Préparation de l'inoculum standard des souches bactériennes

L'inoculum standard des souches bactériennes testées a été préparé à partir des cultures pures de 24h, en raclant quelques colonies bien isolées et identiques à l'aide d'une anse de platine. Décharger l'anse dans 5 à 10ml d'eau physiologique à 0,9%. Homogénéiser bien la suspension bactérienne à l'aide d'un vortex pendant quelques secondes. Son opacité doit être équivalente à 0,5 McFarland ou à une DO qui varie de 0,08 à 0,1 lue à 620 nm. L'ensemencement doit se faire dans les 15 minutes qui suivent la préparation de l'inoculum (Soussy et *al.*, 2010).

5.4.2. Détermination de la concentration Minimale Inhibitrice (CMI) en milieu solide

L'évaluation de l'activité antibactérienne a été effectuée en utilisant la méthode d'incorporation en milieu gélosé afin de déterminer les concentrations minimales inhibitrices des miels étudiés vis-à-vis des souches bactériennes testées. Dans des tubes à essai stériles, différentes concentrations de miels (de 5% à 20%) ont été mélangées avec le milieu Mueller Hinton préalablement fondu et maintenu à une température de 45°C pour atteindre un volume final de 5ml, les tubes ont été bien agités par le vortex, les mélanges ont été versés dans des boîtes de pétri de 60mm de diamètre, des témoins ne contenant que les milieux de culture sont aussi préparés.

Les boites ont étéensemencées par écouvillonnage avec un inoculum standard de 0,5Mc Farland de chaque souche bactérienne à tester. Les boites ont été incubées à 37°C pendant 24h (Boukrâa, 2008).

Lecture

La lecture se fait visuellement en observant la croissance ou l'inhibition de la croissance des bactéries à tester par rapport à la croissance sur la boite témoin qui contient seulement le milieu de culture. La CMI est définie comme étant la plus faible concentration du produit (miel), qui inhibe la croissance bactérienne visible à l'oeil nu. Les valeurs de CMI sont exprimées en pourcentage (vol/vol) (Noel et Leyvral, 2001).

CHAPITRE II

Résultats et discussion

1. Analyses physicochimiques

1.1. Résultats

Les valeurs des paramètres étudiés des miels examinés sont données dans le tableau suivant:

Tableau 03: Valeurs des paramètres physicochimiques des miels étudiés

Paramètres	Valeur moyenne ± Ecart-type	Min-Max	Limites standard internationales
Humidité (%)	17,08±1,073	16,2-18,6	≤ 21%
Conductivité électrique (mS/cm)	0,673±0,183	0,485-0,975	Miel de nectar : pas plus de 0.8 (mS/cm) Miel de miellat : pas moins de 0.8 (mS/cm)
pH	3,92±0,121	3,77-4,10	Miel de nectar : 3.5-4.5 Miel de miellat:5-5.5 Mélanges de miels de nectar et de miellat : valeurs intermédiaires
Acidité libre (meq/kg)	5,24±1,078	4,1-7	Pas plus de 50 meq/kg
Acidité combinée (meq/kg)	2,12±2,26	0,2-5	Limite non fixée
Acidité totale (meq/kg)	7,36±2,046	5-10	Limite non fixée
HMF (mg/kg)	6,23±1,47	4,47-8,14	Pas plus de 40 mg/kg

1.2. Discussion

1.2.1. Teneur en eau

La teneur en eau est un paramètre important pour déterminer la maturité du miel, la durée de conservation, le risque de fermentation, le comportement de cristallisation et les conditions de stockage.

Selon Juszezak et *al.* (2009), la teneur en eau est un critère de qualité principalement utilisé pour estimer la maturité du miel et pour fournir des informations sur la stabilité du produit à la fermentation pendant le stockage.

Selon Gonnet (1982), le taux d'humidité est une information très importante car il détermine la qualité du miel, en effet seul le miel avec un taux d'humidité inférieur à 18% est bon pour la conservation.

D'après Carvalho et *al.* (2009), le risque de fermentation du miel avec une teneur en humidité inférieure à 18 % est très faible.

L'ensemble des résultats relatifs à la teneur en eau montre que les échantillons étudiés, ont un taux d'humidité qui se situe entre 16,2 et 18,6% avec une moyenne de 17,08 % (Tableau 03 et figure 02). Ce sont des valeurs inférieures à la limite maximale fixée par les normes internationales qui est de 20%.

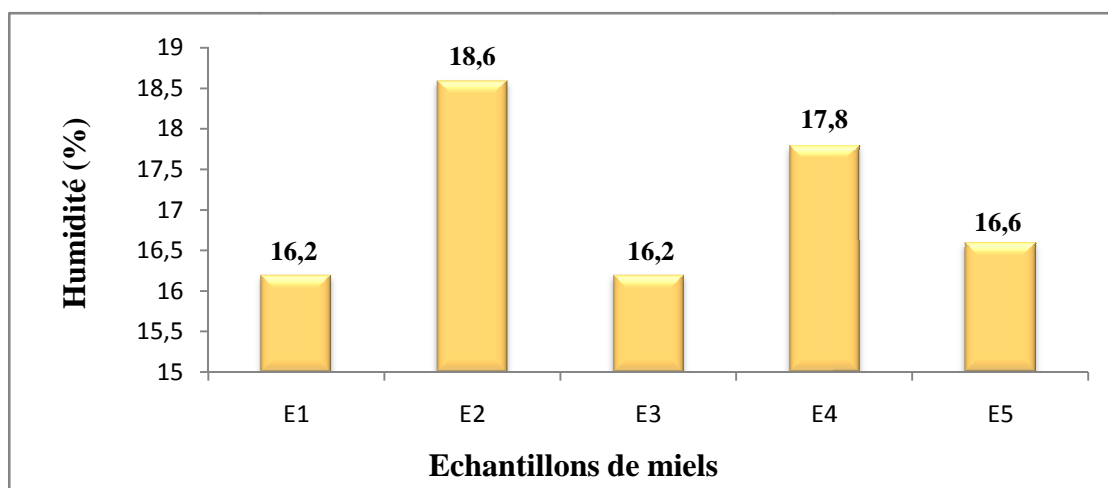


Figure 02: Teneur en eau de chaque variété de miel .

La valeur la plus élevée (18,6%) a été enregistrée par le miel E2 de la région d'Ilizi, tandis que la valeur la plus faible (16,2%) a été marquée par le miel (E1) de la région de Tindouf et le miel (E3) de Djelfa qui peuvent être liées au climat aride de ces régions et dont l'extraction probablement faite durant les périodes très chaudes d'où la déperdition d'eau. Ces résultats indiquent la bonne récolte des miels analysés.

Au dessous de 17%, la fermentation n'intervient pas. Cette faible teneur est enregistrée dans trois échantillons (E1, E3 et E5) qui sont considérés comme étant de qualité vis-à-vis de la conservation et du stockage.

D'après Bogdanov et *al.* (1995), les teneurs en eau élevées sont à mettre au compte d'une récolte précoce et d'un climat humide.

Les miels dont le taux d'humidité est supérieur à 18% présentent un risque de fermentation. C'est le cas de l'échantillon E2 (18,6%).

Ouadjnia et Mebkhout (2022) ont trouvé dans deux échantillons de miel de Cresson de Tamenrasset des valeurs allant de 16,6% à 17,8%.

Makhloufi et *al.* (2010); Benaziza-Bouchema et Schweizer (2010); Chefrour et *al.* (2007); Ouchemoukh et *al.* (2007); Bendedouche et Dahmani (2011) et Nair (2014) ont trouvé des teneurs en eau allant de 14 à 23,5% pour 202 miels algériens étudiés.

L'étude de Amrouche et Kessi (2003) sur les miels algériens a montré des teneurs en eau comprises entre 15 et 22,6%.

Ouchemoukh et *al.* (2007) ont trouvé dans 11 échantillons de miel de Béjaia des valeurs allant de 14,6 à 19%.

Les travaux de Chefrour (2008) sur la caractérisation physico-chimique et melissoplynologique de 62 miels de l'Est d'Algérie, montrent que la teneur en humidité varie entre 13,6 et 22 %.

Terrab et *al.* (2003) ont observé dans 29 miels d'*Eucalyptus* marocains une teneur en eau moyenne de 17,5% (14,5-19,9%), pour les miels tunisiens les valeurs varient de 16-21,8% (Jilani et *al.*, 2008).

Nakib et *al.* (2022) ont obtenu des valeurs d'humidité qui varient entre 13,1 et 19% pour certains miels algériens d'origines florales.

Abera et Alemu (2023) ont rapporté des teneurs en eau qui varient entre 13.5 et 15.3% pour quelques échantillons de miel prélevés de différents endroits du nord-est de l'Ethiopie.

On constate des variations d'un miel à un autre. Persano Oddo et Piro (2004) rapportent que selon la saison de production et le climat, les miels montrent quelques différences dans la teneur en eau.

D'après Ouchemoukh (2012), la variation de l'humidité peut s'expliquer par l'origine florale, la force des colonies d'abeille, la méthode de récolte, ainsi que des conditions hygrométriques de la ruche.

1.2.2. Conductivité électrique

La capacité d'une solution aqueuse à conduire le flux électrique est connue sous le nom de sa conductivité électrique, qui est directement liée à sa teneur en sel soluble.

La conductivité électrique des miels examinés varie de 0,485 mS/cm à 0,975 mS/cm avec une valeur moyenne de 0,67mS/cm (Tableau 03 et figure 03). La plupart des échantillons (80%) possèdent des valeurs inférieures à 0.8 mS/cm. Ce sont des miels issus de nectar, seulement un échantillon (10%) montre des valeurs supérieures à 0.8 mS/cm. Probablement, c'est un miel de miellat.

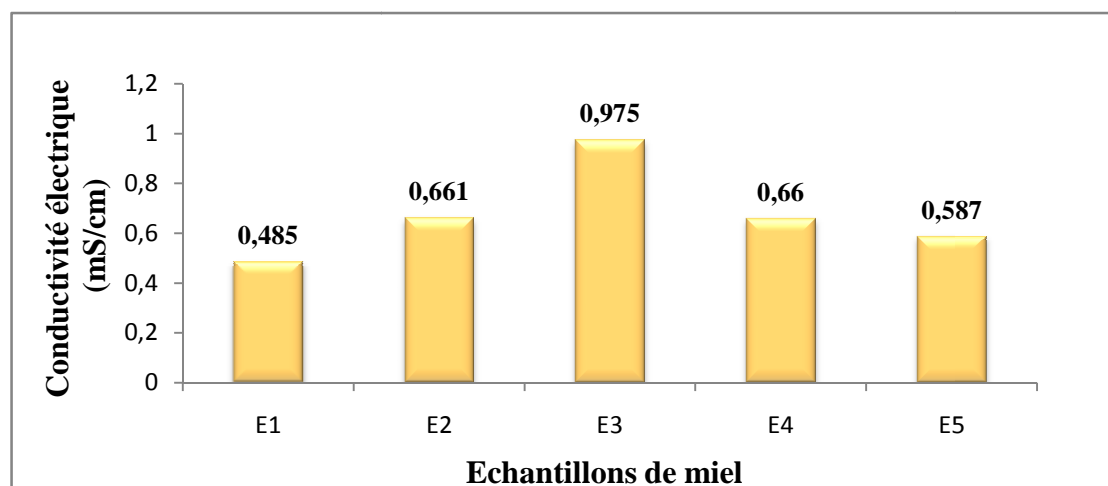


Figure 03: Répartition de la conductivité électrique des miels

Ouadjnia et Mebkhout (2022) ont obtenu des valeurs de conductivité électrique allant de 0,17 à 0,21 mS/cm dans deux échantillons de miel de Cresson de Tamenrasset .

Makhloufi et *al.* (2010) ont trouvé des valeurs allant de 0,11 à 0,94 mS/cm dans 66

miels algériens.

Cette mesure est l'un des paramètres qui permettent de séparer les miels de nectar des miels de miellat. La nouvelle directive le prend en compte pour certaines appellations (Schweitzer, 2003).

Piazza et *al.* (1991) affirment que la conductivité électrique représente un bon critère pour la détermination de l'origine botanique du miel et qui dépend de la teneur en minéraux et d'acidité du miel, plus elles sont élevées plus la conductivité électrique correspondante est élevée et il existe une relation linéaire entre ces paramètres.

Les travaux d'Ouchemoukh et *al.* (2007) sur 11 miels de Béjaïa ont montré que les valeurs de la conductivité électrique varient de 0,70 à 1,61 mS/cm, valeurs élevées à celles obtenues par Belaid (1999) sur les miels du centre algériens qui sont comprises entre 0,25 et 0,77 mS/cm avec une moyenne de 0,45 mS/cm. Cependant Chefrour (2008) a trouvé une grande variation de la conductivité électrique des miels de l'Est examinés, allant de 0,21 à 2,72 mS/cm.

Berhanu et *al.* (2022) ont trouvé des valeurs de conductivité électrique allant de 0,7 à 0,21 mS/cm pour le Miel d'*Apis mellifera* d'Ethiopie.

Rysha et *al.* (2022) ont rapporté des valeurs de conductivité électrique comprises entre 0,11 et 0,75 mS/cm pour quelques échantillons de miel de Kosovo.

1.2.3. pH (Potentiel hydrogène)

Le pH d'un miel est fonction de la quantité d'acides ionisables qu'il renferme (ions H⁺) ainsi que de sa composition minérale (ion OH⁻). Plus le taux en matière minérale est fort et plus le pH se rapproche de la neutralité (Gonnet, 1982).

Le tableau 03 et la figure 04, montrent que le pH des miels étudiés est compris entre 3,77 et 4,1 avec une moyenne de 3,92. Ces résultats confirment le caractère acide des miels qui est due à la présence d'acides organique, principalement à l'acide gluconique (Nanda et *al.*, 2003 cités par Ouchemoukh et *al.*, 2007).

Le pH est parmi les mesures qui permettent de déterminer l'origine florale du miel. En effet selon Gonnet (1986), les miels dont le pH est situé entre 3,5 et 4,5 sont issus de nectar, c'est le cas de tous les échantillons analysés.

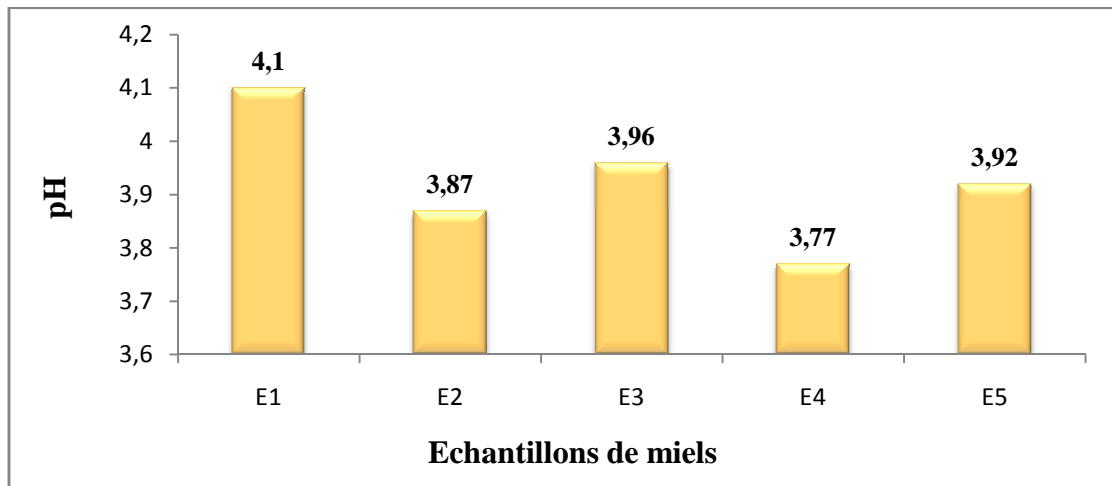


Figure 04 : Répartition des valeurs des pH des miels

Les valeurs de pH de deux échantillons de miel de Cresson de Tamenrasset obtenues par Ouadjnia et Mebkhout en 2022 varient de 3,36 à 3,57.

Une évaluation physicochimique faite par Belhadj *et al.* (2015) sur cinq types de miels marocains a décelée que le pH oscillent entre 3,39 et 4,19

Cependant les travaux sur la caractérisation des miels algériens de Makhloufi *et al.* (2007) ; Boucif (2017) ; Lakemri (2018) ; Atmani et Djermouni (2016) ont montré des pH qui varient de 3.4 à 6.23 ; 4,36 à 4,75 ; 4,28 à 5,18 et 3.67 à 3,96 respectivement.

Nakib (2022) ont obtenu des valeurs de pH qui varient entre 4.32 et 5,23 dans 11 variétés de miels algérien.

Chettoum *et al* (2023) ont trouvé des valeurs de pH qui oscillent entre 4,06 et 4.25 pour quatre échantillons de miel d'Annaba.

1.2.4. Acidité libre

Selon Bogdanov (1999), L'acidité est un paramètre de qualité important; elle donne des indications importantes sur l'état d'un miel. L'acidité du miel s'accroît avec le vieillissement du miel (Schweitzer, 2004).

Les résultats des analyses de l'acidité libre de nos échantillons varient entre 4.1 et 7 meq/kg avec une moyenne de 5,24meq/kg (Tableau 03 et figure 05).

On observe que la plus faible acidité (4.1 meq/kg) est présentée par l'échantillon E5 de provenance de Mascara, par contre le miel E4 originaire de Djelfa, la teneur la plus élevée (7 meq/kg).

Bien qu'il existe des différences d'un échantillon à un autre, les valeurs déterminées ne dépassent pas la limite d'acidité libre de 50 meq/kg.

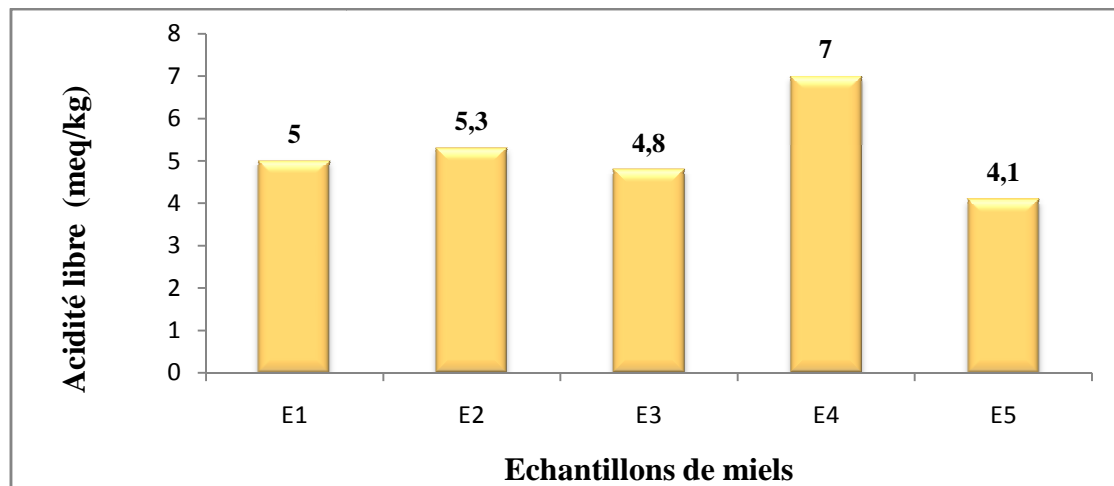


Figure 05 : Répartition des valeurs d'acidité libre des miels

Les résultats de l'acidité libre des miels de Cresson de Tamenrasset analysés par Ouadjnia et Mebkhout (2022) oscillent entre 7 et 18 meq/Kg.

Bakchiche et *al.* (2017); Achour et Khali (2014); Zerrouk et *al.* (2017); Benkhoucha et *al.* (2020) et Mekious (2016) ont trouvé des valeurs comprises entre 9,21 et 23 meq/kg dans les miels de Jujubier algériens étudiés.

Reguig (2007), a trouvé des valeurs situées entre 9 méq/Kg et 38 méq/Kg pour des miels locaux, et Pour les miels importés l'acidité libre est comprise entre 4 méq/kg et 23 méq/kg.

Selon Lequet (2010), Le miel contient une large gamme d'acides issus pour certains du nectar, pour d'autres de réactions enzymatiques et de fermentations.

En effet, au cours de la fermentation, le glucose et le fructose sont convertis en alcool, ce dernier est à son tour hydrolysé en présence d'oxygène et converti en acide acétique, ce qui contribue à l'augmentation de l'acidité libre (Ajlouni et *al.*, 2010).

Selon Bogdanov (1999) ; Gonnet (1982), l'acidité est un critère important de qualité, elle donne des indications très importantes de l'état du miel.

Une étude physicochimique faite par Zerrouk et Bahloul (2020) sur quelques miels multif floraux Algérien montre que l'acidité libre oscille entre 13.72 et 40.33 meq/kg .

La présence de ces acides contribue à la saveur et à la stabilité du miel contre la détérioration microbienne.

1.2.5. Acidité combinée

Selon Gonnet (1982), l'acidité combinée est considérée comme acidité de réserve et sera libérée uniquement lorsque le miel devient alcalin. Elle est représentée principalement par l'acide gluconique, formée à partir du glucose.

Les valeurs obtenues de l'acidité combinée sont représentées dans le tableau 03 et figure 06. Elles varient de 0,2 à 5 meq/kg avec une moyenne de 2,12 meq/kg.

La valeur la plus élevée (5 még/kg) a été enregistrée par le miel E1 de la région de Tindouf tandis que la valeur la plus faible (0,2 még/kg) a été marqué par le miel E3 de la région Djelfa.

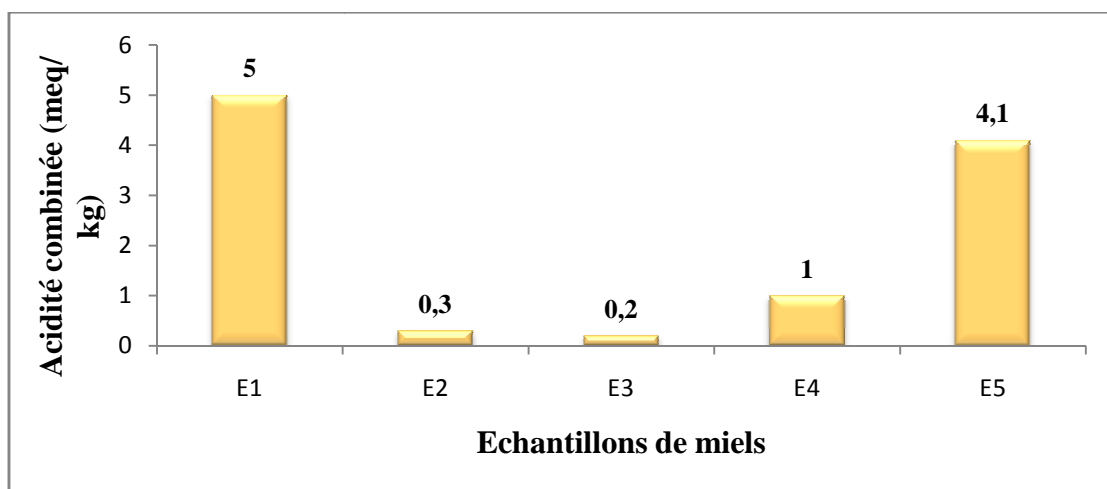


Figure 06 : Acidité combinée des miels

Les valeurs trouvées par Ouadjnia et Mebkhout (2022) pour l'acidité combinée des miels de Cresson de Tamenrasset varient de 7 à 36 meq/kg.

Ouchemoukh (2012), a trouvé des valeurs qui varient entre 9.23-30.37 meq/kg dans les miels examinés de Béjaia et Makhloufi (2011), entre 2 et 44.5 meq/kg dans 66 miels algériens étudiés.

Il existe des différences entre les résultats de l'acidité probablement liées à la race d'abeille, à l'environnement géographique, à la flore butinée et au climat qui contribuent à accentuer ces différences.

1.2.6. Acidité totale

Les résultats de l'acidité totale varient entre 5 et 10 meq/kg, la moyenne est de 7,36 meq/kg (Tableau 03 et figure 07).

La détermination de l'acidité totale est importante, car la fermentation du miel provoque son augmentation.

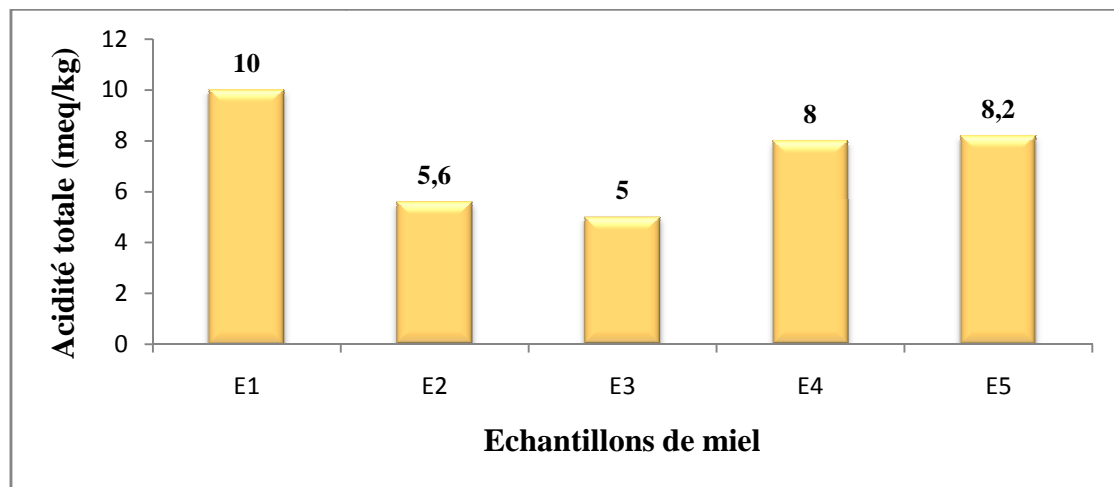


Figure 07: Acidité totale des miels étudiés

Les résultats de l'acidité totale des miels de Cresson de Tamenrasset trouvés par Ouadjnia et Mebkhouit en 2022, varient entre 22 et 43 meq/kg.

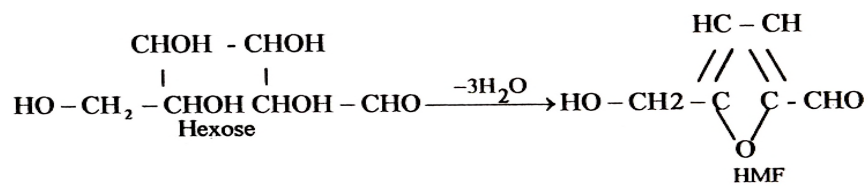
Mamoune et Hallouz (2020) ont trouvé des valeurs de l'acidité totale qui varient entre 12,5 et 16,6 meq/kg pour les miels du jujubier, par contre Mahmoud et *al.* (2016) a obtenu des valeurs plus élevées qui varient entre 20,08 et 135,1 méq/kg.

1.2.7. Hydroxyméthylfurfural (HMF)

La mesure de la teneur en H.M.F permet l'évaluation de la fraîcheur du miel, la limite maximale fixée par les normes internationales étant de 40 mg/kg. La nouvelle directive européenne prévoit de porter ce maximum à 80 mg/kg pour les miels d'origine tropicale.

Selon Gonnet (1982), l'existence d'HMF dans le miel est une mesure de sa détérioration précoce, révélant son niveau de fraîcheur.

L'HMF est un composé chimique issu de la dégradation du fructose et du glucose, selon la réaction suivante (Belaid, 1999):



La présence d'HMF dans le miel est un indicateur du mauvais stockage ou de l'exposition des produits à l'effet thermique.

L'analyse spectrométrique des échantillons du miel révèle des teneurs en HMF qui sont situées entre 4,47 et 8,14 mg/kg avec une moyenne de 7,52mg/kg (Tableau 03 et figure 08).

Les résultats de tous nos échantillons sont largement en dessous de la norme, Donc sont des miels frais et de bonne qualité.

La valeur la plus élevée 8,14 mg/kg a été enregistrée par l'échantillon E3 de provenance de Djelfa tandis que l'échantillon E1 de Tindouf la valeur la plus faible (4,47 mg /kg).

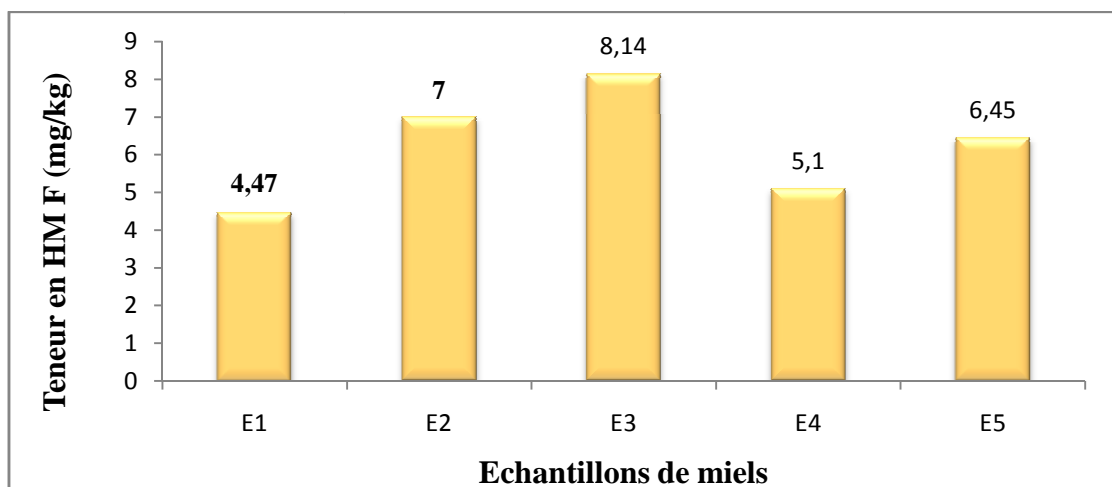


Figure 08: Teneur en HMF de chaque variété de miel

Plusieurs éléments peuvent avoir un impact sur la teneur en HMF, tels que la catégorie de sucre et le niveaux de concentration, la durée de conservation, la température et l'acidité (Bogdanov et al., 2004).

La production d'HMF du miel est un processus naturel qui est lent lorsqu'il est exposé à la température ambiante. Cependant, chauffer le miel, quelle que soit son acidité, accélère considérablement le processus (Predrix, 2003).

Les valeurs de l'HMF des miels de Cresson de Tamenrasset étudiés par Ouadjnia et Mebkhout (2022) varient entre 16,32-53,38 mg/kg.

Selon Adam et *al.* (1974), cités par Belaid (1999) le taux élevé d'H.M.F dénote parfois l'adjonction des sucres intervertis. De même Schweizer (2003) rapporte que l'H.M.F augmente lors de certaines adultérations.

Makhloufi et *al.* (2010) ; Banaziza-Bouchema et Schweitzer (2010) ; Bendeddouche et Dahmani (2011) ont trouvé des valeurs en HMF allant de 0 à 598,8 mg/kg pour 140 miels algériens.

Achour et khali (2014) ont trouvé des teneurs en HMF comprises entre 1,64 et 76,34 mg/kg dans les miels algériens étudiés.

Belhaj et *al.* (2015) ont obtenu des teneurs en HMF entre 3,87 et 100 mg/kg dans quelques types de miels marocains.

Tornuk et *al.* (2013) ont trouvé des valeurs comprises entre 0,03 et 4,12 mg /kg pour les miels Turques.

Nakib (2022) a trouvé des teneurs en HMF, comprises entre 9 et 16,89 mg/kg dans 10 miels algériens d' Eucalyptus.

Nair et Maghraoui (2017) ont obtenu des valeurs en HMF qui varient entre 5.65 et 37,42 mg/kg pour quelques échantillons de miel produits au nord-ouest d'Algérie.

2. Activité antioxydante et antibactérienne

2.1. Effet antioxydant

2.1.1. Teneur en polyphénols

Les résultats des teneurs en composés phénoliques des miels étudiés sont indiqués dans la figure suivante:

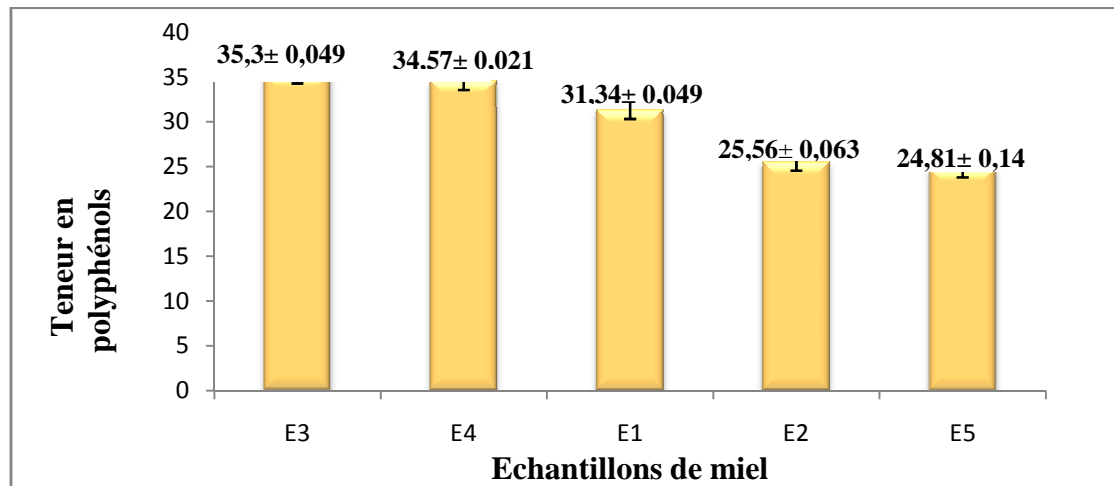


Figure 09: Teneurs en polyphénols des échantillons des miels étudiés

(Moyenne ± Ecart type).

Les résultats obtenus montrent que les teneurs en polyphénols des miels étudiés varient entre $24,81 \pm 0,14$ et $35,3 \pm 0,049$ mg d'EAG/100g de miel, on constate que l'échantillon (E3) de la région de Djelfa présente la teneur en polyphénols la plus élevée ($35,3 \pm 0,049$ mg EAG/100g) tandis que la teneur la plus faible ($24,81 \pm 0,14$ mg EAG/100g) a été enregistrée dans l'échantillon (E5) de la région de Mascara.

Ces teneurs sont très proches à ceux obtenus par Ouadjnia et Mebkhout (2022) qui ont enregistrés des teneurs en polyphénols qui varient entre 22,49 et 36,82 mg EAG/100 pour quelques miels monofloraux algériens.

Nos résultats sont inférieurs à ceux indiqués par les travaux suivants:

Amari et *al.* (2020) ont rapporté des teneurs en polyphénols comprises entre 61,81 et 95,25mg d'EAG/100g pour les miels de jujubier de différentes régions d'Algerie .

Bouyahya et *al.* (2018) ont trouvé des valeurs en polyphénols qui oscillent entre 56,32 et 124,60 mg d'EAG/g pour les miels marocains.

Piljac-Zegarac et *al.* (2009) ont enregistré des valeurs comprises entre 78,96 et 114,75 mg d'EAG/100g pour le miel de miellat.

En comparaison avec d'autres études, les teneurs en polyphénols obtenues sont élevées en effet, Bakchiche et *al.* (2017) ont obtenus des taux en polyphénols d'ordre de 17,2mg d'EAG/100g pour le miel de *Peganum harmala*.

Halagarda et al.(2020) ont enregistré des valeurs en polyphénols comprises entre 3,43 et 22,33mg d'EAG/100g.

Socha et al. (2011) ont rapporté des teneurs en polyphénols qui varient entre 4,46 et 15,04mg d'EAG/100g.

Giordano et al. (2018) ont trouvé des valeurs en polyphénols allant de 48,79 à 153,30 mg EAG/100g pour les miels de *Azara petiolaris* et *Azara integrifolia*.

Les teneurs en composés phénoliques varient selon plusieurs facteurs dont on peut citer:

- L'origine botanique;
- L'origine géographique du miel;
- Les facteurs environnementaux (Benamara et al.,2019).

Généralement la teneur des composés phénoliques dans les miels clairs est inférieure à celle des miels foncés (Berreta et al., 2005).

2.1.2. Teneur en flavonoïdes

La figure suivante représente les teneurs en flavonoïdes des miels étudiés

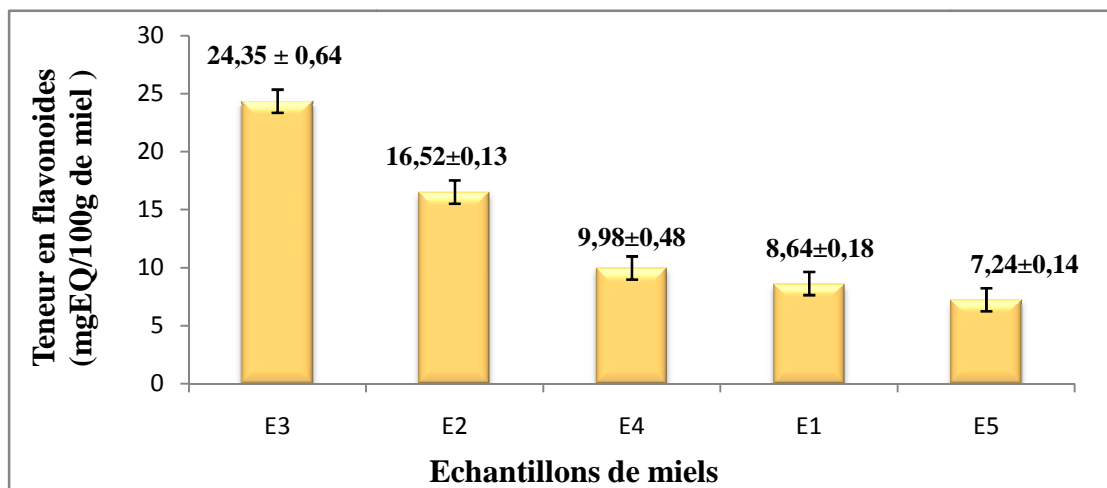


Figure 10: Teneurs en flavonoïdes des échantillons de miels étudiés (Moyenne± Ecart type)

D'après les résultats obtenus, on constate que le taux des flavonoïdes des différents miels analysés est compris entre 7,24±0,14 et 24,35±0,64 mg EQ/100g. La teneur la plus élevée en flavonoïdes a été enregistrée dans l'échantillon (E3) de la région de Djelfa (24,35±0,64mg EQ/g), alors que l'échantillon (E5) de la région de Mascara présente la teneur la plus faible (7,24±0,14mg EQ/g).

Ces teneurs sont similaires à ceux rapportées par Socha et *al.* (2009) qui ont enregistré des taux en flavonoïdes allant de 6,9 à 28,5 mg EQ/100g.

Nos résultats sont inférieurs à ceux rapportés par d'autres études dont on peut citer:

Yolanda et *al.* (2011) ont trouvé des teneurs en flavonoïdes qui varient entre $29,58 \pm 0,49$ et $187,08 \pm 0,59$ mg EQ/100g pour les miels de Mexiques.

Diafat et *al.* (2017) ont rapporté des quantités en flavonoïdes qui oscillent entre 10.48 et 93.86 mg EQ/100g pour quelques miels algériens de la région de Bordj Bou Arreridj.

Pham et *al.* (2022) ont enregistré des teneurs en flavonoïdes qui varient entre 9,79 et 75,54 mg EQ/100g pour les miels vietnamiens de différentes origines botaniques.

Nos résultats sont supérieurs à ceux obtenus par d'autres travaux de recherche:

Deosvaldo et *al.* (2022) ont enregistré des teneurs en flavonoïdes de l'ordre de 2,24 mg EQ/100 g pour le miel de *Serjania lethalis* et de 3,45 mg EQ/100 g pour le miel de *Omphalea diandra L.*

Yayini et *al.* (2022) ont trouvé des teneurs en flavonoïdes comprises entre 0,71 et 5,80 mg EQ /100 pour les échantillons de miel de l'Ethiopie.

La teneur en flavonoïdes présente dans le miel varie en fonction de plusieurs facteurs tels que la source florale, la région géographique, la saison et le site de collecte (Česksteryt et *al.*, 2006).

2.1.3. Activité antioxydante évaluée par le pouvoir réducteur (FRAP)

Les résultats du pouvoir réducteur des miels étudiés et des antioxydants standards vitamine C et l'acide gallique sont représentés dans la figure suivante:

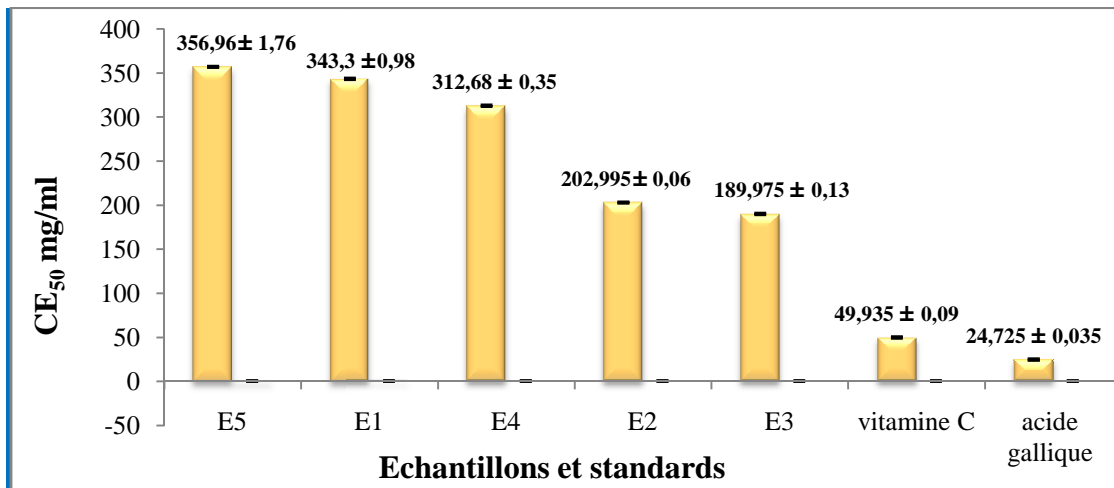


Figure 11: Concentration effectrice responsable du pouvoir réducteur des miels, vitamine C et l'acide gallique.

D'après les résultats obtenus, on constate que les cinq échantillons de miel étudiés présentent une activité antioxydante évaluée par le test du pouvoir réducteur du fer (FRAP) avec des CE₅₀ qui varient entre 189,97±0,13 et 356,96±1,76 mg/ml, ce pouvoir reste inférieur à ceux des antioxydants standard, l'acide gallique et la vitamine C qui présentent des CE₅₀ d'ordre de 0.024±0.0035 et 0.049±0.0091 mg/ml respectivement.

Le miel de la région de Djelfa (E3) possède l'activité antioxydante la plus importante avec une CE₅₀ d'ordre de 189,97±0,13 mg/ml, ceci peut être due à sa richesse en polyphénols (35,31mg EAG/100g) et en flavonoides (24,36mg EQ/100g) par rapport aux autres échantillons de miels analysés, par contre le miel de la région de Mascara (E5) présente le pouvoir réducteur le plus faible avec une CE₅₀ d'ordre de 356,96 mg/ml, ceci peut être expliqué par sa faible teneur en polyphénols (24,81mgEAG/100g) et en flavonoides (7,24mg EQ/100g) en comparaisons avec les autres variétés de miel.

L'activité antioxydante du miel a été démontrée et évaluée par plusieurs études dont on cite:

Ouadjnia et Mebkhout (2022) ont montré que les miels mnofloraux algériens présentent une activité antioxydante appréciable avec des CE₅₀ qui varient entre 169,5 et 513,5mg/ml.

Amari et *al.* (2020) ont évalué l'activité antioxydante de 4 échantillons de miel de jujubier algériens par le test du pouvoir réducteur du fer (FRAP) et ont trouvé des valeurs de CE₅₀ comprises entre 192,5 et 268,5 mg/ml.

Benamara et *al.* (2019) ont montré que trois variétés de miel algériens présentent un pouvoir réducteur important avec des CE_{50} qui oscillent entre 176,93 et 429,5 mg/ml .

Abdellah et *al.* (2020) ont trouvé que deux variétés de miel de la steppe algérienne *Euphorbia cheiradenia* et *Noaea mucronata* présentent un pouvoir réducteur important avec des CE_{50} d'ordre de 159,37 mg/ml et 176,93 mg/ml respectivement.

Abed et *al.* (2022) ont trouvé des valeurs de CE_{50} allant de 1,22 à 5,59 mg/ml pour quelques échantillons de miel algérien.

Bakchiche et *al.* (2017) ont obtenu des valeurs de CE_{50} entre 0,0011 et 0,024 mg/ml pour quatre variétés des miels algériens.

L'activité antioxydante des miels peut être due à la présence des polyphénols, tels que les flavonoides, les acides phénoliques et aussi à la présence des acides aminés, des protéines, des acides organiques, des vitamines et des enzymes.

2.2. Effet antibactérien des miels étudiés

Les résultats de l'activité antibactérienne des miels étudiés sont représentés dans le tableau suivant:

Tableau 04: Valeurs des CMI des miels étudiés vis-à-vis des souches bactériennes testées

Echantillon de miel / Souches testées	E1	E2	E3	E4	E5
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	17%	10%	12%	16%	11%
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC33862	12%	8%	12%	13%	10%
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 27853	18%	8%	12%	12%	11%

Les résultats obtenus montrent que tous les échantillons de miels étudiés possèdent une activité antibactérienne contre toutes les souches testées.

Les valeurs de CMI obtenues varient de 10 à 17% pour *E. coli*, de 8 à 13 % pour *S. aureus* et de 8 à 18 % pour *P. aeruginosa*.

On constate que le miel (E2) de la région d'Ilizi présente le meilleur pouvoir antibactérien, tandis que le miel (E1) de la région de Tindouf présente l'activité antibactérienne la plus faible.

L'effet antibactérien du miel a été étudié par plusieurs travaux de recherche. selon Ouadjnia et Mebkhout (2022), le miel de Cresson algérien étudié présente une activité antibactérienne vis-à-vis de *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853), *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923) et *Escherichia coli* (ATCC 25922).

Morrone et al. (2018) ont indiqué que le miel de *Melipona beecheii* de Cuba possède une activité antimicrobienne importante contre *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Candida albicans*.

Imtara et al. (2018) ont trouvé que les miels palestiniens possèdent un effet antibactérien vis-à-vis d'*E. coli*, *S. aureus* et *P. aeruginosa* avec des valeurs de CMI qui varient de 62,5 à 250 mg/ml.

Merrah et al. (2010) ont montré que les miels de quelques régions algériennes (Tizi Ouzou, Sidi bel Abbes, Jijel) ont une activité antibactérienne importante vis-à-vis des bactéries à Gram négative *Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa*.

Al-Zahrani et al. (2012) ont trouvé que le miel de Manuka possède un effet antibactérien vis-à-vis de *S. aureus* ATCC 43300 et *S. aureus* ATCC 25923.

Mahasin (2022) a rapporté que 32 échantillons de miel naturels et commerciaux ont un effet inhibiteur contre les souches suivantes : *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *proteus vulgaris*, *Salmonella typhi*, *Shigella sonnei* et *Staphylococcus aureus* résistant à la méthicilline.

Balázs et al. (2023) ont constaté que les miels monofloraux inhibent la croissance de *Pseudomonas aeruginosa* ATCC27853, *Staphylococcus epidermidis* ATCC 12228 et *Staphylococcus aureus* résistant à la méthicilline ATCC 700698 avec des valeurs de CMI comprises entre 10 à 25%

L'activité antibactérienne du miel est attribuée aux plusieurs facteurs:

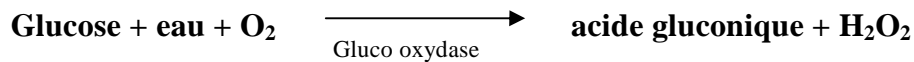
pH acide :

Le pH du miel est naturellement acide, ce qui permet l'inhibition de la croissance de

diverses espèces bactériennes (Naman et *al.*, 2005)

Peroxyde d'hydrogène

La plupart des miels contient du peroxyde d'hydrogène, qui est considéré comme un très bon conservateur et le principal inhibiteur du miel. Il est le résultat de l'oxydation de l'eau et du glucose par la glucose oxydase sécrétée par la glande hypopharyngée de l'abeille lors du processus de transformation du nectar en miel selon la réaction suivante:



Le peroxyde d'hydrogène est réduit par la catalase, qui représente un antagoniste de la glucose oxydase. La concentration de peroxyde dépend donc de l'activité de ces deux enzymes (Lagha, 2017).

Méthylglyoxal (MGO)

La Méthylglyoxal est l'une des substances dicarboxylés résultant de la réaction de Maillard qui s'effectue dans les substances riches en sucre tel que le nectar. Cette molécule présente une activité bactéricide et sa teneur varie en fonction de l'origine géographique et florale du miel (Sultanbawa et *al.*, 2015).

Pression osmotique

Les propriétés antimicrobiennes du miel proviennent principalement de sa teneur élevée en sucre. Le miel forme une solution sucrée hypersaturée qui exerce une pression osmotique élevée en provoquant une forte déshydratation des germes qui n'ont plus alors suffisamment d'eau pour survivre (Olaitain et *al.*, 2007).

Défensine-1

La défensine-1 est l'un des quatre peptides antimicrobiens (apidaecine, abaecine, hyménoptaecine et défensine) sécrétés par l'abeille (Ilyasov et *al.* 2012). Elle possède un large spectre d'activité antimicrobienne (bactérie à Gram positif et à Gram négatif, champignon et virus) (Couquet et *al.*, 2013).

Composés phénoliques

Les composés phénoliques se trouvent à des niveaux élevés dans le miel et peuvent contribuer à son activité antibactérienne (Wahdan, 1998).

Lysozymes

Les lysozymes sont des enzymes produites par les abeilles et sont dotés d'une activité bactériostatique (Bruneau, 2006).

CONCLUSION

Conclusion

Conclusion

Le miel est un produit naturel qui possède plusieurs propriétés bénéfiques pour la santé, telles que les activités antioxydantes et antibactériennes.

Notre recherche a pour but d'évaluer les caractéristiques physico-chimiques, antioxydantes et antibactériennes de Cinq miels de Cresson prélevés de différentes régions d'Algérie: Tindouf, Ilizi, Djelfa et Mascara.

Les valeurs du pH (3,5-4,5) montrent que nos échantillons sont des miels de nectar.

Les résultats obtenus pour la conductivité électrique (0,485 mS/cm à 0,975 mS/cm) révèlent que la plupart des échantillons (80%) sont des miels issus de nectar, seulement un échantillon (10%) probablement est un miel de miellat.

Le taux d'humidité indique que nos miels ne présentent pas un risque de fermentation, sauf le cas de l'échantillon E2 (18,6%).

Les résultats de la teneur en HMF (4,47-8,14mg/kg) montrent que nos miels sont frais et de bonne qualité.

Nos échantillons de miel possèdent une activité antioxydante intéressante, qui est attribuée à la présence de flavonoïdes et polyphénols et évaluée par le test pouvoir réducteur (FRAP).

Les miels étudiés sont caractérisés par une activité antibactérienne contre toutes les souches pathogènes testées.

Les résultats obtenus confirment qu'il est possible d'utiliser le miel comme agent antioxydant et antibactérien naturel.

Il est impératif d'assurer la poursuite de cette étude sur tout le territoire national afin de caractériser les miels algériens.

Références Bibliographiques

Références bibliographiques

- Abdellah F., Makhloufi C., Boukraa L., Hammoudi Si M., Safa A., Delle N., Benamara A., Benhadiri M., Marouf N., Benaraba R., 2020.** Physico-chemical Properties and Antibacterial and Antioxydant Activity of Two Varieties of Honey from Algerian Steppe. *Journal of Apitherapy and Nature/Apiterapive Doga Dergisi*, 3(2), 59-74, Doi 10.35206/jan.774052.
- Abera T., Alemu T., 2023.** Physico-chemical characteristics of honey produced from north eastern Ethiopia. 9:13364. doi.org/10.1016/j. heliyon. 2023.e13364.
- Achour H.Y., Khali M., 2014.** Composition physicochimique des miels algériens. Détermination des éléments traces et des éléments potentiellement toxiques. *Afrique Science*, 10(2): 127–136.
- Adam R., Smith M., Townsend G., 1974.** Livre des denrées alimentaires Suisse. Miel et miel artificiel. Suisse.
- Ajlouni S., Sujirapinyokul P., 2010.** Hydroxymethylfurfuraldehyde and amylase contents in Australian honey. *Food Chemistry*, 119, 1000-1005.
- Alzahrani H.A., Alsabehi R., Boukraâ L., Abdellah F., Bellik Y., Bakhotmah B., 2012.** Antibacterial and Antioxidant Potency of Floral Honeys from Different Botanical and Geographical Origins. *Molecules*, 17, 10540-10549.
- Amari N., Ait Hammou A., Assam H., 2021.** Etude des propriétés physico-chimiques, antioxydantes et antibactériennes du miel de *Jujubier*. Mémoire de master Microbiologie Appliquée. Université Ibn Khaldoun, Tiaret.
- Amrouche L., et Kessi L., 2003.** Étude de la qualité physico-chimique de quelques miels. Mémoire Ingénieur en sciences et technologies, USTHB Alger.
- Atmani S., Djermouni M., 2016.** Teneur en polyphénols et activité antimicrobienne de quelques miels de la région de Bejaia. Memoire Master en Pharmacologie moléculaire. Université Abderrahmane MIRA de Bejaia.
- Bakchiche B., Habati M., Benmebarek A., Gherib A., 2017.** Caractéristiques physicochimiques, concentrations en composés phénoliques et pouvoir antioxydant de quatre variétés de miels locaux (Algérie). *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét.* 6 (1):118-123.
- Balázs V.L., Nagy-Radványi L., Bencsik-Kerekes E., Koloh R., Szabó D., Kocsis B.,**

References bibliographies

Kocsis M., Farkas Á., 2023. Antibacterial and Antibiofilm Effect of Unifloral honeys against Bacteria Isolated from Chronic Wound Infections. *Microorganisms* 11, 509. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11020509>

Belaid M., 1999. Etude physico-chimique et palynologique de quelques miels du centre d'Algérie: Etablissement des normes d'identification. Mémoire. Magistère. Agronomie. INA. El Harrach.

Belhaj O., Oumato J., Zrira S., 2015. Étude physico-chimique de quelques types de miels marocains. *Revue Marocaine Des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 3: 71–75.

Benabdallah A., 2017. Etude écophysiological, développement et importance des plantes médicinales du genre *Mentha* dans le parc national d'El-Kala (Nord-Est- Alegria). Thèse de doctorat en sciences, filière Biologie Végétal. Université des Frères Mentouri Constantine.

Benamara A., Benhadiri M., Marouf N., 2019. Etude des propriétés physico-chimiques et effet bioactifs de quelques variétés de miels algériens. Mémoire de master Microbiologie Appliquée Université Ibn Khaldoun, Tiaret.

Benaziza-Bouchema D., Schweizer P., 2010. Caractérisation des principaux miels des régions du Nord de l'Algérie. *Cah Agric*, 19(6), 432-438.

Benazzouz L., 2005. Etudes des interactions protéines-polyphénols. Etude de cas : extrait de *Nigella sativa L.* Avec la protéine Sérum Albumine Bovine. Mémoire de Magistère de Biologie en Biologie Physico-chimique. Université Abderrahmane Mira Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Béjaia.

Beneddouch B., Dahmani K., 2011. Physical properties of honey products in Algeria. *Journal of Stored Products and Postharvest Research* (Algeria). Vol. 2(12), pp. 237 – 244.

Benkhoucha K., Chenawi K., Mazouni R., 2020. Analyses Physico-chimique et Polliniques de Quelques Miels d'Algérie. Mem de Master microbiologie appliquée. Université Djilali Bounaama de Khemis-Miliana.

Beretta J., Giangiacomo G., Ferrero M., Orioli M., Maffei-facino R., 2005. Standardisation of antioxidant properties of honey by a combination of spectrophotometric/fluorimetric assays and chemometrics. *Analytica Chimica Acta*, 533,185-191.

Berhanu S., Tadesse D.M., Jorge A., 2022. Physico-chemical properties of Ethiopian Apis

References bibliographies

mellifera Honey: Review. *J Agric Sc Food Technol* 8(1): 038-044. DOI: <https://dx.doi.org/10.17352/2455-815X.000143>

Bogdanov S., Bieri K., Figar M., Figueiredo V., IFF D., Kanzig A., Stockli H., Zurcher K., 1995. Miel: definition et directives pour l'analyse et l'appréciation. In "Livre Suisse des denrées alimentaires". OCFIM. 1995: 1-26.

Bogdanov S., Martin P., Lüllman C., Borneck R., Morlot M., Heritier J., Vorwohl G., Russmann H., Persano-Oddo L., Sabatini A.G., Marcazzan G.L., Marioleas P., Tsigouri A., Kerkvliet J., Ortiz A., Ivanov T., 1997. Harmonised methods of the European honey commission. *Apidologie*, 1– 59.

Bogdanov S., Martin P., Lüllmann C., 1999. Honey quality and international regulatory standards. International Honey Commission. *Bee World*, 80, 61-69.

Bogdanov S., Ruoff K., Persano L., 2004. Physico-chemical methods for characterization of unifloral honeys: a review. *Apidologie* 35:4-17.

Boucif O.E., 2017. Etude comparative de la diversité floristique de trois stations de Remchi (Wilaya de Tlemcen) et estimation de la qualité du miel récolté. Mem . MASTER En Ecologie et Environnement (Pathologie des écosystèmes). Université de TLEMEN.

Boukraâ L., 2008. Additive activity of royal jelly and honey against *Pseudomonas aeruginosa*. *Alternative Medicine Review*, 13, 330-333.

Bouyahya A., Abrini J., Et-Touys A., Lagrouh F., Dakka N., Bakri Y., 2018. Analyses phytochimique et évaluation de l'activité antioxydante des échantillons du miel marocains. *phytotherapie*, 16 (S1), S220-S224.

Bruneau E., 2006. Antibiotics in honey (Antibiotiques dans le miel). *Abeille and Cie*, 110 :26-28.(in French).

Carvalho C.A.L., Sodr  G.S., Fonseca A.A.O., Alves R.M.O., Souza B.A., Clarton L., 2009. Physicochemical characteristics and sensory profile of honey samples from stingless bees (Apidae: Meliponinae) submitted to a dehumidification process. *Anais da Academia Brasileira de Ci ncias*, v. 81,1 p. 143-149.

 eskstertyt , V., Kazlauskas, S., Ra ys, J., 2006. Composition of flavonoids in Lithuanian honey and bee bread. *Biologija*, 2: 28-33.

References bibliographiques

Chaouche Y.L., Bounsiar N., 2018. Contrôle qualité des miels locaux et importés. Thèse d'état de doctorat en pharmacie de l'université Mammeri Mouloud (Tizi-ouzou).

Chefrour A., 2008. Miels algériens: Caractérisation physico-chimique et mellissopalynologique (Cas des miels de l'Est de l'Algérie). Thèse de doctorat en sciences. Faculté des sciences, Université d'Annaba.

Chefrour A., Batteesti M.J., Ait Kaki T., Bennadja S., Tahar A., 2007. Melissopalynologic and physicochemical Analysis of Some North-East Algerian Honeys. *European Journal of Scientific Research*, 18(3), 389-401.

Chettoum A., Feknous N., Boumendjel M., Mekhanchad E., Boudida Y., Sedari A., Berredjem A., Ati H., Zaidi K., Boumendjel A., Messarah M., 2023. Biological, physicochemical and antibacterial properties of pure honey harvested at the municipality of Seraïdi (Annaba, north east of Algeria)., *Food Science and Technology* ISSN 0101-2061 (Print) ISSN 1678-457X (Online) OI:D <https://doi.org/10.1590/fst.41022>.

Cianciosi D., Forbes-Hernandez T.Y., Afrin S., Gasparrini M., Reboledo-Rodriguez P., Manna P.P., Battino M., 2018. Phenolic compounds in honey and their associated health benefits : A review. *Molecules*, 23(9) ,2322.

Couquet Y., Desmoulière A., Rigal M.L., 2013. Les propriétés antibactériennes et cicatrisantes du miel. *Actualités Pharmaceutiques*, 52, 22-25.

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): 14531459.

Donadieu Y., 2003. Qu'est ce que le miel ? Chapitre 1. Faculté de médecine de paris. p 6.

Giordano A., Retamal M., Leyton F., Martinez P., Bridi R., 2018. Bioactive polyphenols and antioxidant capacity of *Azarapetiolaris* and *Azaraintegrifolia* Honeys . *Cyta-Journal of food*, 16 (1),484-489.

Gonnet M., 1982. Le miel, composition, propriétés et conservation. Echauffour (France), Ed. OPIDA. INRA station expérimentale d'apiculture. p: 1-18

Gonnet M., 1986. L'analyse des miels. Description de quelques méthodes de contrôle de la qualité. *Bull.Tech. Apic*, 13(1), 17-36.

References bibliographies

Halagarda M., Groth S., Poppek S., Rohn S., Pedan V., 2020. Antioxidant Activity and phenolic profile of selected organic and conventional honeys from Poland. *Antioxidant* 2020,9,44 ; doi :10.3390/antiox9010044.

Hallouz M.F.Z., Mamoun N.O., 2020. Etude physicochimique et évaluation des activités biologiques des miels de jujubier, Mem. Master en Sciences biologiques. Université Ibn Khaldoun –Tiaret-. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.12.042>.

Ilyasov R.A., Gaifullina L.R., Satykova E.S., Poskryakov A.V., Nikolenko A.G., 2012. Review of the expression of anti-microbial peptide defensin in honey bees *Apis mellifera* L. *Journal of Apicultural Science*, 56 :115-124.

Imtara H., Elamine Y., Lyouss B., 2018. Honey antibacterial effect boosting using *Origanum vulgare* L. essential Oil. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, Article ID 7842583, 14 pages <https://doi.org/10.1155/2018/7842583>.

Jilani I.B.H., Schweizer P., Khouja M.L., Zouaghi M., Ghrabi Z., 2008. Physicochemical spectra of honeys produced in Tunisia (Southwest of Kef). *Apiacta*, 43, 38–48.

Juszczak L., Soca R., Roznowski J., Fortuna T., Nalepka K., 2009. Physicochemical properties and quality parameters of herbhoneys. *Food Chemistry*, 113: 538-542.

Lakermi H., 2018. Propriétés Physico-chimiques de Quelques Échantillons de Miels Produits dans la Région de Tlemcen. Mem. Master en chimie., Université Abou-Bekr Belkaid –TLEMEN.

Lequet L., 2010. Du nectar à un miel de qualité : contrôles analytiques du miel et conseils pratiques à l'intention de l'apiculteur amateur, thèse de Docteur Vétérinaire, école nationale vétérinaire de Lyon, université Claude Bernard - Lyon I. n°085. 175p.

Mahasin Ahmed Wadi. 2022. In Vitro Antibacterial Activity of Different Honey Samples against Clinical Isolates. *Hindawi BioMed Research International* Volume 2022, Article ID 1560050, 8 pages <https://doi.org/10.1155/2022/1560050>.

Mahmoud A., Shafiq M.I., Khaleeq A., Huma R., Abdul Qadir M., Khalid A., Ali A., Samad A., 2016. Physicochemical, biochemical, minerals content analysis, and antioxidant potential of national and international honeys in Pakistan. *Journal of Chemistry*. Article ID 8072305.

References bibliographies

- Makhloufi C., 2011.** Melissopalynologie et étude des éléments bioactifs des miels algériens. Thèse de Doctorat en sciences agronomiques. Ecole National Supérieure Agronomique d'El Harrach.
- Makhloufi C., Kerkvliet D., Ricciardelli-D'albore G., Choukri A., Samar R., 2010.** Characterization of Algerian honeys by palynological and physicochemical methods. *Apidologie*, 41: 509-521.
- Makhloufi C., Schweitzer P., Azouzi B., Persano O.L., Choukri A., Laaredj H., Ricciardelli-D'Albore G., 2007.** Some Properties of Algerian Honey. *Apiacta*, 42, 73 – 80.
- Mekious C., 2016.** La qualité des miels produits dans la région steppique de Djelfa (Algérie). laboratoire des plantes aromatiques et médicinales uni Blida1. Université Ziane Achour de Djelfa.
- Merah M., Bensaci Bachagha M., Boudershem A., 2010.** Etude de l'effet antimicrobien de trois échantillons du miel naturel récolté du territoire algérien. *Annales des Sciences et Technologie* Volume 2, N° 2.
- Molan P.C., 1996.** Authenticity of honey. In Food authentication (pp.259-303). Springer, Boston, MA.
- Morrone G., Alvarez-Suarez J.M., Brenciani A., Simoni S., Fioriti S., Pugnali A., Giampieri F., Mazzoni L., Gasparri M., Marini E., Mingoia M., Battino M and Giovanetti E., 2018.** Comparison of the Antimicrobial Activities of Four Honeys From Three Countries (New Zealand, Cuba, and Kenya). *Front. Microbiol.* 9:1378. doi: 10.3389/fmicb.2018.01378
- Nair S., 2014.** Identification des plantes mellifères et analyses physico-chimiques des miels Algériens. Thèse de Doctorat de Biologie en Biochimie, Faculté des Sciences de la nature et de la terre. Université d'Oran.
- Nair S., Bouzidi Maghraoui N., 2017.** Physicochemical Properties of Honeys Produced in North-West of Algeria. *Advances in Food Science and Engineering*, Vol. 1, No. 3, doi.org/10.22606/afse.2017.13005.,p 123-128.
- Nakib R., Ouelhadj A., Seijo Coello M.C., 2022.** Assessment of Physicochemical, Antimicrobial and Antiradical Characteristics of Some Algerian Honeys from Different Floral

References bibliographies

and Geographical Origins., *Phytothérapie*. DOI 10.3166/phyto-2022-0325

Nakib R.,2022. Characterization of selected Algerian honeys and identification of some potential biomarkers., thesis Doctorate in Food Sciences. University of Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou

Naman M., Faid M., El Adlouni C.,2005. Microbiological and physico-chemical properties of Moroccan honey. *International Journal Of Agriculture & Biology*, 7: 773–776.

Ouchemoukh S., Louaileche H., Schweitzer P., 2007. Physicochemical characteristics and pollen spectrum of some Algerian honeys. *J. Food. Control*, 18, 52-58.

Noel J., Leyvral G., 2001. Microbiologie technique. Dictionnaire des techniques 3èmes éditions du centre régional de documentation pédagogique d'aquitaine. 213-219.

Olaitan P.B., Adeleke O.E., Ola I.O., 2007. Honey: a reservoir for microorganisms and an inhibitory agent for microbes. *African Health Sciences*, 7(3), 159-165.

Ou B., Hampsch-Woodill M., Prior R.L., 2001. Development and validation of an improved oxygen radical absorbance capacity assay using fluorescein as the fluorescent probe. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, (49), 4619-4626.

Ouadjnia A., Mebkhout.A., 2022. Etude physico-chimique et activités antibactériennes et antioxydantes de quelques miels monofloraux algériens., Mem. Master en Sciences biologiques. Université Ibn Khaldoun, Tiaret.

Ouchemoukh S., 2012. Caractérisation physicochimique, profils polliniques, glucidiques et phénoliques et activités antioxydantes de miels Algériens. Thèse de Doctorat. Université Abderrahmane Mira de Béjaia.

Ouchemoukh S., Louaileche H., Schweitzer P., 2007. «Physicochemical characteristics and pollen spectrum of some Algerian honeys». *Food Control*, Vol: 18, p. 52-58. 10.1016/j.foodcont. 2005.08.007 .

Oyaizu M., 1986. Studies on products of browning reaction : Antioxydative activities of browning reaction prepared from glucosamin. *Japan Journal of Nutrion*, 44,307-315.

Perdrix J.L., 2003. Critères de qualité du miel. Bulletin de liaison N°41. Laboratoire d'analyse et d'écologie apicole, France.

References bibliographies

- Persano Oddo L., Piro R., 2004.** Main European unifloral honeys : descriptive sheets. *Apidologie*, 35(Suppl. 1), S38-S81.
- Pham T.N., Nguye T.V. Le, D.T., Diep L.M.N., Nguyen K.N., To T.H.N., Le T.H., Nguyen Q.V., 2022.** Phenolic Profiles, Antioxidant, Antibacterial Activities and Nutritional Value of Vietnamese Honey from Different Botanical and Geographical Sources. *Agrin Engineering* . 4, 1116–1138. <https://doi.org/10.3390/agriengineering4040069>
- Piazza M.G., Accorti M., Persano O.L., 1991.** Electrical conductivity, ash, colour and specific rotatory power in Italian unifloral honeys. *Apicoltura*, 7, 51-63.
- Piljac-Zegarac J., Stipcevic T.,Belscak A., 2009.** Antioxydant prpreties and phenolic content of different floral originhoneys. *Journal of Api product and Api Medical Science*,1(2) ,43-50.
- Reguig A.,2019.** Caractérisation pollinique et physicochimique de deux catégories de miel : Miel d'importation et Miel locaux. Mem. De Master sciences agronomiques. université mohamed khider de biskra.
- Rysha A., Kastrati G., BiberL., Sadiku V., Rysha A., Zogaj F., Kabashi-Kastrati E., 2022.** Evaluating the Physicochemical Properties of Some Kosovo's and Imported Honey Samples. *Appl. Sci.* 12, 629. <https://doi.org/10.3390/app 12020629>
- Schweitzer P., 2003.** Sur les sentiers des miels de France. L'analyse physico-chimique des miels. *Abeille de France*, N° 891.
- Schweitzer P., 2004.** Quelques éléments sur le vieillissement du miel. Revue, *Abeille de France*. Laboratoire d'analyse et d'écologie apicole. 916, 1-7.
- Singleton V.L.,Rossi J.A., 1965.** Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotinguistic acide agents. *American Journal of Enology and Viticulture*,16,144-158.
- Socha R., juszak L., pietrzyk S., galkowska D., fortuna T., wiczak T., 2011.** Phenolic profile and antioxidant properties of polish honeys. *Int.J.food Sci.thechnol*, 46,528-534(CressRef).
- Socha R., Juszcza K. L., Pietrzyk S., Fortuna T., 2009.** Antioxidant activity and Phenolic composition of herb honeys. *Food Chemistry*, 113, 568–574.

References bibliographies

Soussy C.J., Bonnet R., Cavallo J.D., Chardon H., Chidiac C., Courvalin P., Dabernat H., Drugeon H., Dubreuil L., Guery B., Jarlier V., Jehl F., Lambert T., Leclercq R., Nicolas-chanoine M.H., Plesiat P., Quentin C., Rouveix B., Varon E., Weber P., 2010. Comité de l'antibiogramme de la société française de microbiologie (Recommandations 2010). <http://www.sfm.asso.fr/w.sfm.sso.fr>.

Sultanbawa Y., Cozzolino D., Fuller S., Cusack A., Currie M., Smyth H., 2015. Infra-red spectroscopy as a rapid tool to detect methylglyoxal and antibacterial activity in Australian honeys. *Food Chemistry*, 172, 207–212.

Terrab A., Díez M.J., Heredia F.J., 2003. Palynological, physico-chemical and colour characterization of Moroccan honeys: River redgum (*Eucalyptus camaldensis* Dehnh) honey. *Int. J. Food Sci. Technol.* 38, 379–386.

Tornuka F, Karamanb S., Ozturkb I., Tokera O.S., Tastemurb B., Sagdica O., Doganb M., Kayacierb A., .2013. Quality characterization of artisanal and retail Turkish blossom honeys: Determination of physicochemical, microbiological, bioactive properties and aroma profile. *Industrial Crops and Products* 46 (2013), p 124– 131

Wahdan H.A.L., 1998. Causes of the antimicrobial activity of honey. *Infection*. 26(1) :26-31.

Yayinie M., Atlabachew M., Tesfaye A., Hilluf W., Reta C., Alemneh T., 2022. Polyphenols, flavonoids, and antioxidant content of honey coupled with chemometric method: geographical origin classification from Amhara region, Ethiopia, *International Journal of Food Properties*, 25:1, 76-92, DOI: 10.1080/10942912.2021.2021940

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.

Zerrouk S., Bahloul R 2020. Palynological and physicochemical properties of multifloral honey produced in some regions of Algeria, *Journal of Apicultural Research*, DOI: 10.1080/00218839.2020.1856559

Zerrouk S., Seijo-Coello M.C., Escuredo O., Rodríguez-Flores M.S., 2017. Characterization of *Ziziphus lotus* (jujube) honey produced in Algeria. *Journal of Apicultural Research*, Volume: 57, Issue 1: Special Issue: Honey.

Annexes

Annexe I: Table de CHATAWAY (1935)

Indice de réfraction (20°C)	Teneur en eau (%)	Indice de réfraction (20°C)	Teneur en eau (%)
1,5044	13,0	1,4885	19,2
1,5038	13,2	1,4880	19,4
1,5033	13,4	1,4875	19,6
1,5028	13,6	1,4870	19,8
1,5023	13,8	1,4865	20,00
1,5018	14,0	1,4860	20,2
1,5012	14,2	1,4855	20,4
1,5007	14,4	1,4850	20,6
1,5002	14,6	1,4845	20,8
1,4997	14,8	1,4840	21,0
1,4992	15,0	1,4835	21,2
1,4987	15,2	1,4830	21,4
1,4982	15,4	1,4825	21,6
1,4976	15,6	1,4820	21,8
1,4971	15,8	1,4815	22,0
1,4966	16,0	1,4810	22,2
1,4961	16,2	1,4805	22,4
1,4956	16,4	1,4800	22,6
1,4951	16,6	1,4795	22,8
1,4946	16,8	1,4790	23,0
1,4940	17,0	1,4785	23,2
1,4935	17,2	1,4780	23,4
1,4930	17,4	1,4775	23,6
1,4925	17,6	1,4770	23,8
1,4920	17,8	1,4765	24,0
1,4915	18,0	1,4760	24,2
1,4910	18,2	1,4755	24,4
1,4905	18,4	1,4750	24,6
1,4900	18,6	1,4745	24,8
1,4895	18,8	1,4740	25,5
1,4890	19,0		

Annexe II: Bactéries pathogène étudiées

Bactérie	Pouvoir pathogène commun	Résistance aux antibiotiques
<i>Staphylococcus aureus</i>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Infections suppuratives superficielles et profondes. ➤ Infections cutanées ; ➤ Infections ostéo –articulaires ➤ Infections pulmonaires ; ➤ Infections cardiaques ; ➤ Infections nosocomiales ; ➤ Infection intestinal ; (Fauchere et Avril,2002)	Certaines souches, résistantes à l'antibiotique méthiilline(Avisse,2014).
<i>Escherichia coli</i>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Infection intestinal syndromes dysentériques avec invasion de la muqueuse intestinale, de diarrhées sanglantes liées à la production de toxines ; ➤ Gastro-entérites infantiles ; ➤ Infection urinaire plus fréquent chez la femme ; ➤ Infection néonatale qui Peut se traduire par une méningite ou une septicémie.(Belarbi,2014) 	une bactérie productrice de bété lactamase à spectre étendu (BLSE) qui décomposent de nombreux antibiotique (Avisse, 2014).
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ des infections parfois sévères chez les sujets dont les défenses sont amoindries. ➤ des infections urinaires, bronchiques, cutanées, (impétigo, furoncles) (Delarras, 2007).	une bactérie généralement multi résistante, Elle est résistante à la ciprofloxacine. (Avisse, 2014).

Annexe III: Composition des milieux de culture.

Gélose de Muller-Hinton

Hydrolysate acide de caséine (peptone)	17,5g/L
Extrait de viande	2g/L
Amidon	1,5g/L
Calcium	20à25mg/L
Magnésium	10à12,5mg/L
Agar	15g/L

Gélose Mac-Conkey

Peptone	20g/L
Sels biliaires n°3.....	1g/L
Cristal violet.....	0,001g/L
Lactose	10g/L
Rouge neuter	0,05g/L
Chlorure de sodium	05g/L
Agar	15g/L

Gélose Chapman

Peptone	10g/L
Extrait de viande de bœuf	1g/L
Chlorure de sodium	75g/L
Mannitol	10g/L
Rouge de phénol	0,025g/L
Agar	15g/L

Gélose King B

Peptone dite "B"	20,0g/L
Glycérol	10,0g/L
Hydrogénophosphate de potassium	1,5g/L
Sulfate de magnésium heptahydraté	1,5g/L
Agar purifié	12,0g/L

Annexe IV : Les courbes d'étalonnage

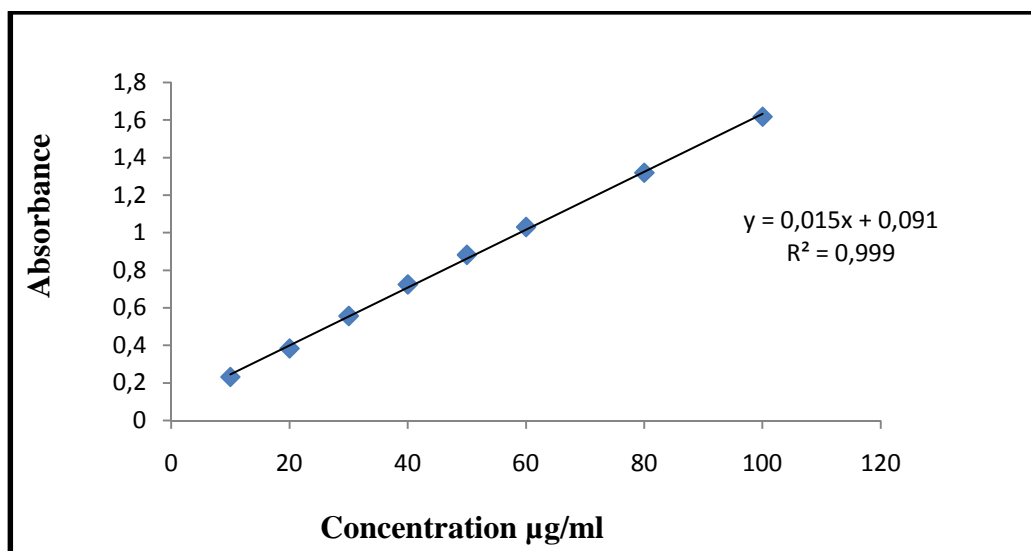


Figure 01: Courbe d'étalonnage Acide gallique

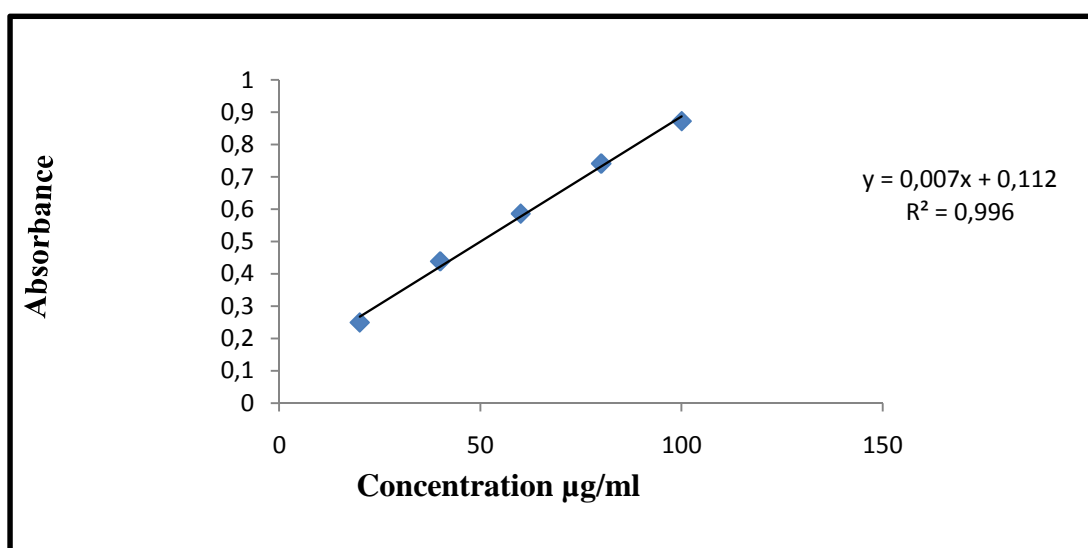


Figure 02: Courbe d'étalonnage de la quercetine

Annexe V : Pouvoir réducteur des antioxydants standards et des miels étudiés

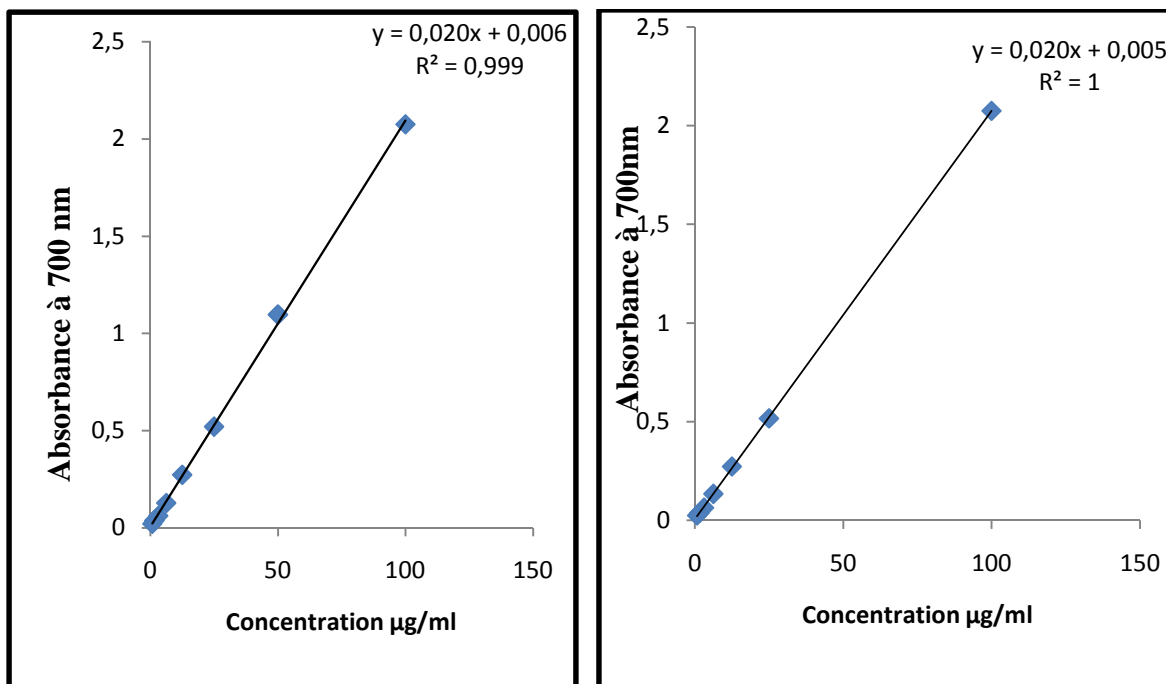


Figure 01 : Pouvoir réducteur de l'acide gallique.

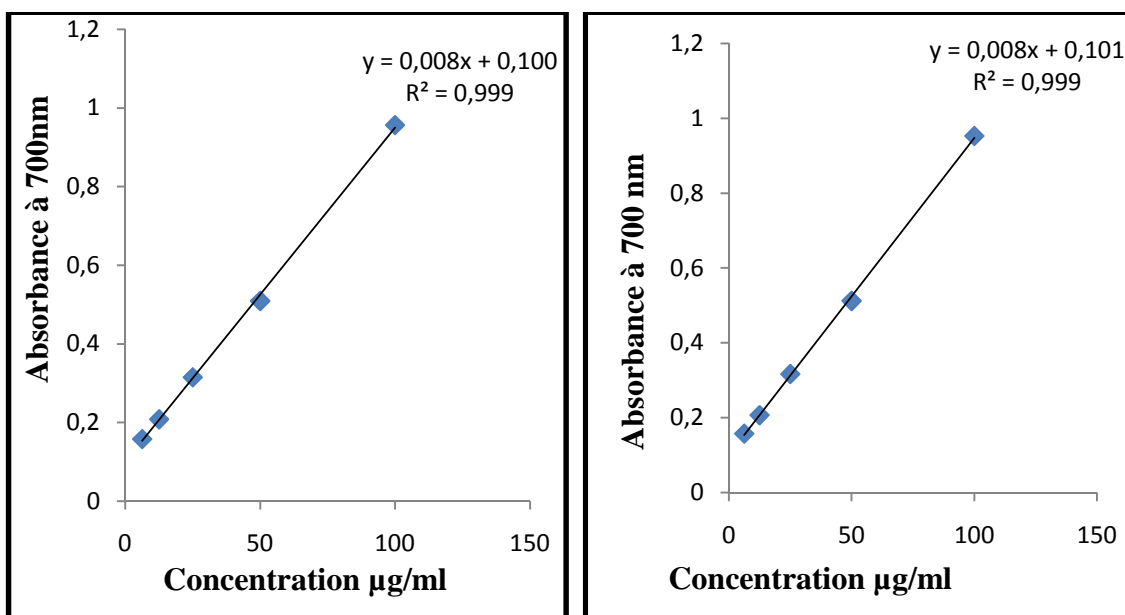


Figure 02 : Pouvoir réducteur de la vitamine C.

Annexe V : suite 01

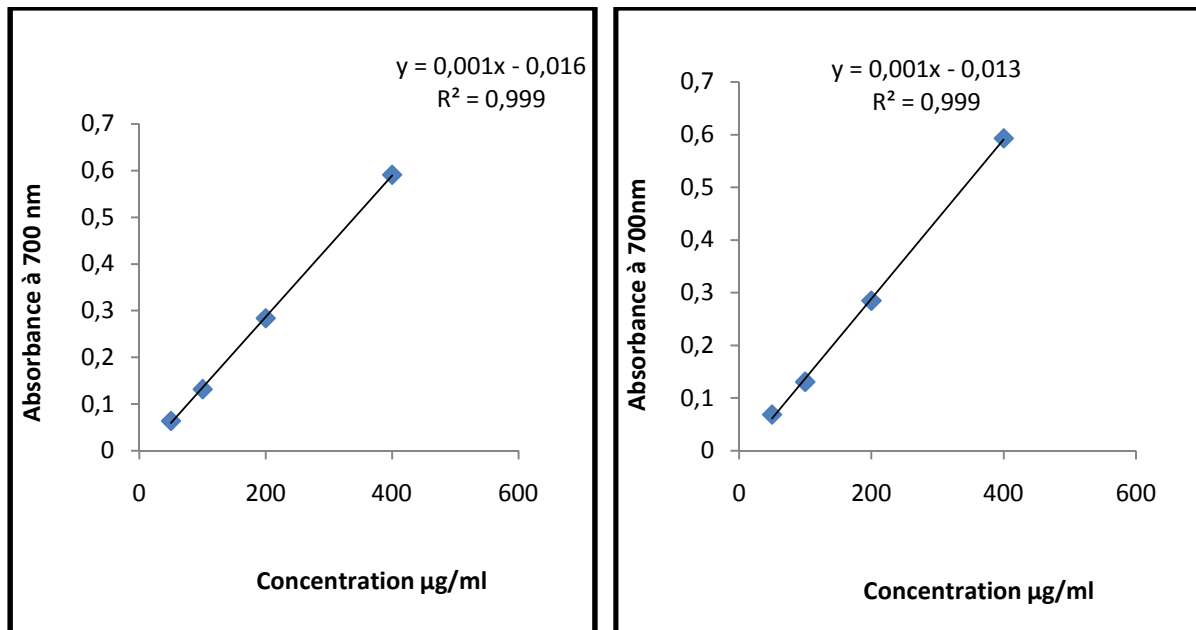


Figure 01: pouvoir réducteur du miel C1

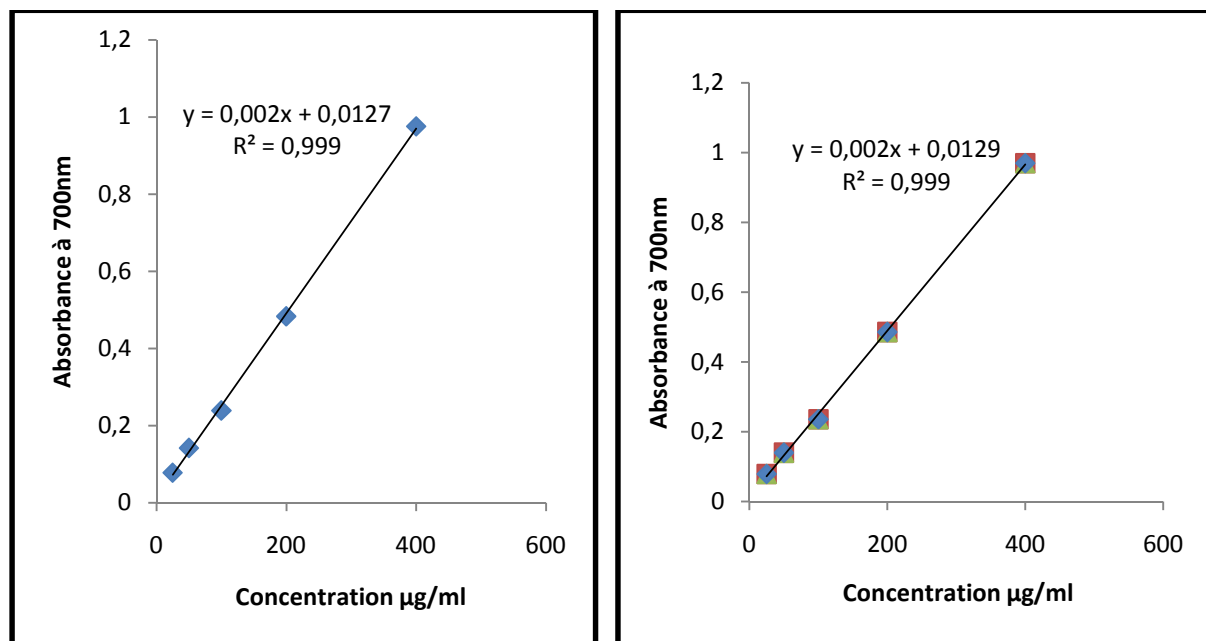


Figure 02: pouvoir réducteur du miel C2

Annexe V : suite 02

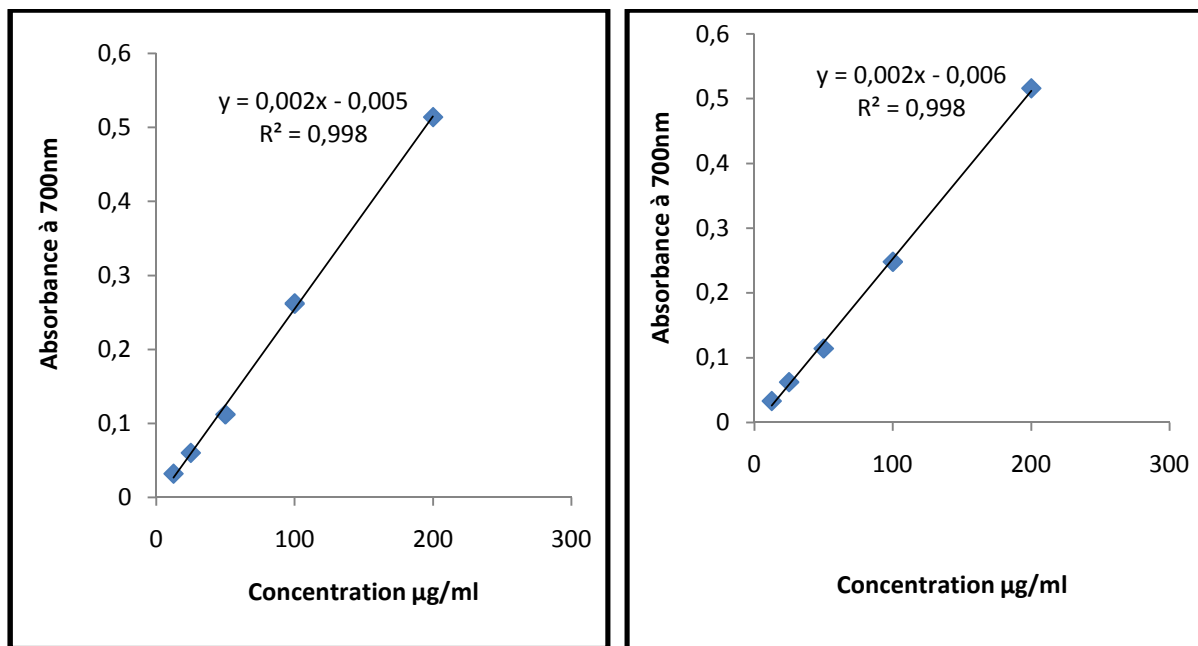


Figure 03: Pouvoir réducteur du miel C3

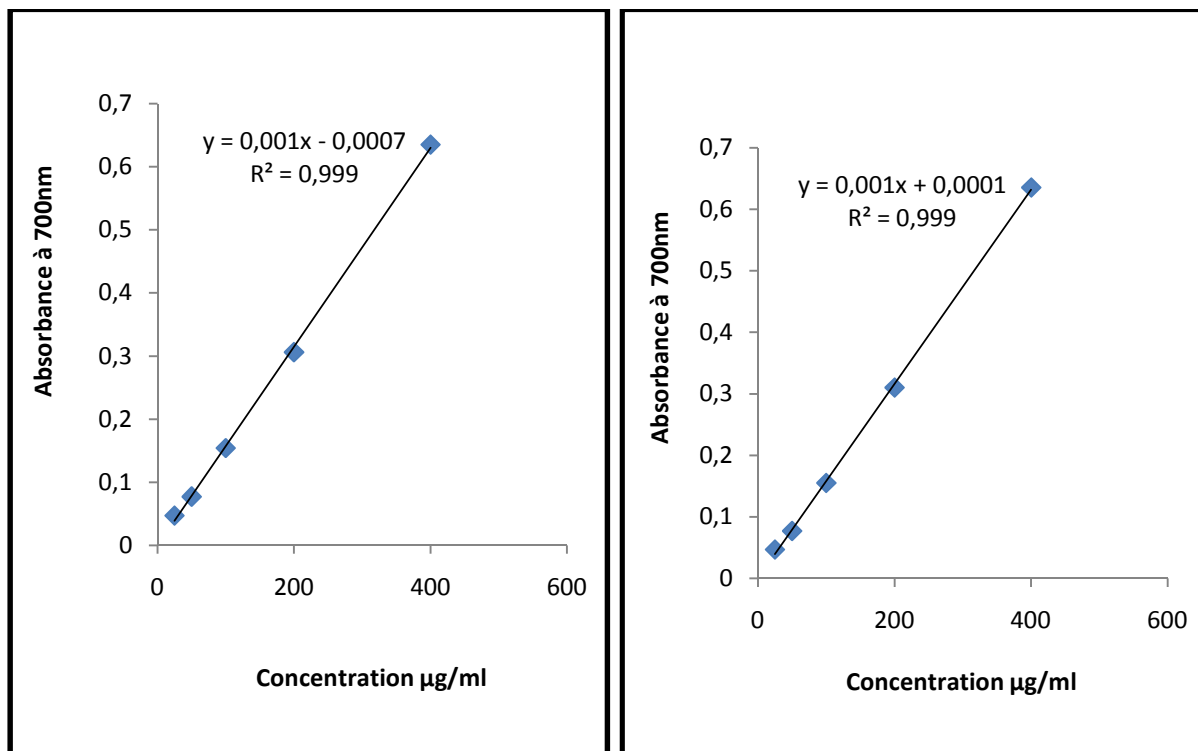


Figure 04: Pouvoir réducteur du miel C4

Annexe V : suite 03

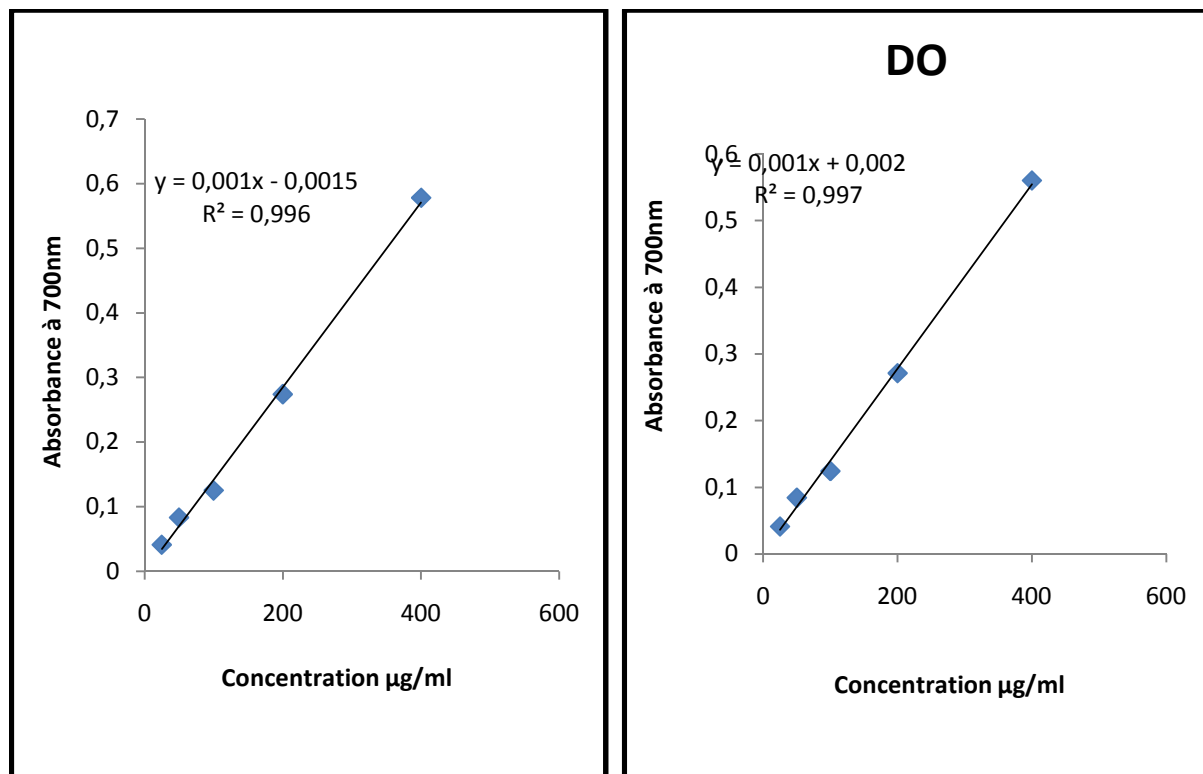


Figure 05: Pouvoir réducteur du miel C5

Résumé

Le miel est un aliment produit par les abeilles à partir du nectar des fleurs ou miellat. Le miel a de nombreuses propriétés naturelles bénéfiques pour le corps en jouant un rôle important dans le maintien de la santé.

Le but de notre travail est la détermination des caractéristiques physicochimiques et l'évaluation de l'activité antioxydante (teneur en eau, conductivité électrique, HMF, pH, acidité, polyphénols, flavonoïdes et le test FRAP), et antibactérienne vis-à-vis d'*E. coli*, *S. aureus*, *P. aeruginosa* de cinq échantillons de miels de Cresson de provenance de différentes régions d'Algérie: Tindouf, Illizi, Djelfa et Mascara.

Les analyses physicochimiques montrent que nos échantillons sont tous conformes aux normes internationales et sont de bonne qualité mais l'échantillon E2 risque de fermenter à cause de sa teneur en eau légèrement élevée (18,6%).

Toutes les variétés de miels étudiées possèdent un effet antioxydant important et une activité antibactérienne contre les souches testés.

A la base des résultats obtenus, il semble que les miels qui ont été examinés sont de bonne qualité et constituent une source précieuse d'agents antibactériens et antioxydants naturels pour traiter les maladies liées au stress oxydatif et celles causées par des bactéries pathogènes.

Mots clés : Miel de Cresson, Algérie, Analyses physicochimiques, Activité antibactérienne, Activité antioxydante.

ملخص

العسل غذاء طبيعي ينتجه النحل من رحيق الازهار ، وله العديد من الخصائص الغذائية و العلاجية التي تلعب دوراً هاماً في الحفاظ على الصحة.

الهدف من دراستنا هو تحديد الخصائص الفيزيائية والكيميائية (محتوى الماء ، التوصيل الكهربائي ، HMF ، الأس الهيدروجيني ، درجة الحموضة) ، والنشاط المضاد للأوكسدة (اختبار FRAP) ، ودراسة النشاط المضاد للبكتيريا لخمس عينات من العسل الجزائري من فصيلة الجرجير التي تم جمعها من مناطق مختلفة من الجزائر: تيندوف، اليزي، الجلفة و معسكر.

أظهرت نتائج التحليلات الفيزيائية والكيميائية أن العينات المدروسة تتوافق مع المعايير الدولية وذات جودة عالية، وجميع أنواع العسل المختبرة لها تأثير مضاد للأوكسدة ونشاط مضاد للبكتيريا ضد سلالات البكتيريا المختبرة بناءً على النتائج التي تم الحصول عليها ، يتبين أن العسل الذي تم فحصه ذو نوعية جيدة ويشكل مصدرًا مهمًا للعوامل المضادة للبكتيريا ومضادات الأوكسدة وعليه يمكن استعماله كعلاج طبيعي للأمراض الناتجة عن البكتيريا الضارة و الأوكسدة .
الكلمات المفتاحية: عسل الجرجير، الجزائر ، التحاليل الفيزيوكيميائية ، النشاط المضاد للبكتيريا ، النشاط المضاد للأوكسدة.

Abstract

Honey is a natural sweet substance produced by honey bees from the nectars of plants flowers or tree exudates. Natural honey has been valued in traditional medicine having demonstrated many antibacterial and antioxidant properties. The aim of this study is the determination of the physicochemical characteristics and antioxidant and antibacterial activity of five samples of cress honey from different region of Algeria (Tindouf, Illizi, Djelfa and Mascara). The physicochemical parameters such as water content, electrical conductivity, HMF, pH, acidity were measured. The antibacterial was evaluated against the following pathogenic bacteria: *Escherichia coli* ATCC 25922, *Staphylococcus aureus* ATCC 33862 and *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 by using the agar incorporation technique and the determination of the minimum inhibitory concentration (MIC). The antioxidant activity was assessed by using the ferric reducing antioxidant power (FRAP). The result of Physicochemical analysis confirmed good quality of the honey samples according to the international standards. All the studied honey samples have an important antioxidant effect and antibacterial activity against the tested bacterial strains. The obtained results of this study indicated that the Algerien honeys have a good quality and possess natural bioactive compounds with antibacterial and antioxidants proprieties which can be used as natural agents in new drugs of therapy of diseases caused by oxidative stress and pathogenic bacteria.

Keywords: Cress honey, Algeria, Physicochemical analysis, Antibacterial activity, Antioxidant activity