

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

جامعة عمّار تليجي بالأغواط

UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT

كلية العلوم

FACULTE DES SCIENCES

قسم علوم المادة

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA MATIERE



Mémoire de Master

Domaine : Sciences de la Matière

Filière : Chimie

Option : Chimie Organique

Presenté Par : *Hadjer ABBAS*

THEME

**Etude de l'activité antioxydante de miels et
combinaisons de miels**

Soutenu publiquement 30/09/2023 devant le jury composé de :

M. Djeridane Amar	Professeur	Président
Mme. Mahfoudi Reguia	MCA	Examinatrice
M. Benalia Mohamed	MCB	Encadant
Mme. Hamia Chahrazed	MCA	Co- Encadrant

Année Universitaire 2022/2023

Remerciements

Avant tout, je remercie **ALLAH** le tout puissant de m'avoir donné le courage, la volonté et la patience pour achever ce modeste travail.

Je tiens à exprimer ici mes sincères remerciements et ma gratitude à mon promoteur **Mr. Benalia Mohamed**, qui m'a aidé à réaliser ce travail par ses précieux conseils et efforts au cours de mes recherches et pour ses informations qui ont contribué au bon déroulement de ce travail et son soutien, ses encouragements et sa disponibilité tout au long de la réalisation de cette étude.

Aussi, je tien vivement à remercier ma Co-promotrice **Mme. Hamia Chahrazed**, qui m'a aidée dans la réalisation de ce travail par ses précieux conseils, son soutien, ses encouragements, et sa patience dans le laboratoire.

Que mes vifs remerciements aillent à **Mr. Djeridane Amar** qui m'a fait l'honneur de présider ce travail, et **Mme. Mahfoudi Reguia** pour avoir accepté d'examiner ce mémoire.

Un grand merci à **Mr. Yousfi Mohamed**, chef du laboratoire de recherche qui m'a reçu pour achever ce travail. Mes remerciements vont aussi au chef de département **Mr. Hamdi Ahmed** qui se consacre à mettre de l'ordre dans le département et à pousser les étudiants à se surpasser dans leurs études.

Je remercie le personnel du laboratoire pour leur aide et d'avoir partagé leur savoir-faire avec moi spécialement **Siad Nacira** doctorante en troisième cycle au département des sciences de la matière à l'université de Laghouat.

Dédicace

Ce mémoire est dédié

À mes chers parents qui sont mon paradis sur terre, mon soutien, ma force et mon refuge après Dieu, la lumière de mes yeux, le battement de mon cœur, le secret de mon bonheur et toute ma vie. Qui m'ont toujours poussé et motivé dans mes études, qui m'ont donné la confiance, le courage et la sécurité, je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.

À mes très chères sœurs : Ibtissam, Fella, Sarrah, Nassiba, Assia, Oumaima

À mes frères : Mehieddine et Abdeslam.

À mes chères amies et âmes sœurs "Khadîdja" et "Saloua", dans vos yeux je vois le sens de l'amour, et près de vous je ressens le bonheur, je vous remercie pour votre soutien, vos encouragements et vos prières pour moi. Je demande à Dieu de vous donner la santé, le bonheur et le succès dans votre vie.

À mes deux précieuses roses : Tasnim, Baylassan

À mes chers grands-parents.

À mes oncles et tantes et toute ma famille qui m'ont encouragé et qui m'ont soutenu tout au long de ma période d'études.

À ma petite famille de la cité universitaire « Djihad, Souad, Nour el houda, Kaouther » et tous mes collègues de classe.

Hadjer

Tableau des matières

Remerciements.....	i
Dédicace.....	ii
Tableau des matières.....	iii
Liste des tableaux.....	vi
Liste des figures.....	vi
Liste des abréviations.....	viii
I Introduction générale:.....	1
II Matériels et méthodes :	4
1 Matériels :.....	4
1.1 Echantillonnage :	4
1.2 Réactifs chimiques utilisés :	5
2 Méthodes :.....	5
2.1 Préparation des extraits :.....	5
2.2 Dosage des phénols totaux :.....	5
2.3 Évaluation de l'activité anti-oxydante :	6
2.4 Analyse statistique :	8
III Résultats et discussion :.....	10
1 Quantification des phénols totaux:.....	10
2 Test de FRAP:	14
3 Corrélation de Person:.....	16
4 Analyse en composantes principales (ACP) :	17
IV Conclusion :.....	20
Références.....	22
Résumé.....	i

Liste des tableaux

Tableau 1: Effets thérapeutique de quelques types de miel[13].....	2
Tableau 2: Présentation des échantillons de miels étudiés.....	4
Tableau 3: Produits chimiques, appareillage et équipements utilisés dans ce travail.	5
Tableau 4: Résultats du teneur en phénols totaux et test FRAP du miel et les combinaisons du miel.	10
Tableau 5: Coefficient de corrélation de Pearson (r) entre quantités des phénols totaux, quantités et l'activité antioxydante (FRAP).....	17
Tableau 6: Rapport de corrélation entre les variables et les facteurs (composantes principales).	18

Liste des figures

Figure 1: La réaction entre l'acide gallique et les composés de molybdène dans le réactif folin ciocalteu[18].	6
Figure 2: Mécanisme de la réaction du fer.	7
Figure 3: Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.....	10
Figure 4: Les teneurs en phénols totaux des miels ; (a) les plus faibles teneurs et (b) les plus forts teneurs. 13	
Figure 5: Courbe d'étalonnage de la vitamine C.	14
Figure 6: Résultats de VCEAC pour les miels ;(a) les plus faibles,(b) les plus forts.	15
Figure 7: Cercle de corrélation pour les facteurs déterminés par analyse en composantes principales ACP. Relations entre les teneurs en phénols totaux et l'activités antioxydante.....	18
Figure 8: Projections des variables et des échantillons dans le plan factoriel F1-F2 (ACP)	19

Liste des abréviations

Abs	: Absorbance
ACP	: Analyse en composantes principales
EAG	: Équivalent en acide gallique
EVC	: Equivalent vitamine C
FRAP	: Pouvoir réducteur antioxydant de fer
PR	: Pouvoir réducteur
UV	: Ultra-violet
VCEAC	: Capacité antioxydante en équivalent vitamine C (Vitamine C équivalent antioxydante Capacitie)

Introduction générale

I Introduction générale:

La médecine traditionnelle joue un rôle important dans les systèmes de guérison partout dans le monde entier. Depuis des décennies, les organisations internationales de la santé et les conférences internationales sur les soins de santé insistent sur le rôle crucial de la médecine traditionnelle dans la prestation des soins de santé[1].

L'Organisation mondiale de la santé (OMS) a défini que la médecine traditionnelle -dans le plan stratégique pour 2014-2023, comme « la somme de toutes les connaissances, compétences et pratiques reposant sur les théories, croyances et expériences propres à différentes cultures, qu'elles soient explicables ou non, et qui sont utilisées dans la préservation de la santé, ainsi que dans la prévention, le diagnostic, l'amélioration ou le traitement de maladies physiques ou mentales » (OMS, 2013)[2].

En Algérie la médecine traditionnelle, aussi appelée médecine alternative, connaît actuellement un véritable essor. Certaines pratiques soutiennent la médecine traditionnelle d'une part et la médecine prophétique d'autre part, y compris Rokya et Hijâma. La médecine traditionnelle reflète la mémoire culturelle transmise de génération en génération par le savoir et le partage[1].

La pharmacopée algérienne traditionnelle fait partie de la tradition médicale connue et transmise dans tout le Maghreb. La médecine traditionnelle algérienne présente des caractéristiques uniques parce qu'elle combine les connaissances médicales islamiques anciennes avec l'application purement empirique de la population locale, enrichissant ainsi la pharmacopée traditionnelle algérienne et sa pratique pharmacoéconomique. Les substances pharmaceutiques utilisées par les Algériens se sont avérées très efficaces pour guérir certaines conditions pathologiques et représentent une source auparavant inexploitée de produits bioactifs importants[3].

Le miel est l'un des produits naturels le plus ancien consommé et utilisé par l'homme ,il a été fortement adopté dans le domaine de la médecine traditionnelle ou alternative à cause de sa intérêt nutritionnel et thérapeutique [4].Le miel est défini comme une substance naturellement sucrée produite par les abeille à partir du nectar des fleurs ou miellat à l'aide d'enzymes sécrétées par les glandes des abeilles ouvrières[5].En effet la composition de ce produit dépend principalement de la source florale(botanique) et d'autres facteurs environnementaux et climatiques (saison, températureetc.), ce qui mène sa grande diversité [7 ,6]. Le miel contient au moins 200 substances notamment des glucides à environ 80-95%, le fructose et le glucose en majorité ; des minéraux, des protéines, des acides aminés libres, des enzymes, des vitamines, des acides

organiques, de l'eau, des pigments et de divers composés bioactifs comme les flavonoïdes , les acides phénoliques et les alcaloïdes [8, 9].

Des études antérieures ont démontré que le miel a deux activités biologiques significatif, antioxydante [10] et antibactérienne selon les produits bioactifs qu'il contient. A côté des activités déclarées le miel a des effets anti-tumoral [11] ; anti-inflammatoire, cicatrisante, antiviral et antiulcéreux. Tous ces propriétés thérapeutiques stimulent son utilisation en médecine traditionnelle et moderne pour traiter les maladies humaines[12].

Le tableau suivant montre certains types de miel qui ont des bienfaits distinctifs :

Tableau 1: Effets thérapeutique de quelques types de miel[13].

Type de miel	Effet thérapeutique
Le miel d'abeille du genre Apis	-effet positif sur la peau et les voies respiratoires - stimule l'immunité - un revigorant naturel
Miel de fleur de café	- effet énergisant
Miel d'eucalyptus	- soulage les infections intestinales les maladies des voies urinaires et respiratoires.
Miel de fleur d'oranger	- combattre l'insomnie - améliore la fonction intestinale

De plus la couleur foncée du miel indique une teneur en composés phénoliques élevée ce qui augmente sa capacité antioxydante [6]. La présence de composés phénoliques dans la composition du miel s'explique par le fait que les abeilles, lors de la fabrication du miel, combinent leurs fluides corporels avec le nectar des fleurs et des sécrétions végétales[13]. Les composés phénoliques sont identifiés comme étant des substances responsables de l'activité antioxydante du miel via la production de molécules plus stables et non toxiques[13].

Les polyphénols sont aussi des substances ayant des propriétés antioxydantes très importantes, permettant de lutter contre la formation de radicaux libres en excès dans l'organisme (substances qui vont favoriser le vieillissement cellulaire), ils possèdent des propriétés bénéfiques pour la santé [14].

Les polyphénols présentent des propriétés antioxydantes bien établies et en lien avec l'inhibition de l'oxydation aussi bien dans le domaine alimentaire (oxydation des lipides) que physiologique (stress oxydant), Ces antioxydants agissent en bloquant ou inhibant à la fois la formation et la propagation des radicaux libres [20]. Ces substances suscitent beaucoup d'intérêts dans plusieurs domaines, celui de la nutrition par leur caractère préventif à l'égard de diverses maladies citées précédemment, en cosmétologie et surtout dans les industries agroalimentaires par leurs implications, en particulier, sur la valeur des aliments et leur incidence sur la conservation des produits alimentaires, Ainsi, ils pourraient constituer une alternative à l'utilisation des additifs alimentaires synthétiques, buthylhydroxyanisol (BHA) et buthylhydroxytoluène (BHT), qui ont montré des effets nuisibles (effet carcinogène) [15].

L'activité antioxydante des polyphénols peut être évaluée *in vitro* et *in vivo* au moyen de simples expériences, et en même temps, l'éventuel effet pro-oxydant sur différentes molécules peut être évalué, L'activité antioxydante ne peut pas être mesurée directement, mais elle est déterminée par les effets de l'antioxydant pour contrôler le degré d'oxydation. Il existe diverses méthodes pour évaluer l'activité antioxydante. Certaines méthodes impliquent une étape d'oxydation différente suivie par la mesure de la réponse, qui dépend de la méthode utilisée pour évaluer l'activité[16].

L'objectif général de notre travail est donc d'estimer les teneurs en composés phénoliques présents dans les différents types de miels, obtenus à travers les extraits aqueux et aussi d'évaluer leurs pouvoirs antioxydants en utilisant le test FRAP.

Notre manuscrit commence par une introduction générale qui traite des généralités sur le miel et les composés phénoliques, la deuxième partie exprime la partie expérimentale dont matériel et méthodes et résultats et discussion. Enfin, le mémoire se termine par une conclusion générale qui résume l'essentiel des résultats obtenus lors de ce travail et énonce par la suite des recommandations pour la suite de ce dernier.

Matériels et méthodes

II Matériels et méthodes :

1 Matériels :

Notre travail de recherche a été réalisé au sein de laboratoire des sciences fondamentales et laboratoire pédagogique du département des sciences fondamentales à l'université Amar Telidji de Laghouat.

1.1 Echantillonnage :

Notre étude a été faite sur neuf échantillons de miel collectés en 2022 provenant de différentes régions comme le montre le tableau suivant :

Tableau 2: Présentation des échantillons de miels étudiés.

Code des échantillons	Nom des échantillons	Date de récolte	Région de récolte
M1	<i>Ortica dioica</i> (الشوكي)	Juin 2022	Mssila
M2	<i>Ziziphus lotus</i> + <i>Euphobia guyoniana</i> Boiss (سدر+ لبينة)	Juin 2022	Oued Mzi
M3	<i>Bunium mauritanium</i> (تالغودة)	Juin 2022	Sougger -Tiaret
M4	<i>Ziziphus lotus</i> (السدر)	Juin 2022	Oued djedai
M5	<i>Euphobia guyoniana</i> Boiss + <i>Retama raetam</i> (اللبينة + الرتم)	Juin 2022	Oued Twil
M6	<i>Ziziphus lotus</i> + <i>Atrachylis serraluloide</i> (سدر+ سر)	Juillet 2022	Naama
M7	<i>Thapsia garganica</i> + <i>Peganum harmala</i> (درياس+ حرمل)	Mai 2022	Ain Elibel
M8	<i>Euphobia guyoniana</i> Boiss (اللبينة)	Juillet 2022	Aflou
M9	<i>Eruca vesicaria</i> ssp الجرجير	Janvier 2022	Illizi

1.2 Réactifs chimiques utilisés :

Tous les produits utilisés dans ce travail sont d'un grade analytique élevé (**Tableau 3**).

Tableau 3: Produits chimiques, appareillage et équipements utilisés dans ce travail.

Produits chimiques	Firme et pays
Acide gallique (C ₇ H ₆ O ₅), Ethanol absolu (C ₂ H ₅ OH)	Riedel-de Haën (Allemagne)
Carbonate de sodium (Na ₂ CO ₃), TPTZ (ferric2,4,6-tripyridyl-s-triazine) (C ₁₈ H ₁₂ N ₆), Folin-Ciocalteu (H ₃ PW ₁₂ O ₄₀ -H ₃ PMo ₁₂ O ₄₀), vitamine C(C ₆ H ₈ O ₆).	Sigma-Aldrich (France)
Appareillage et d'autres équipements	
Balance analytique (KERN, ABS 220-4), Spectrophotomètre UV/Visible (Shimadzu 1800), Spectrophotomètre UV/Visible (Shimadzu 1601), Micropipette 100-1000µL (ISOLAB), Cuvette UV/visible à usage unique en plastique, Bain marie (Mettler), Etuve (Mettler), Bêchers, Fioles jaugées (100, 250), Burette graduée, Tube à essai en verre, Pissettes, Porte tube, Spatule, Vortex (VELP SCIENTIFICA)	

2 Méthodes :

2.1 Préparation des extraits :

Quarante-cinq extraits sont préparés (neuf extraits avec neuf variétés de miels et trente-six extraits avec une combinaison binaire de miels). Dans des tubes à essai, on met 1g de miel (ou 1g de mélange binaire de miels) est (sont) suivi de l'ajout de 20ml d'eau distillée, ensuite les tubes sont mis dans un bain-marie pendant une demi-heure poursuivi d'une agitation de 3 à 4 minutes à l'aide d'un vortex.

2.2 Dosage des phénols totaux :

Le dosage des polyphénols totaux a été déterminé par spectrophotométrie, selon la méthode colorimétrique utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu (**Singleton et Ross, 1965**). Depuis, son utilisation cette méthode c'est largement répandu pour caractériser les extraits végétaux d'origines diverses. Ce dosage est basé sur la quantification de la concentration totale de groupements hydroxyles présents dans l'extrait. Le réactif de Folin-Ciocalteu est constitué par un mélange d'acide phosphotungstique (H₃PW₁₂O₄₀) et d'acide phosphomolybdique (H₃PMo₁₂O₄₀). Il est réduit lors de l'oxydation des phénols,

en un mélange d'oxydes bleus de tungstène (W_8O_{23}) et de molybdène (Mo_8O_{23}) (**figure 1**). Cette coloration bleue dont l'intensité est proportionnelle aux taux de phénols totaux présents dans le milieu donne un maximum d'absorption à 760 nm.

100 μ l de chaque extrait sont introduits à l'aide d'une micropipette dans des tubes à essai, puis de l'addition de 500 μ l du réactif de Folin Ciocalteu (10 fois dilué dans l'eau distillé). Après incubation pendant deux minutes, 2ml de carbonate de sodium Na_2CO_3 à 2% sont ajoutés. Les solutions sont immédiatement secouées et maintenues à l'obscurité pendant 30 min à température ambiante. L'absorbance de chaque solution a été déterminée à 760nm contre un blanc dans un spectrophotomètre UV-visible de type Shimadzu-UV-1601. On a préparé en parallèle une gamme étalon d'acide gallique à différentes concentrations dans les mêmes conditions. Les teneurs en composés phénoliques de chaque extrait ont été calculées à partir de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique et exprimées en milligrammes en équivalence en acide gallique par cent grammes de miel (mg EAG/100g miel)[17].

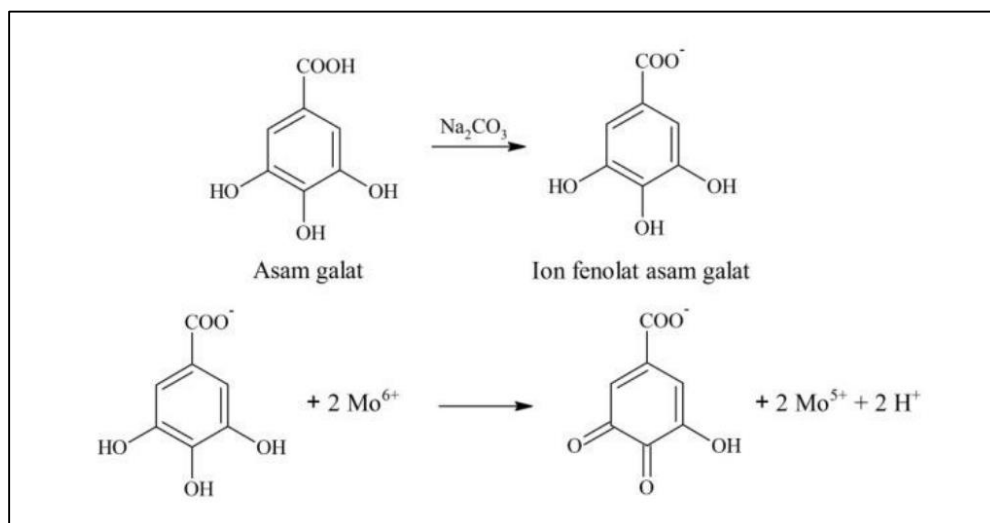


Figure 1: La réaction entre l'acide gallique et les composés de molybdène dans le réactif folin ciocalteu[18].

2.3 Évaluation de l'activité anti-oxydante :

Pour étudier l'activité antioxydante des différents extraits, nous avons adopté le test du FRAP (Pouvoir réducteur antioxydant de fer) à cause de sa simplicité et sa rapidité dans l'analyse.

Le test de la réduction du fer ou FRAP est considéré comme une méthode utilisée pour tester les antioxydants dans les extraits. Selon **Benzie & Strain (1996)**, est une méthode simple et rapide d'un coût faible et les réactifs sont faciles à préparer. Le principe du test FRAP est basé sur la capacité des composés antioxydants à réduire les ions Fe^{3+} en Fe^{2+} . C'est un test colorimétrique qui utilise la capacité des antioxydants à réduire le complexe incolore $[Fe^{3+}-(2,4,6-Tris(2-pirydyl) -s-triazine)_2]^{3+}$ au complexe

intensément bleu $[\text{Fe}^{2+}(\text{TPTZ})_2]^{2+}$ en milieu acide à travers une réaction d'oxydoréduction. L'intensité de cette coloration est mesurée par spectrophotométrie UV-Visible Shimadzu 1600 à 593 nm.

Protocole :

Le réactif du FRAP est composé par les solutions suivantes :

- Solution tampon 3Mm de Ph=3,6 préparé à partir de 0,62 g d'acétate de sodium ;
- 3,2 ml d'acide acétique préparé dans 200ml d'eau,
- Solution de TPTZ m=0,3124 g solubiliser dans 40 mmol de HCl, puis solution de FeCl_3 (20 mM).

Mélanger les solutions dans un rapport de 10 : 1 : 1.

Un volume de 50 μL des extraits de miels et combinaisons de miels est ajouté à 1 ml du réactif de FRAP. Les tests ont été triplés et incubés à température ambiante pendant 7 min et l'absorbance est mesurée à 593 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Visible Shimadzu 1600 [18, 19].

Le pourcentage réducteur (PR) de l'activité antioxydante réductrice est calculé selon l'équation suivante:

$$\text{PAR} (\%) = \frac{(\text{Ac} - \text{Ae})}{\text{Ac}} \times 100$$

Ac : Absorbance du contrôle négatif.

Ae : Absorbance de l'échantillon testé

Le principe de ce test se déroule selon le mécanisme réactionnel suivant :

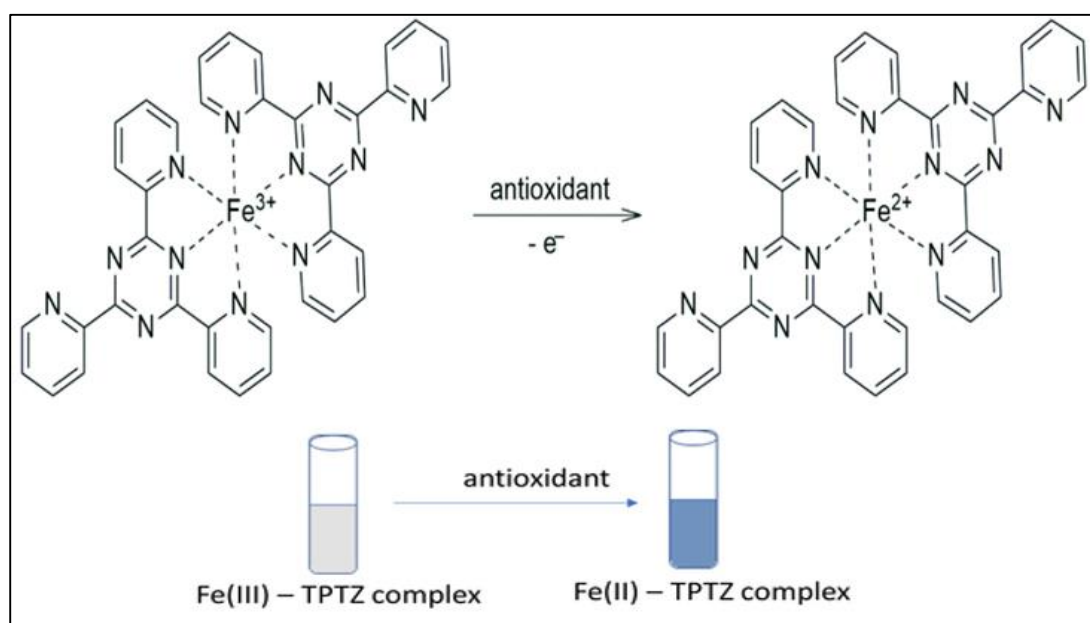


Figure 2: Mécanisme de la réaction du fer.

2.4 Analyse statistique :

Tous les résultats des tests effectués sont exprimés en moyenne \pm SD d'analyses en trois à cinq essais en utilisant le logiciel Excel 2018. Une analyse descriptive des résultats est réalisée à l'aide du logiciel XLSTAT 2018.5.03, avec une tolérance de 0,0001 et un intervalle de confiance de 95%, afin de déterminer le coefficient de corrélation (coefficient de Pearson) et de faire l'analyse en composantes principales (ACP).

Résultats et discussion

III Résultats et discussion :

Notre travail consiste à évaluer 45 extraits obtenus en termes de quantité de phénols totaux et leurs propriétés antioxydantes.

Les analyses quantitatives des phénols totaux et les analyses de propriétés des antioxydants par la méthode de FRAP sont déterminées à partir des équations de la régression linéaire de chaque courbe d'étalonnage exprimées successivement en mg équivalent de l'acide gallique par 100g de miel (mg EAG/100g miel) et en mg équivalent de la vitamine C par gramme de miel (VECAC) (mg EVC/100g miel) respectivement (**Tableau 4**).

1 Quantification des phénols totaux:

Les calculs sont effectués à partir de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique (**Figure 3**) et les résultats de l'analyse spectrophotométrique de la teneur en phénols totaux pour les extraits obtenus, sont indiqués dans le **tableau 4**.

L'acide gallique à différentes concentrations montre la proportionnalité de l'absorbance en fonction des concentrations (0,03 à 0,3 g/l). La teneur en polyphénols a été calculée à partir d'une courbe d'étalonnage.

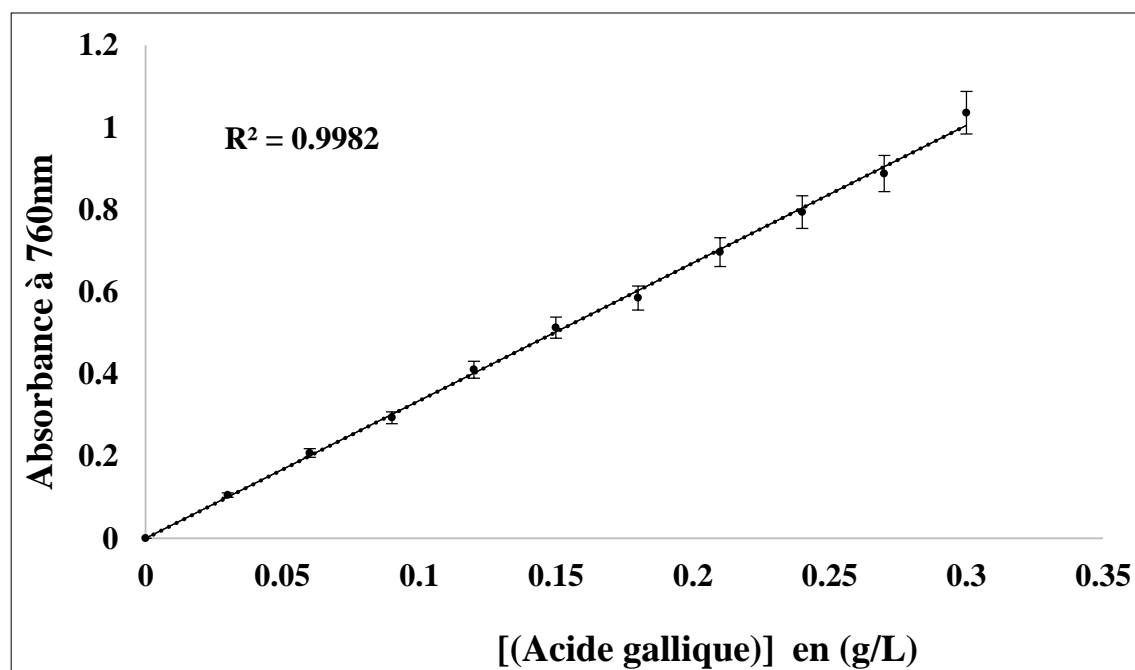


Figure 3: Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.

Tableau 4: Résultats des teneurs en phénols totaux et du test FRAP des échantillons de miels et les combinaisons de miels.

Mx : miel seul, (Mx) : combinaisons de miel Mx Exemple : miel M2 <=> M2 ; combinaison de miel M2 <=> (M2)

		Dosage des phenols totaux	Test FRAP
	Miel	mg EAG/100g de miel	VECAC(mg EVC/100g de miel)
Miel individuel	M1	83,50 ± 14,90	2,853 ± 0,197
	M2	91,13 ± 3,60	4,592 ± 0,073
	M3	165,42 ± 4,05	16,313 ± 0,059
	M4	116,37 ± 12,07	6,317 ± 0,166
	M5	89,85 ± 0,34	6,336 ± 0,037
	M6	78,50 ± 0,34	3,618 ± 0,077
	M7	75,29 ± 19,50	3,570 ± 0,052
	M8	86,95 ± 0,34	5,469 ± 0,154
	M9	61,65 ± 1,92	4,174 ± 0,058
Combinaisons (M1)	M1+M2	85,63 ± 2,06	4,639 ± 0,047
	M1+M3	115,02 ± 2,15	2,491 ± 0,029
	M1+M4	91,18 ± 2,08	4,196 ± 0,053
	M1+M5	80,70 ± 2,14	4,975 ± 0,012
	M1+M6	70,10 ± 3,32	3,880 ± 0,050
	M1+M7	70,78 ± 3,00	3,758 ± 0,012
	M1+M8	89,54 ± 2,69	4,561 ± 0,122
	M1+M9	74,66 ± 1,72	3,572 ± 0,022
Combinaisons (M2)	M2+M3	127,22 ± 1,91	8,414 ± 0,379
	M2+M4	102,06 ± 2,09	20,804 ± 0,206
	M2+M5	94,33 ± 4,11	20,537 ± 0,088
	M2+M6	75,48 ± 3,14	19,373 ± 0,164
	M2+M7	97,16 ± 1,79	17,609 ± 0,135
	M2+M8	107,20 ± 2,47	19,175 ± 0,027
	M2+M9	108,73 ± 4,82	16,971 ± 0,119
Combinaisons (M3)	M3+M4	127,06 ± 1,82	10,983 ± 0,398
	M3+M5	116,57 ± 3,06	9,821 ± 0,062
	M3+M6	116,78 ± 4,22	10,777 ± 0,556
	M3+M7	120,66 ± 3,64	9,311 ± 0,036
	M3+M8	134,44 ± 0,34	11,673 ± 0,049
	M3+M9	117,16 ± 2,15	9,862 ± 0,125
Combinaisons (M4)	M4+M5	83,61 ± 6,19	4,575 ± 0,038
	M4+M6	91,49 ± 2,40	3,650 ± 0,020
	M4+M7	73,14 ± 3,49	4,364 ± 0,075
	M4+M8	86,34 ± 2,09	4,726 ± 0,033
	M4+M9	82,28 ± 4,29	3,929 ± 0,021
Combinaisons (M5)	M5+M6	67,44 ± 2,25	5,195 ± 0,053
	M5+M7	70,21 ± 2,15	5,034 ± 0,085
	M5+M8	77,84 ± 4,23	5,857 ± 0,053
	M5+M9	72,07 ± 1,58	5,277 ± 0,226
Combinaisons(M6)	M6+M7	66,99 ± 0,34	3,655 ± 0,049
	M6+M8	64,70 ± 5,30	4,126 ± 0,162
	M6+M9	77,58 ± 4,10	3,498 ± 0,113
Combinaisons (M7)	M7+M8	72,89 ± 1,50	4,084 ± 0,032
	M7+M9	73,34 ± 1,23	3,523 ± 0,110
Combinaisons (M8)	M8+M9	98,69 ± 2,14	4,631 ± 0,139

Le **tableau 4** montre les teneurs en composés phénoliques totaux des 9 miels. Ces derniers varient considérablement de 61,65 ± 1,92 mg EAG/100g à 165,42 ± 4,05 mg EAG/100g de miel.

Si nous comparons nos résultats par rapport à ceux obtenus par **Ivan Lozada Lawag et al [20]** sur quatre types de miels à savoir: *Calothamnus spp* (Cloche rouge); *Agonis flexuosa* (Menthe poivrée côtière); *Corymbia calophylla* (Marri) et *Eucalyptus marginata* (Jarrah) d'Australie occidentale où ils ont trouvé des résultats allant de $(29,15 \pm 5,46 \text{ mg GAE}/100 \text{ g})$ à $(50,58 \pm 3,76 \text{ mg GAE} /100 \text{ g})$, on peut dire que nos résultats sont plus importants à ceux comparés. Ainsi, Une autre étude de **Malgorzata Starowicz et al [21]** comprenait 22 échantillons de miels de 11 variétés d'origine Polonaise, a énoncé des teneurs comprises entre 19,9 et 159,2 mg EAG/100g dans ces échantillons de Miels.

Les résultats du tableau montrent que la plus forte concentration de polyphénols est $165,42 \pm 4,05 \text{ mg EAG}/100\text{g}$ de miel dans l'échantillon de miel M3 suivi par l'échantillon de miel M4 ($116,37 \pm 12,07 \text{ mg EAG}/100\text{g}$) par rapport aux autres variétés testées. Par contre la plus faible teneur en phénols totaux enregistrée est $61,65 \pm 1,92 \text{ mg EAG}/100\text{g}$ dans le miel M9.

Les miels M1, M8, M5, M2 notent des concentrations qui varient de $83,50 \pm 14,90 \text{ mg EAG}/100\text{g}$ à $91,13 \pm 3,60 \text{ mg EAG}/100\text{g}$, par contre les résultats des phénols totaux des miels M6 et M7 sont similaires ($78,50 \pm 0,34 \text{ mg EAG}/100\text{g}$ et $75,29 \pm 19,50 \text{ mg EAG}/100\text{g}$).

D'après les résultats décrits par les histogrammes (**figures 4**), nous pouvons constater que les miels M3, M4, M2, M5, M8 de couleur foncée contiennent plus de composés phénoliques avec les teneurs suivantes : $(165,42 ; 116,37 ; 91,13 ; 89,85 ; 86,95 \text{ mg EAG}/100\text{g})$ respectivement. Contrairement aux miels M1, M6, M7, M9 de couleur plus claire ou les concentrations obtenues sont les suivantes : $(83,5 ; 78,5 ; 75,29 \text{ et } 75,29 \text{ mg EAG}/100\text{g})$. Ceci a été observé par **Michał Halagarda et al [22]** -sur quelques types de miels- qui confirme l'existence d'une relation entre les phénols totaux et la couleur du miel.

En effet, ces différences peuvent être attribuées à la source botanique du miel ou les composés phénoliques présents dans les plantes peuvent être transférés -par les abeilles- au miel au cours de la collection de nectar selon **Silici et al [23]**. Ainsi, **Kek Chin et al. 2014 [24]** ont montré que la différence est due à l'influence par l'origine florale du miel, l'origine géographique et le climat.

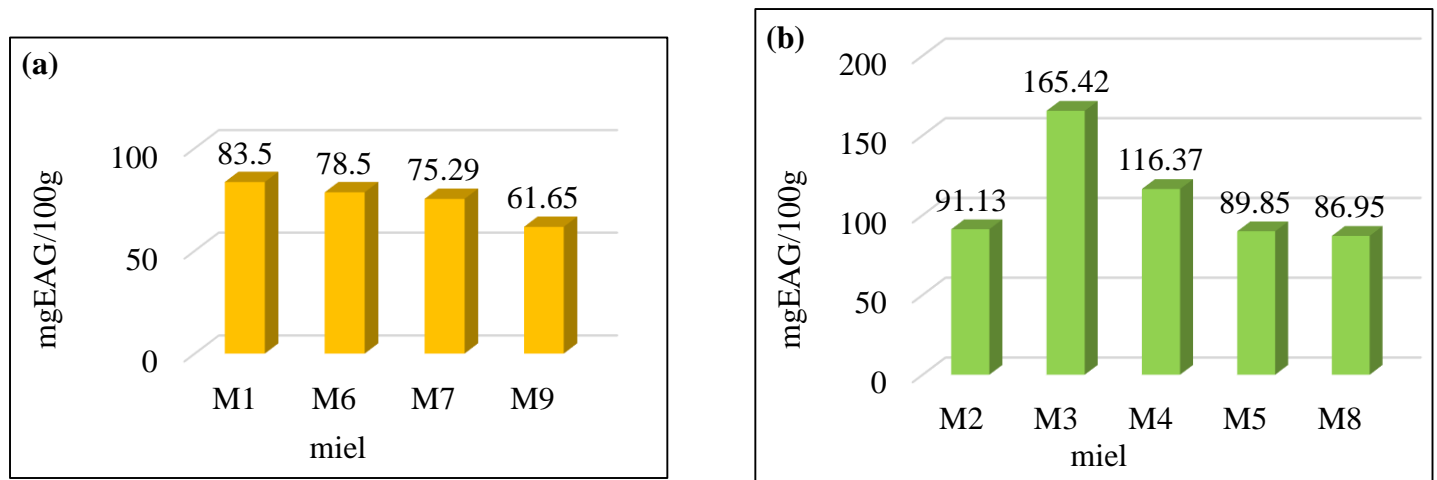


Figure 4: Les teneurs en phénols totaux des miels ; (a) les plus faibles teneurs et (b) les plus forts teneurs.

Les valeurs obtenues montrent clairement que les teneurs en phénols totaux de l'ensemble des combinaisons des miels oscillent entre $(64,70 \pm 5,30 \text{ mg EVC}/100\text{g}$ pour M6+M8 ; $134,44 \pm 0,34 \text{ mg EVC}/100\text{g}$ pour M3+M8.

Les concentrations en polyphénols enregistrées dans les combinaisons de miels (M3) sont les plus importantes ($p < 0,0001$). Ces dernières sont respectivement $(134,44 \pm 0,34 \text{ mg EVC}/100\text{g}$ (M3+M8) mg EVC/100g ; $127,06 \pm 1,82$ (M3+M4) mg EVC/100g ; $120,66 \pm 3,64$ (M3+M7) mg EVC/100g ; $117,16 \pm 2,15$ (M3+M9) mg EVC/100g ; $116,78 \pm 4,22$ (M3+M6) mg EVC/100g et $116,57 \pm 3,06 \text{ mg EVC}/100\text{g}$ pour (M3+M5). Ainsi, les combinaisons de miels (M2) se situent dans l'intervalle de $75,48 \pm 3,14 \text{ mg EVC}/100\text{g}$ pour M2+M6 à $127,22 \pm 1,91 \text{ mg EVC}/100\text{g}$ pour M2+M3 suivi par celle de miels (M1) qui varie de $70,10 \pm 3,32 \text{ mg EAG}/100\text{g}$ pour M1+M6 à $115,02 \pm 2,15 \text{ mg EAG}/100\text{g}$ pour M1+M3.

D'un autre côté, les combinaisons de miels (M6) présentent les plus faibles concentrations en polyphénols.

Les autres combinaisons des miels (M4), (M5), (M6), (M7), (M8), ont renfermé des teneurs comprises entre $64,70 \pm 5,30 \text{ mg EVC}/100\text{g}$ pour M6+M8 et $98,69 \pm 2,14 \text{ mg EVC}/100\text{g}$ pour M8+M9.

Selon les résultats mentionnés précédemment nous constatons que les teneurs en phénols totaux des combinaisons de miels (M2) sont supérieures à celle du miel M2 individuel.

A notre connaissance, aucune étude antérieure n'a été entreprise sur la quantification des phénols totaux de combinaisons de miels.

Il faut noter que tous les extraits aqueux des miels investigués, ne contiennent pas de flavonoïdes, ce résultat a été confirmé par l'obtention des absorbances presque nulle. L'absence des flavonoïdes dans les miels ne justifie pas que sont pauvres en ces composés mais le solvant utilisé dans notre travail peut influencer l'extraction.

2 Test de FRAP :

L'activité antioxydante vis-à-vis au pouvoir réductrice FRAP a été exprimée par le facteur VCEAC, qui a définie comme la masse en μg de l'acide ascorbique ayant le même pouvoir antioxydant d'un gramme de miel. On rappelle que plus la valeur de VCEAC est grande plus l'activité antioxydante est importante.

A partir d'une solution mère de la vitamine C de 0.02 g/l. Une série des solutions filles à différentes concentrations ont été préparées dans une gamme allant de 0.001 à 0.02 mg/ml. Toutes les déterminations ont été effectuées en triple lecture.

La courbe d'étalonnages est représentée dans la figure ci-dessous :

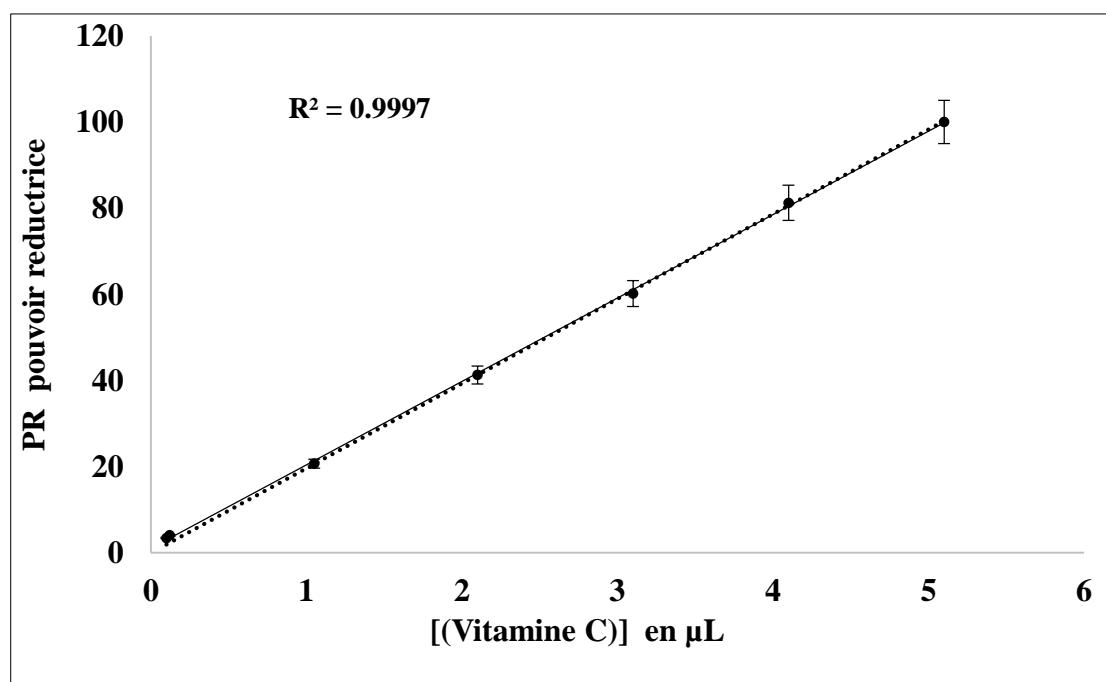


Figure 5: Courbe d'étalonnage de la vitamine C.

Le **tableau 4** montre l'activité antioxydante du test FRAP de neuf miels et trente-six combinaisons de miels étudiés en milligramme équivalent de la vitamine C par 100 g de miel (mg EVC/100g de miel).

Pour plus de clarté et grâce au **tableau 4** on a réalisé les histogrammes suivants :

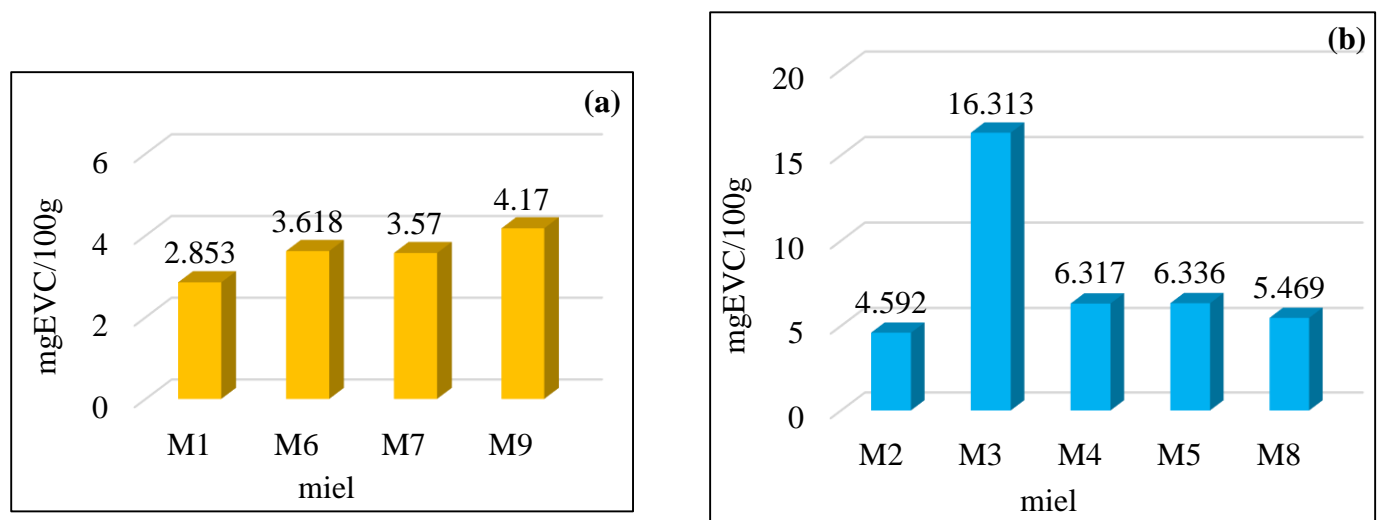


Figure 6: Résultats de VCEAC pour les miels ;(a) les plus faibles,(b) les plus forts.

Selon les résultats mentionnés dans le **tableau 4** ; l'activité réductrice des miels étudiés varient largement entre $2,853 \pm 0,197$ mg EVC/100 g miel et $16,313 \pm 0,059$ mg EVC/100 g miel. Le miel M3 de Sougger -Tiaret présente la plus forte activité $16,313 \pm 0,059$ mg EVC/100g miel. Suivi par les miels M4, M5 et M8 ($6,317 \pm 0,166$ mg EVC/100 g miel ; $6,336 \pm 0,037$ et $5,469 \pm 0,154$ mg EVC/100 g miel) respectivement. Par contre, on remarque une faible activité dans le miel M1 de Mssila ($2,853 \pm 0,197$ mg EVC/100g miel). Concernant les autres miels M2, M6, M7, M9, ils donnent des valeurs similaires allant de $3,570 \pm 0,052$ à $4,592 \pm 0,073$ mg/100g.

Les analyses d'évaluation de l'activité antioxydante réalisées ont montré que ces données sont plus importantes si l'on compare avec ceux obtenus par **A. Gül et T. Pehlivan [25]** sur des miels Turques, qui ont trouvé des activités réductrices qui oscillent entre $0,0022$ mg EVC/100g et $0,0091$ mg EVC/100g de miel. Cependant, nos valeurs sont inférieures à celles trouvées par l'étude de **Mahder Mulugeta et Abera Belay[26]**.sur 48 échantillons de miels collectés d'après la forêt de Bonga, Ethiopie ,les activités réductrices enregistrées sont entre $23,9$ mg EVC/100g et $69,94$ mg EVC/100g .

Nous notons d'après les données consignées dans la **figure 6** que les miels M1, M6, M7 et M9 montrent des pouvoirs réducteurs faibles caractérisés par des couleurs claires par contre les miels M2, M3, M4, M5 et M8 qui donnent les meilleurs pouvoirs réducteurs sont de couleurs foncés.

En accord avec nos résultats plusieurs travaux portent sur l'étude de l'activité antioxydante du miel ont confirmé la relation liée entre la couleur du miel et l'activité antioxydante. **Asma Necib et al [27]** ont constaté que le miel de couleur foncé est caractérisé par un pouvoir réducteur important en comparaison au celui de couleur orange. Un autre travail également réalisé par **Doukani et al (2014)[28]** a confirmé ce résultat. De son côté **Khalil et al (2012)[29]** ont affirmé après avoir étudié des échantillons de miels algériens qu'il existe une forte corrélation positive entre l'intensité de la couleur et les valeurs de FRAP des miels.

Conformément aux résultats rapportés par **Ivan Lozada Lawag et al [20]**, même résultats ont été trouvés où ont observé que l'activité antioxydante des miels est fortement liée à leurs constituants phénoliques.

Les résultats du **tableau 4** ont révélé que le VCEAC des combinaisons des miels généralement oscillent dans l'intervalle de $2,491 \pm 0,029$ mg EVC/100g pour M1+M3 et $20,804 \pm 0,206$ mg EVC/100g pour M2+M4 comme valeur maximale.

Ces résultats enregistrés montrent la division des combinaisons en deux catégories ; les combinaisons à plus faible activité et les combinaisons à plus forte activité, dont plus les valeurs des VCEAC sont importantes, plus le miel est un antioxydant puissant.

Les combinaisons de miels (M2) donnent de bons résultats qui sont dans l'ordre croissant suivant : ($20,804 \pm 0,206$; $20,537 \pm 0,088$; $19,373 \pm 0,164$; $19,175 \pm 0,027$; $17,609 \pm 0,135$; $16,971 \pm 0,119$; $8,414 \pm 0,379$ mg EVC/100g) pour M2+M4 ; M2+M5 ; M2+M6 ; M2+M8 ; M2+M7 ; M2+M9 ; M2+M3 et M2+M1 respectivement. Suivi par Les combinaisons de miels (M3) avec des valeurs de ($11,673 \pm 0,049$; $10,983 \pm 0,398$; $10,777 \pm 0,556$; $9,862 \pm 0,125$; $9,821 \pm 0,062$; $9,311 \pm 0,036$; $8,414 \pm 0,379$ et $2,491 \pm 0,029$ mg EVC/100g) respectivement à M3+M8 ; M3+M4 ; M3+M6 ; M3+M9 ; M3+M5 ; M3+M7 ; M3+M2 ; M3+M1.

Les combinaisons des miels (M1) (M4) (M5) (M6) (M7) (M8) (M9) sont caractérisées par des valeurs significativement les plus faibles de l'activité réductrice en comparaison avec les combinaisons précédentes.

La remarque qui nous attire clairement, est que les combinaisons de miels (M2) présentent des activités fortes et supérieures à celle du miel M2 unique ($4,592 \pm 0,073$ mg EVC/100g de miel), cela confirme la possibilité qu'il y a un effet synergétique entre les miels ; donc la réduction des radicaux libres augmente ; car même le contenu en composés phénoliques est élevée.

3 Corrélation de Person:

En termes simples, l'analyse de corrélation calcule la quantité de changement dans une variable due au changement dans l'autre. Une corrélation élevée indique une forte relation entre les variables, tandis qu'une corrélation faible signifie que les variables sont faiblement dépendantes les unes des autres.

Le **tableau 5** résume les valeurs des coefficients de corrélations entre quelques paramètres déterminés dans cette étude. Les valeurs de ces coefficients montrent qu'il existe une moyenne corrélation ($r = 0,53$; $p = 0,001$) entre les quantités des phénols totaux et le pouvoir réducteur (FRAP). Ce résultat suggère que plus de 53 % des capacités réductrices des extraits sont dues aux polyphénols.

Tableau 5: Coefficient de corrélation de Pearson (r) entre quantités des phénols totaux, quantités et l'activité antioxydante (FRAP)

(Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification $\alpha=0,05$).

Variab les	Phénols totaux (mg EAG/100g de miel)	Test FRAP VCEAC (μ g EVC/g de miel)
Phénols totaux (mg EAG/100g de miel)	1	0,5342
Test FRAP VCEAC (μ g EVC/g de miel)	0,5342	1

4 Analyse en composantes principales (ACP) :

Afin de déterminer en plus de détails les similitudes ou les différences existantes entre les teneurs en phénols totaux et du potentiel antioxydant selon les échantillons, la méthode d'analyse des composantes principales ACP a été réalisée pour essayer d'identifier les constituants chimiques les plus influents qui peuvent distinguer ou regrouper les échantillons étudiés.

Les principaux facteurs (composantes principales) pour les axes principaux F1 et F2 (représentant 100% de l'information totale) sont indiqués dans **la figure 7** et **le tableau 6**. L'axe F1 qui représente 75,35% de l'information totale est fortement et positivement corrélé avec la teneur en composés phénoliques (70,71%). Ce même axe est corrélé positivement avec le pouvoir réducteurs des échantillons (70,71%). L'axe F2 qui représente 24,67% de l'information totale est fortement corrélé positivement avec la teneur en phénols totaux (70,71%) et négativement corrélé fortement avec la capacité réductrice (-70,71%).

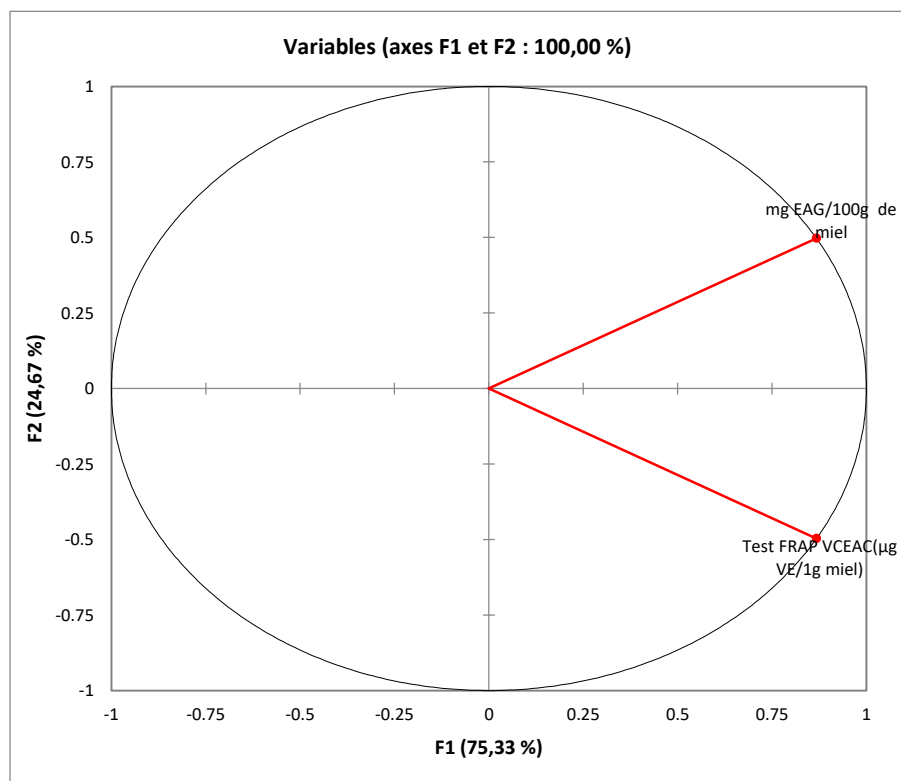


Figure 7: Cercle de corrélation pour les facteurs déterminés par analyse en composantes principales ACP. Relations entre les teneurs en phénols totaux et l'activités antioxydante.

Tableau 6: Rapport de corrélation entre les variables et les facteurs (composantes principales).

Variables	F1	F2
Phénols totaux (mg EAG/100g de miel)	0,7071	0,7071
Test FRAP VCEAC (µg EVC/g de miel)	0,7071	-0,7071

Les principaux facteurs (composantes principales) pour les deux premiers axes F1 et F2 (représentant 100% de l'information totale) sont indiqués dans **la figure 8**. La première composante principale (F1), a une influence dominante, avec une expression de 75.33% de la variation totale. Tandis que, le deuxième axe représente une variabilité de 24,67 % de la variance totale. La contribution de chaque variable dans l'expression de la composante principale est donnée par la valeur du rapport de corrélation entre la variable et l'axe factoriel considéré, autant que ce rapport est important, autant que la variable contribue à l'expression de l'axe.

En examinant de plus près les projections des individus, on constate que les échantillons (miel individuel M3 et leurs combinaisons en général) entourés par le **cercle vert**, sont caractérisées par des teneurs élevées en composés phénoliques, et d'un pouvoir antioxydant puissant remarquable. De même, on constate

que les variétés (miel individuel M2 et leurs combinaisons en général) entourés par le **cercle violet**, sont caractérisées par des teneurs élevées en composés phénoliques, et d'un pouvoir antioxydant puissant très important. Ce qui explique que les échantillons sont caractérisés par la même réponse en termes de teneurs en phénols totaux et en activité antioxydante. En revanche, la situation est moins nette pour les autres échantillons, ce qui confirme l'hétérogénéité des échantillons analysés de l'espèce constatée. Pour ce nuage de points (**Cercle orange**), on remarque que les échantillons sont caractérisés par des teneurs faibles en phénols totaux et une capacité réductrice faible. En conclusion, l'ACP nous a permis de démontrer que le pouvoir antiradicalaire dépend du contenu des composés phénoliques totaux. Par ailleurs, il ressort de cette étude que les extraits de miel M2 de (*Ziziphus lotus* + *Euphobia guyoniana*) et de miel M3 de *Bunium mauritanium*, individuel ou en combinaison avec les autres miels, nous amène à conclure que ces miels possèdent les capacités réductrices les plus importantes par rapport aux autres miels.

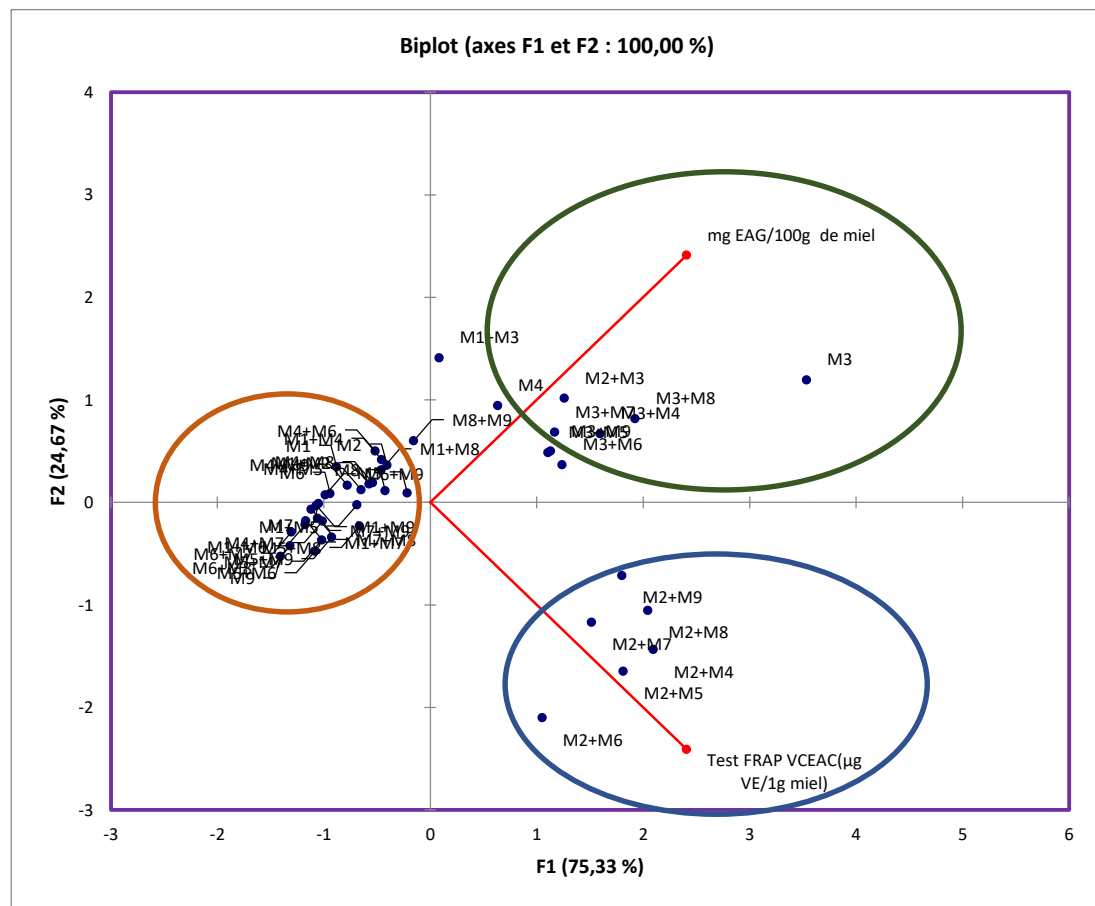


Figure 8: Projections des variables et des échantillons dans le plan factoriel F1-F2 (ACP).

Conclusion générale

IV Conclusion :

Etant donné la toxicité et/ou les effets secondaires indésirables des molécules de synthèse ainsi que la résistance de certains germes microbiens face aux médicaments existants, l'utilisation des produits naturels d'origine végétale qui contiennent des composés bioactifs est en progression constante. En effet, compte tenu de leur meilleure biocompatibilité on observe une demande croissante des produits d'origine naturelle.

Le miel est un produit noble de la ruche utilisée par l'homme depuis longtemps. Cette substance est l'une de denrées les plus connue par ses propriétés nutritives et thérapeutiques telles que les propriétés anti bactériennes, anti inflammatoires, anti-oxydantes, cicatrisantes, digestives et respiratoires.

De ce fait, l'objet de notre travail a porté sur l'activité antioxydante des variétés de miels. Notre étude s'est focalisée sur l'analyse quantitative des phénols totaux et l'évaluation du potentiel antioxydant des extraits de miels.

Les conclusions que nous avons pu faire à travers cette étude peuvent être résumées comme suit :
La teneur en composés phénoliques totales des 9 miels, varie considérablement de $61,65 \pm 1,92$ EAG/100g à $165,42 \pm 4,05$ EAG/100g de miel. La plus forte concentration de polyphénols a été établie à $165,42 \pm 4,05$ mg EAG/100g dans le miel M3. Par contre la plus faible teneur en phénols totaux enregistrée est $61,65 \pm 1,92$ mg EAG/100g dans le miel M9.

Les combinaisons de miels M3 est caractérisée par une teneur significativement importante en composés phénoliques en comparaison avec les autres combinaisons testées. Suivi par celui des combinaisons de miels M2.

L'analyse spectrophotométrique révèle l'absence des flavonoïdes dans tous les extraits aqueux des miels investigués.

Le pouvoir réducteur (FRAP) testé sur les différents échantillons de miels, montre que les valeurs de VCEAC varient de $2,853 \pm 0,197$ mg EVC/100g miel à $16,313 \pm 0,059$ mg EVC/100g miel.

Spectrophotométriquement, le miel M3 de la région de Sougger -Tiaret présente la plus forte activité $16,313 \pm 0,059$ mg EVC/100g miel, Ce résultat est justifié par sa richesse en composés phénoliques ($165,42 \pm 4,05$ mg EAG/100g) et donc cela prouve que les composés phénoliques ont une influence sur l'activité réductrice.

Si nous comparons les activités antioxydantes des différents extraits des combinaisons de miels, nous notons que celui des combinaisons de M2 est le plus puissant (un intervalle entre $8,414 \pm 0,379$ et $20,804 \pm 0,206$ mg

EVC/100g miel), suivi par celui des combinaisons de M3 (des valeurs variaient entre $9,821 \pm 0,062$ et $11,673 \pm 0,049$ mg EVC/100g miel).

L'analyse par ACP a confirmé les résultats précédents et montré que l'activité réductrice la plus importante a été enregistrée par les extraits aqueux des miels M2 et M3 individuels ou en combinaison avec les autres miels.

Cette étude ne reste que préliminaire et peut servir de référence de base pour d'autres recherches et plusieurs perspectives peuvent être envisagées :

- Détermination des principaux composés des extraits actifs pour une meilleure compréhension de l'activité réductrice.
- L'étude d'autres activités antioxydantes pour une éventuelle comparaison et identifier les molécules responsables de cette activité.

Références

Références

- [1] K. Dew, S. Liyanagunawardena, *Traditional Medicine and Global Public Health*, 2023, pp. 1-17.
- [2] A. Bouzabata, M. Yavuz, *Médecine traditionnelle et ethnopharmacologie en Algérie: de l'histoire à la modernité*, *Ethnopharmacologia* (62) (2019).
- [3] D. Tahri, F. Elhouiti, M. Ouinten, M. Yousfi, Historical perspective of Algerian pharmacological knowledge, *Advances in Traditional Medicine* 20(3) (2020) 279-290.
- [4] T.Z. Tsige, B. Basa, Therapeutic Properties of Honey-A Review, 12 (2019) 101-108.
- [5] I. Lawag, E. Nolden, A. Schaper, L. Lim, C. Locher, A Modified Folin-Ciocalteu Assay for the Determination of Total Phenolics Content in Honey, *Applied Sciences* 13 (2023) 2135.
- [6] A. Nora, A. Wilapangga, A. Kahfi, M. Then, A. Fairus, ANTIOXIDANT ACTIVITY, TOTAL PHENOLIC CONTENT, AND FTIR ANALYSIS OF FERMENTED BADUY HONEY WITH PINEAPPLE, *BIOEDUKASI* 20 (2022) 21.
- [7] D. Derewiaka, E. Majewska, K. Kuzak, D. Szadkowska, Comparison of Volatiles and Chemical Composition of Traditional and Non-Traditional Honey Available on the Polish Market, *Applied Sciences* 11 (2021) 6371.
- [8] J.-R. Liu, Y.-L. Ye, T.-Y. Lin, Y.-W. Wang, C.-C. Peng, Effect of floral sources on the antioxidant, antimicrobial, and anti-inflammatory activities of honeys in Taiwan, *Food chemistry* 139 (2013) 938-43.
- [9] C.-B. Ioniță-Mîndrican, M. Magdalena, A.M. Musuc, E. Oprea, K. Ziani, M. Neacșu, N. Grigore, D. Draganescu, M. Ghica, Honey and Other Beekeeping Products Intake among the Romanian Population and Their Therapeutic Use, *Applied Sciences* 12 (2022) 9649.
- [10] S. Patruica, E. Alexa, D. Obistoiu, I. Cocan, I. Radulov, A. Berbecea, R. Lazăr, S. Eliza, N. Vicar, A. Hulea, D. Moraru, Chemical Composition, Antioxidant and Antimicrobial Activity of Some Types of Honey from Banat Region, Romania, *Molecules* 27 (2022) 4179.
- [11] W. Hamadou, N. Bouali, R. Badraoui, R. Hadj Lajimi, A. Hamdi, M. Alreshidi, M. Patel, M. Adnan, A. Siddiqui, E. Noumi, P. Visweswara Rao, S. Mejdj, Chemical Composition and the Anticancer, Antimicrobial, and Antioxidant Properties of Acacia Honey from the Hail Region: The in vitro and in silico Investigation, *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* 2022 (2022) 1-16.
- [12] M. Kacaniová, P. Borotová, L. Galovičová, S. Kunova, J. Štefániková, P. Kowalczewski, P. Šedík, Antimicrobial and Antioxidant Activity of Different Honey Samples from Beekeepers and Commercial Producers, *Antibiotics* 11 (2022) 1163.
- [13] A. Becerril Sánchez, B. Quintero-Salazar, O. Dublan, H. Escalona-Buendía, Phenolic Compounds in Honey and Their Relationship with Antioxidant Activity, Botanical Origin, and Color, *Antioxidants* 10 (2021) 1700.
- [14] K.M. Kalili, A. de Villiers, Recent developments in the HPLC separation of phenolic compounds, *Journal of separation science* 34(8) (2011) 854-876.
- [15] S. Achat, *Polyphénols de l'alimentation: extraction, pouvoir antioxydant et interactions avec des ions métalliques*, Avignon, 2013.
- [16] R. OULD KIAR, Etude de la diversité chez des populations du sorgho [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] en Algérie, 2022.
- [17] L. BENDIFALLAH, ÉVALUATION DE L'EFFET DE L'EXTRAIT MÉTHANOLIQUE DES FEUILLES DU PEUPLIER NOIR (*POLPULUS NIGRA* L.) SUR LE PUCERON NOIR DES AGRUMES *TOXOPTERA AURANTII* (BOYER DE FONSCOLOMBE, 1841).
- [18] K.A. Wojtunik-Kulesza, Approach to optimization of FRAP methodology for studies based on selected monoterpenes, *Molecules* 25(22) (2020) 5267.
- [19] M. Parascandalo, F. Lia, Chemical Profiling and Antioxidant Activity of Honey Produced in the Maltese and Gozitan Islands, *MCAST Journal of Applied Research & Practice* 6(4) (2022) 51-61.
- [20] I.L. Lawag, M.K. Islam, T. Sostaric, L.Y. Lim, K. Hammer, C. Locher, Antioxidant Activity and Phenolic Compound Identification and Quantification in Western Australian Honeys, *Antioxidants* 12(1) (2023) 189.
- [21] M. Starowicz, A. Ostaszyk, H. Zieliński, The relationship between the browning index, total phenolics, color, and antioxidant activity of polish-originated honey samples, *Foods* 10(5) (2021) 967.
- [22] M. Halagarda, S. Groth, S. Popek, S. Rohn, V. Pedan, Antioxidant activity and phenolic profile of selected organic and conventional honeys from Poland, *Antioxidants* 9(1) (2020) 44.
- [23] S. Silici, O. Sagdic, L. Ekici, Total phenolic content, antiradical, antioxidant and antimicrobial activities of *Rhododendron* honeys, *Food chemistry* 121(1) (2010) 238-243.

- [24] S.P. Kek, N.L. Chin, Y.A. Yusof, S.W. Tan, L.S. Chua, Total phenolic contents and colour intensity of Malaysian honeys from the *Apis* spp. and *Trigona* spp. bees, *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 2 (2014) 150-155.
- [25] A. Gül, T. Pehlivan, Antioxidant activities of some monofloral honey types produced across Turkey, *Saudi journal of biological sciences* 25(6) (2018) 1056-1065.
- [26] M. Mulugeta, A. Belay, Comb honey and processed honey of *Croton macrostachyus* and *Schefflera abyssinica* honey differentiated by enzymes and antioxidant properties, and botanical origin, *Heliyon* 8(5) (2022).
- [27] A. Necib, L. Kefti, R. Draiaia, N. Mohamadi, S. Rezig, Evaluation of Polyphenols, Vitamin C Contents and Antioxidant Activity of Two Types of Algerian Honey, *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology* 10 (2022) 2539-2544.
- [28] K. Doukani, S. Tabak, A. Derriche, Z. Hacini, Étude physico-chimique et phyto-chimique de quelques types de miels Algériens, *Revue Ecologie-Environnement* 10 (2014) 37-49.
- [29] M.I. Khalil, M. Moniruzzaman, L. Boukraâ, M. Benhanifia, M.A. Islam, M.N. Islam, S.A. Sulaiman, S.H. Gan, Physicochemical and antioxidant properties of Algerian honey, *Molecules* 17(9) (2012) 11199-11215.

تم تسجيل هذه الدراسة في إطار البحث في المنتجات ذات الأصل الطبيعي والتي تعتبر مصادر للجزيئات النشطة القوية بيولوجيا. لهذا الغرض، تم اختبار تسع عينات من أصناف مختلفة من العسل فردية وسنة وثلاثين مزيجا من هذه الأنواع لغرض التحليل الكمي للفينولات الكلية وتقييم إمكانات مضادات الأكسدة فيها. تم قياس محتويات المركبات الفينولية باستخدام اختبار كاشف Folin-Ciocalteu. وأظهرت النتائج أن المحتويات تباينت بشكل كبير من 61.65 ± 1.92 مغم EAG/100 غرام إلى 165.42 ± 4.05 مغم EAG/100 غرام من العسل. تم تحديد أعلى قيمة لعينة العسل M3 (*Bunium mauritanium*). كما أظهرت النتائج أن جميع المستخلصات المائية لأنواع العسل التي تم فحصها لا تحتوي على مركبات الفلافونويد. من ناحية أخرى، يشير نشاط مضادات الأكسدة باختبار FRAP للمستخلصات المختلفة لأمزجة العسل إلى أن مزيج العسل (M2) (*Ziziphus Lotus + Euphobia Guyoniana Boiss*) هي الأقوى يليها مزيج العسل M3 (*Bunium mauritanium*) بقيم بين 20.804 ± 0.206 و 11.673 ± 0.049 مغم EVC/100 غرام من العسل. أكد تحليل ACP أن العسل M2 و M3 منفرداً أو ممزوجاً مع أنواع أخرى من العسل تعطي أهم أنشطة مضادة للأكسدة.

الكلمات المفتاحية: عسل، أمزجة العسل، الفينولات الكلية، نشاط مضاد للأكسدة.

Résumé

Cette étude est enregistrée dans le cadre de recherche des produits d'origine naturelle qui est considéré comme des sources de molécules bioactives puissantes. Pour cela neuf échantillons de miels de différentes variétés individuels et trente-six combinaisons de ces miels ont été teste dans le but d'une analyse quantitative des phénols totaux et une évaluation du potentiel antioxydant des. Les teneurs en composés phénoliques ont été mesurées en utilisant un dosage au réactif de Folin-Ciocalteu. Les résultats ont montré des teneurs qui varient considérablement de $61,65 \pm 1,92$ mg EAG/100g à $165,42 \pm 4,05$ mg EAG/100g de miel. Dont la plus forte valeur a été établie à l'échantillon de miel M3 (*Bunium mauritanium*). Les résultats ont également montré que tous les extraits aqueux des miels investigués, ne contiennent pas de flavonoïdes. D'autre part, l'activité antioxydante par le test FRAP des différents extraits des combinaisons de miels indiquent que les combinaisons de miel M2 (*Ziziphus lotus + Euphobia guyoniana Boiss*) est le plus puissant suivi par les combinaisons de miel M3 (*Bunium mauritanium*) avec des valeurs comprises entre $20,804 \pm 0,206$ et $11,673 \pm 0,049$ mg EVC/100g de miel). L'analyse par ACP a confirmé que les miels M2 et M3 individuels ou en combinaison avec les autres miels donnent les activités réductrices les plus importantes.

Les mots clés : miel, combinaisons de miels, phénols totaux, activité réductrice.

Abstract

This study is registered within the framework of research into products of natural origin which are considered to be sources of powerful bioactive molecules. Nine individual honey samples of different varieties and thirty-six combinations of these honeys were tested for quantitative analysis of total phenols and evaluation of the antioxidant potential of honeys. Phenolic compound levels were measured using a Folin-Ciocalteu reagent assay. Results showed a wide range of levels, from 61.65 ± 1.92 mg EAG/100g to 165.42 ± 4.05 mg EAG/100g honey. The highest value was found in honey sample M3 (*Bunium mauritanium*). The results also showed that all the aqueous extracts of the honeys investigated did not contain flavonoids. On the other hand, the FRAP antioxidant activity of the various honey combination extracts indicated that honey combination M2 (*Ziziphus lotus + Euphobia Guyoniana Boiss*) was the most potent, followed by honey combination M3 (*Bunium mauritanium*) with values ranging from 20.804 ± 0.206 to 11.673 ± 0.049 mg EVC/100g honey). PCA analysis confirmed that M2 and M3 honeys, individually or in combination with other honeys, gave the highest reducing activities.

Key words: honey, combinations of honey, total phenolic, reducing activity.

