

Faculté des Sciences et de la Nature et de la Vie  
Département des Sciences Alimentaires  
Filière : Sciences Biologiques  
Spécialité : Sciences Alimentaires  
Option : Bioprocédés et Technologie Alimentaire.



Réf:.....

Mémoire de Fin de Cycle  
En vue de l'obtention du diplôme

**MASTER**

***Thème***

**Evaluation de l'activité antioxydante  
du miel additionné de pollen**

Présenté par :

M<sup>elle</sup> AKIF Fairouz & M<sup>elle</sup> DEBBOU Chirez  
Soutenu le : 18/06/2017

Devant le jury composé de :

M<sup>me</sup> MERZOUK H.  
M<sup>r</sup> MOKRANI A/R.  
M<sup>me</sup> TAFININE Z.

Présidente  
Examineur  
Encadreur

**Année universitaire : 2016 / 2017**

# Remerciements

*Avant tout, nous tenons à remercier Dieu le tout puissant qui nous a donné la santé, la volonté, le courage et la patience.*

*Aussi nous adressons nos vifs remerciements à notre promotrice M<sup>me</sup> Taffinine pour l'honneur qu'elle nous a accordé d'accepté de nous encadrer, pour sa collaboration et son aide nécessaire à la réalisation de notre travail.*

*Nous tenons à remercier M<sup>me</sup> Merzouk et M<sup>r</sup> Mokrani pour avoir accepté de présider, jugé et examiné notre travail.*

*Nous tenant aussi à remercier tout le personnels du laboratoire de physicochimie des aliments pour leurs aides, leurs conseils et leurs gentillesse.*

*Un grand merci à toute personne ayant contribué à l'accomplissement de ce modeste travail.*

## *Dédicaces*

*Je dédie ce travail :*

*A mes très chers parents que j'aime et qui m'ont soutenu tout au long  
de mes années d'études.*

*A mon cher frère idir*

*A ma chère sœur Célia.*

*A toute la famille AKIF et LAIB.*

*A tous mes amis sans exception.*

*A ma camarade, CHIREZ et toute sa famille*

*Mes dédicaces vont également à la promotion de bioprocédés et technologie*

*Alimentaire 2016/2017*

*Fairouz*



## *Dédicaces*

*Tout au début, je tiens à remercier le bon dieu de m'avoir donné du courage et de de la patience afin de réaliser ce modeste travail que je dédie à tous ceux qui sont chers :*

*A ma mère qui a constitué l'essentiel de mon univers et pour la quelle je voue beaucoup d'affection et de respect, A la mémoire de mon père.*

*A ma petite sœur adorable : Thiziri qui n'a jamais cessé de m'apporter son soutien.*

*A mes deux frères Massin, et youba.*

*A ma camarade, FAIROUZ et à toute sa famille.*

*A mes chères amies que j'aime beaucoup, avec qui j'ai passé des moments inoubliable, en particulier à : Moussa, Naouel, Naouel, Sonia.*

*Mes dédicaces vont également à la promotion de bioprocédés et technologie Alimentaire 2016/2017.*

*Chirez*



### *Liste des abréviations*

**Abs** : Absorbance.

**ADN** : Acide Désoxyribonucléique.

**Anova /Manova** : Analyse de la variance.

**DMLA** : Dégénérescence maculaire liée à l'âge.

**DPPH** : 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl.

**EAG** : Equivalent en Acide Gallique.

**E $\beta$ C** : Equivalent  $\beta$  Carotène.

**EQ** : Equivalent en Quercétine.

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

**HO** : radicaux hydroxyles.

**Kcal** : Kilocalorie.

**LSD** : Little Significant Différence.

**M**: Molaire.

**N** : normalité.

**NaOH**: hydroxyde de sodium.

**nm** : nanomètre.

**O $_2^-$**  : superoxyde.

**P $^H$**  : potentiel d'hydrogène.

**$\mu$ l** : microlitre.

**Liste des figures**

<b>Figure</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
1	Photographie montrant les différentes couleurs de pollen.	6
2	Structure de grain de pollen.	7
3	Structure de base des flavonoïdes.	11
4	Teneur en composés phénoliques des échantillons.	18
5	Teneur en flavonoïdes des échantillons.	19
6	Corrélation entre la teneur en flavonoïdes et les composés phénoliques.	20
7	Teneur en caroténoïdes des échantillons.	21
8	Pouvoir réducteur des échantillons.	22
9	Corrélation entre les flavonoïdes et le pouvoir réducteur.	23
10	Activité antiradicalaire des échantillons.	24
11	Corrélation entre la teneur en polyphénols et l'activité antiradicalaire.	25
12	Corrélation entre la teneur en flavonoïdes et l'activité antiradicalaire.	25
13	Corrélation entre la teneur en caroténoïdes et l'activité antiradicalaire.	26
14	Réduction du molybdate par les échantillons.	27

**Liste des Tableaux**

<b>Tableaux</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>I</b>	Propriétés thérapeutiques du pollen.	9
<b>II</b>	Code et Origine géographique des échantillons.	14



*Table des matières*

**Liste des abréviations**

**Liste des figures et tableaux**

**Introduction**.....1

*Synthèse bibliographique*

*Chapitre I*

**I. Miel**.....2

I.1.Définition.....2

I.2.Origine et variétés de miel.....2

I.2.1.Nectar.....2

I.2.2.Miellat.....2

I.3. Composition .....3

I.3.1.Eau.....3

I.3.2.Glucides.....3

I.3.3.Matières azotés.....3

I.3.4.Acide organique.....3

I.3.5.Hydroxyméthylfurfural (HMF).....4

I.3.6.Composés phénoliques.....4

I.3.7.Substances divers.....4

I.4. Propriétés biologiques.....5

I.4.1.Valeur nutritionnelle.....5

I.4.2.Activités antimicrobiennes.....5

I.4.3.Propriétés thérapeutiques.....5

*Chapitre II*

**II. Pollen**.....6

II.1.Définition.....6

II.2.Pollinisation et type de pollen.....6

II.3.Structure et forme de pollen.....7

II.4.Composition du pollen.....7

II.4.1.Eau.....8

II.4.2.Glucides .....8

II.4.3.Matières azoté.....8

II.4.4.Vitamines.....8

II.4.5.Composés phénoliques.....8

II.4.5.Substances divers.....9

II.5.Propriétés thérapeutiques.....9

**Chapitre III**

<b>III. Activité antioxydante</b> .....	10
III.1. Les composés phénoliques.....	10
III.1.2.Mode d'action.....	11
III.2. Les flavonoïdes.....	11
III.2.1.Mode d'action.....	12
III.3.Les caroténoïdes.....	12
III.3.1.Mode d'action .....	12
III.4.L'acide ascorbique.....	13
III.4.1.Mode d'action .....	13

**Matériel et Méthodes**

I. Matériels.....	14
I.1.Echantillonnages .....	14
II. Méthode d'analyse .....	14
II.1.Préparation des extraits.....	14
II.2.Dosage des antioxydants.....	14
II.2.1.Les composés phénoliques.....	14
II.2.2.Les flavonoïdes.....	15
II.2.3.Les caroténoïdes.....	15
II.3.L'activité antioxydante.....	15
II.3.1.Le pouvoir réducteur.....	15
II.3.2.L'activité antiradicallaire. ....	16
II.3.3.La réduction de molybdate.....	16
II.4.Analyse statistique.....	16

**Résultats et discussion**

I. Dosage des antioxydants.....	17
I.1.Les composés phénoliques.....	17
I.2.Les flavonoïdes.....	18
I.3.Les caroténoïdes.....	20
II.Activité antioxydante.....	21
II.1.Le pouvoir réducteur.....	21
II.2.L'activité antiradicallaire.....	23
II.3.La réduction du molybdate.....	26

<b>Conclusion</b> .....	28
-------------------------	----

**Références bibliographiques****Annexes**

# *Introduction*

## **Introduction**

L'organisme humain subit un phénomène d'oxydation ce qui engendre un stress oxydatif. Ce dernier est la cause de dommages dans les molécules biologiques (ADN, Protéines, glucoses et lipides), d'où l'apparition de plusieurs maladies tels que le cancer et l'athérosclérose (Rice-Evans, 1999, Favier, 2003). Afin de lutter contre ces radicaux nocifs, l'organisme humain utilise des systèmes de défense antioxydants endogènes (superoxyde dismutase et catalase) et exogènes (apportés par l'alimentation).

Depuis très longtemps, le recours à la médecine traditionnelle a connu un regain d'attention et d'intérêts dans le monde. Basée sur des connaissances traditionnelles, mises au point depuis la nuit des temps, l'apithérapie appartient à l'ensemble des médecines dites "naturelles", par l'utilisation des produits de la ruche (miel, propolis, gelée royale, pollen, cire). Ces derniers ont reçu beaucoup d'attention vue leur intérêt qui est attribué à leurs propriétés antibactériennes et antioxydantes. Ils sont d'une grande utilisation dans le domaine thérapeutique pour le traitement des maladies.

Le miel est un produit naturel qui a accompagné l'homme depuis la plus haute antiquité. Cet élixir précieux est élaboré par les abeilles de l'espèce *Apis mellifera* à partir du nectar des fleurs aussi bien que du miellat (Azeredo et *al.*, 2003). Les composés phénoliques du miel contribuent de manière significative à son pouvoir antioxydant, ainsi que d'autres composés, moins importants. Par ailleurs, plusieurs études ont montré que l'activité antioxydante du miel varie largement en fonction de la source florale (Doukani et *al.*, 2014). Un autre produit de la ruche connaît de plus en plus un intérêt dans l'apithérapie, il s'agit du pollen. Ce dernier est la nourriture protéinique des colonies d'abeilles (Bogdanov et *al.*, 2006). Il est très riche en composants chimiques (protéines, lipides, glucides, vitamines hydrosolubles et liposolubles...) (Campos et *al.*, 2008), il est considéré comme une source d'antioxydants qui sont des substances de protection pour l'organisme (Percie de sert, 2009).

Notre travail est basé sur une étude évaluative de l'activité antioxydante du miel additionné de pollen. Ce document est subdivisé en trois parties. Une première partie englobe une présentation générale des deux produits de la ruche (miel et pollen), mais aussi un aperçu simplifié sur l'activité antioxydante. Une deuxième partie concerne l'approche expérimentale qui a pour but d'évaluer l'activité antioxydante de six échantillons de miels et un échantillon de pollen, ainsi que de leur mélange. Enfin les résultats et discussion sont rassemblés dans la troisième partie.

# *Chapitre I*

## *Le Miel*

## **I. Le miel**

### **I.1.Définition**

Selon la commission du Codex Alimentarius (2001), le miel est défini comme étant la substance sucrée naturelle produite et traitée par les abeilles mellifiques de l'espèce *Apis mellifera*, à partir du nectar des fleurs ou des sécrétions provenant des parties vivantes des plantes ou des excréments laissés par des insectes suceurs qu'elles butinent, transforment, combinent avec des matières spécifiques qu'elles secrètent, emmagasinent et laissent murir dans les rayons de la ruche.

### **I.2.Origines et variétés du miel**

L'origine de miel est importante vis-à-vis de l'évaluation de sa qualité par les consommateurs. Son origine botanique et géographique influence sur ses caractéristiques organoleptiques (Baroni et *al.*, 2008).

Il existe deux grandes variétés de miel, distinguées en fonction de leur origine sécrétoire : le miel issu de substances végétales (nectar) et le miel provenant de substances animales (miellat) (Schivre, 2006).

#### **I.2.1.Nectar**

Le miel peut être issu directement du nectar des fleurs. C'est un suc sécrété à certaines périodes par les nectaires des plantes. Les butineuses aspirent cette solution sucrée en s'installant sur la plante qu'elles ont choisi. Elles en prélèvent une quantité infinitésimale avec leur trompe. Parfois, elles profitent des trous percés dans la corolle des fleurs par les bourdons, ou encore sucent le jus des raisins attaqués par les guêpes (Fronty, 1985). La production du nectar dépend de l'âge, la taille et la position de la fleur. Elle dépend également de l'humidité relative de l'air et du milieu environnant (Sanz et *al.*, 2008).

#### **I.2.2.Miellat**

Le miellat est une substance sucrée plus complexe que le nectar recouvrant les feuilles de certaines plantes (Darigol, 1979). Il provient des substances rejetées par les insectes piqueurs et suceurs de sève de la famille des homoptères (pucerons, cochenilles) ; Ces derniers absorbent la sève des plantes et rejettent les matières sucrées sous forme de gouttelettes, que les abeilles récupèrent sur les feuilles des plantes (Lequet, 2010).

### **I.3. Composition**

Le miel renferme plus de 181 substances (Al-mamary et *al.*, 2002). Sa composition chimique varie d'un échantillon à l'autre, et dépend étroitement de l'origine botanique, de la nature du sol et d'autres facteurs (Bath et Singh, 1999).

#### **I .3.1.Eau**

La teneur en eau du miel est en moyenne de 17% à 20%, elle varie selon l'origine florale, la saison et la façon dont l'apiculteur fait la récolte. Un miel trop sec est difficile à extraire et à conditionner ; trop humide il risque de fermenter au cours de la conservation (Louveaux, 1985 ; Lobreau-Calén et *al.*, 1999).

#### **I .3.2.Glucides**

La plus grande partie de la matière sèche du miel est représentée par les glucides (3/4 de son poids). Le miel contient environ 38,5% de fructose et 31,3% de glucose. D'autres sucres tels que le maltose (7,2%), le saccharose (1,5%) et quelques oligosaccharides (4,2%) sont présents dans le miel (Gonnet, 1973 ; 1982 ; Louveaux, 1985 ; Shin et Ustunol, 2005).

#### **I.3.3.Matières azotées**

Les miels convenablement récoltés sont pauvres en substances azotées (moins de 1%), constitués de protéine et d'acides aminés libres d'origine animale et végétale (Schivre, 2006). Les matières azotées peuvent provenir du nectar et/ou du miellat, du pollen ou des sécrétions des abeilles butineuses (Anklam, 1998). Il peut y avoir jusqu'à 19 acides aminés libres différents dans le miel, dont la proline représente 50 à 85%. Dans un miel mur non falsifié, la quantité de proline est supérieure ou égale à 180 mg/kg (Hermosin et *al.*, 2003).

#### **I.3.4.Acides organiques**

Les miels sont acides et ont en générale un pH compris entre 3,1 et 4,5. Il contiennent un mélange d'acides organiques dont certains sont présents dans le nectar alors que d'autre résultent des multiples réactions survenant au cours de l'élaboration du miel (Louveaux, 1985 ; Lobreau-Calén et *al.*, 1999). Le principal acide organique du miel est l'acide gluconique résultant de la dégradation enzymatique du glucose. D'autre acides peuvent également être présents tel que les acides acétique, butyrique, citrique, formique, lactique, succinique, malique et pyroglutamique (Shin et Ustunol, 2005).

### **I.3.5. Hydroxyméthylfurfural (HMF)**

L'HMF (5-Hydroxyméthyl-2-furfural) est un aldéhyde cyclique formé par déshydratation du fructose et du glucose en milieu acide et à température élevée (Gidamis et al., 2004 ; Burdurlu et al., 2006). L'HMF n'est pas un composant naturel des miels mais trouvé presque toujours à l'état de traces plus ou moins importants (Schivre, 2006). Plusieurs facteurs influencent la formation de l'HMF dans le miel tels que la température et la durée du chauffage, ainsi que les conditions de conservation et les propriétés chimiques du miel (Zappala et al., 2005). Selon le Codex Alimentarius (2001), la quantité d'HMF dans le miel doit être inférieure à 40 mg/kg. Certains miels provenant des pays ou des régions tropicales peuvent avoir des teneurs en HMF de 80 mg/kg. Sa mesure permet d'évaluer la fraîcheur du miel (Zappala et al., 2005).

### **I.3.6. Composés phénoliques**

Le pollen, les nectars ou la propolis sont les sources des composés phénoliques des miels, ce sont des produits du métabolite secondaire des végétaux (Thomàs-Berberan et al., 1993 ; Waston, 2000). Certains phénols participent à l'arôme au même titre que les substances terpéniques. D'autres sont impliqués dans la saveur, et enfin les substances phénoliques interviennent plus ou moins dans la couleur par l'intermédiaire des flavonoïdes (Amiot et al., 1989).

Les polyphénols regroupent plusieurs composés dont les principaux identifiés dans le miel sont les flavonoïdes : les flavonols (la quercétine, les kaempférols) qui sont utilisés comme des marqueurs de l'origine florale de quelques miels (Gomez-caravaca et al., 2006).

### **I.3.7. Substances divers**

Le miel renferme aussi des éléments figurés en faibles concentrations, les lipides sont presque inexistant dans le miel. Cependant on peut trouver des glycérides et des acides gras tels que les acides palmitiques, oléiques, linoléiques (Gonnet, 1985). Les vitamines se trouvent en faibles quantités dans le miel. Elles sont le plus souvent du groupe B et très rarement du groupe A et D (Lobreau-Callen et al., 1999). Il contient également des grains de pollen, des champignons et des levures, des débris d'insecte et des bactéries à l'état de spores du genre *Bacillus* (Louveaux, 1985 ; Aupy et al., 1994).

## I.4. Propriétés biologiques

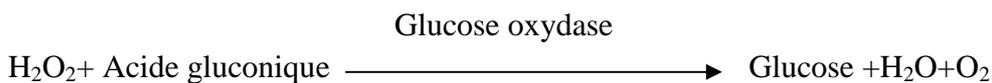
### I.4.1. Valeur nutritionnelle

Le miel, en tant qu'aliment glucidique, apporte 303 kcal/100g. Il contribue à l'amélioration des capacités de l'organisme des personnes âgées et des malades, de part sa richesse biologique, le miel augmente aussi les capacité de défense immunitaire et renforce ainsi la lutte contre les agressions, il est recommandé particulièrement pour les enfants et les sportifs (Blasa et *al.*, 2006). Il favorise l'assimilation du calcium et l'absorption du magnésium qui sont deux minéraux indispensables au bon fonctionnement de l'organisme (Meda, 2005).

### I.4.2. Activités antimicrobiennes

L'activité antimicrobienne du miel varie d'un miel à un autre selon l'origine botanique du nectar et du miellat et de la teneur en différents antioxydants (Al-Mamary et *al.*, 2002). Les caractéristiques du miel qui contribuent à cette activité antibactérienne sont sa pression osmotique élevée, l'oxydation enzymatique du glucose, sa faible activité de l'eau, son acidité, sa faible composition en protéines et sa viscosité élevée (The National Honey board, 2003).

L'effet antibactérien du miel est généralement attribué au peroxyde d'hydrogène qui résulte de l'oxydation du glucose par la glucose oxydase active dans le miel (Al Mamary et *al.*, 2002 ; Iuralina et Fritz, 2005). Selon la réaction :



### I.4.3. Propriétés thérapeutiques

Le miel est un produit faisant partie de la médecine traditionnelle grâce à ses propriétés diététiques et curatives (Beretta et *al.*, 2005). Les vertus thérapeutiques du miel sont attribuées à son activité antioxydante et antibactérienne, utilisé pour le traitement des brûlures, des désordres gastro-intestinaux, de l'asthme et des ulcères de peau (Al Mamary et *al.*, 2002 ; Ferreira et *al.*, 2009). Administré par vois buccale, le miel peut guérir ou soulager l'insomnie, les maux de gorge et certaines infections gastriques. Il augmente aussi la teneur du sang en hémoglobine et la vigueur musculaire (jean-prost., 2005).

# *Chapitre II*

## *Le Pollen*

## II. Le Pollen

### II.1.Définition

Le terme pollen vient du grec qui veut dire «palé»: farine ou poussière (Donadieu, 1983). Il constitue chez les végétaux supérieurs l'élément mâle des plantes à fleurs. Il se présente sous forme de grains microscopiques contenues dans les anthères des étamines (Jeans-Prost et Medori, 2005). Il se présente sous l'aspect de minuscules grains ayant suivant leur origine florale une morphologie différente et des formes très variées (Gonzalez et *al.*, 2005 ; bellanger, 2009). Les couleurs des pollens sont tous aussi variables ; elles varient du jaune pâle au noir, en passant par toutes les nuances du brun et du rouge (Figure 1) (Darrigol, 1979 ; Alméida-Muradian et *al.*, 2005). Selon Bogdanov et *al.* (2004), la couleur, l'apparence, l'odeur et le gout du pollen varient fortement selon l'origine florale.

Le pollen est indispensable à la survie de la ruche car il représente le principal aliment des larves, et pour cette raison les apiculteurs l'appellent communément « pain d'abeille » (Vaissiere, 2002 ; LeBlanc et *al.*, 2009).



**Figure 1** : photographie montrant les différentes couleurs de pollen (Anonyme 1)

### II. 2.Pollinisation et types de pollen

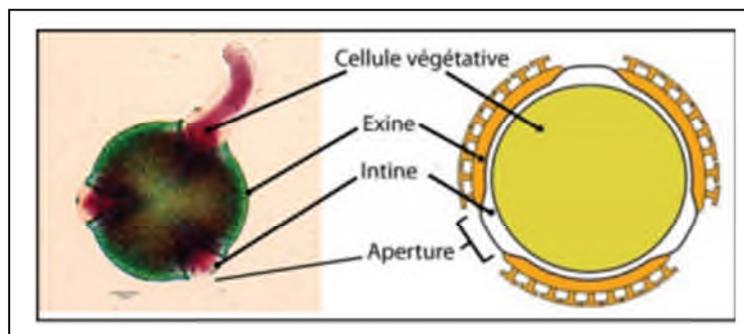
La pollinisation est une fécondation assurée au moment de la floraison, où il y'aura l'ouverture de l'anthère pour libérer le pollen qui va rencontrer le stigmate des pistils afin d'atteindre l'ovaire, elle peut être soit directe (autofécondation) ou bien indirecte (croisée) (Darrigol, 1979 ; Dondieu, 1983 ; Boullard, 1997). Cette dernière assure deux types de pollen, les pollens entomophiles qui sont transportés par les insectes et les pollens anémophiles qui sont transportés par le vent (Chauvin, 1987 ; Bellanger, 2009).

### II.3. Structure et forme du pollen

Un grain de pollen est une cellule vivante, résultant du développement de microspores groupées en tétrades (conséquences de la méiose) (Marouf et Reynaud, 2007). Il est entouré de deux couches protectrices : l'intine et l'exine (figure2) (Albert *et al.*, 2009 ; Percie du sert, 2009). L'intine est la couche interne d'origine gamétophytique, constituée de cellulose, de pectine et de protéines qui a pour origine la microspore. Elle peut disparaître rapidement à la mort cellulaire (Pons, 1958 ; Ducreux, 2002).

L'exine est la paroi externe du grain de pollen, elle est souvent percée d'ouverture ou d'aperture (Laaidi *et al.*, 1997 ; Bormann de Borges *et al.*, 2009). Elle est d'une mince épaisseur allant de 1 jusqu'à 3 $\mu$ m, sa morphologie est très variable.

Le pollen se trouve sous plusieurs formes, soit sphériques ou ovoïdes plus ou moins déformée. Un grain de pollen mesure 2,5 à 220 microns (Donadieu, 1983).



**Figure 2 :** Structure du grain de pollen (katifori *et al.*, 2010).

### II.4. Composition du pollen

Le pollen est constitué d'une multitude de grains minuscules, chaque petit grain est une unité biologique parfaite et complète (Ravazzi, 2003). Il comprend toute une gamme de Nutriments (glucides, lipides, protéinés, acides aminés). Il est considéré comme une source importante de métabolites secondaires tels que les composés phénoliques et les flavonoïdes (Arràez-Romàn *et al.*, 2007). Il contient également des vitamines, de l'eau, des sels minéraux et des enzymes. Il existe des différences assez importantes sur le plan quantitatif en fonction de l'origine botanique (Donadieu, 1983).

#### II.4.1.Eau

La teneur en eau est différente selon que l'analyse est pratiquée avant ou après séchage en vue de sa bonne conservation. Cette teneur est en moyenne de 10 à 12% pour le pollen frais et de 4% pour le pollen asséché (Donadieu, 1983).

#### II.4.2.Glucides

Ils représentent environ 35% du poids total du pollen (Donadieu, 1983). Ce sont généralement des polysaccharides tel que l'amidon, la pectine et la cellulose qui sont des constituants de la paroi (Bogdanov et *al.*, 2006).

#### II.4.3.Matières Azotés

La matière azotée représente 20% dont une grande partie est sous forme d'acides aminés qui sont soit à l'état libre (en majorité), soit à l'état combiné (Donadieu, 1983).

#### II.4.4.Lipides

Il existe des différences considérables dans la composition en lipides du pollen, en fonction de l'origine botanique (Campos et *al.*, 2008). Le pollen contient des concentrations en lipides variées de 1 à 20%. La plupart des pollens que récoltent les abeilles contiennent du cholestérol et du 24-méthylénecholestérol (Bruneau, 2006 ; Martin, 2009).

#### II.4.5.Vitamines

Les vitamines du groupe B sont les plus représentées dans le pollen, la vitamine C, la vitamine E (tocophérol) et la provitamine A ( $\beta$ -carotène) peuvent être également présents dans le pollen (Darrigol, 1979 ; Duraffourd et Lapraz, 2002).

#### II.4.6.Composés phénoliques

Les teneurs en polyphénols sont très élevés dans le pollen. Ce sont des polyphénols à chaîne courte tels que les flavonoïdes dont les propriétés sont bien étudiées (Arràez-Romàn et *al.*, 2007). Les études menées en 1991 montrent que le pollen est très riche en flavonoïdes, se qui est le cas surtout des pollens de ciste (du genre *citrus*) (Precie du sert, 2009). Ces flavonoïdes sont représentés par le kaempférol-3-glycosyde, la Quercétine-3-glycosyde, et la Myricétine-3-Oglycosyde (Almaraz-Abarca et *al.*, 2008).

#### II.4.7.Substances diverses

Le pollen contient un large éventail d'éléments minéraux, parmi lesquelles, il a pu être décelé le calcium, le chlore, le cuivre, le fer, le magnésium et le manganèse (Darrigol, 1979 ; Donadieu, 1983). Il contient également certaines substances antibiotique, bactériostatique, des hormones de croissances (gibbérellines) et des enzymes qui sont en particulier l'amylase, l'invertase, et certaine phosphatase (Durauffourd et Lapraz, 2002).

#### II.5.Propriétés thérapeutiques

Le pollen possède une forte action antioxydante, ce qui est certainement due à sa richesse en composés capables de s'opposer à des phénomènes pouvant causer des dommages oxydatifs dans l'organisme. Ces composés sont essentiellement les polyphénols, les flavonoïdes et les caroténoïdes qui possèdent des intérêts majeurs dans la prévention de plusieurs maladies (Percie du Sert, 2009).

Comme il existe des différences entre les pollens selon leur origine botanique, chacun peut donc avoir des propriétés thérapeutiques spécifiques. Le tableau I regroupe les propriétés thérapeutiques du pollen (Donadieu, 1983).

**Tableau I :** Propriété thérapeutique du pollen.

<b>Maladies</b>	<b>Propriétés thérapeutiques</b>
L'appareil digestif	Régularisation de divers troubles fonctionnels (type constipation), action sur les entéro-colites et colites
Le système cardio-vasculaire	Traitement de la fragilité capillaire, régulation de l'hypertension artérielle.
L'appareil génito-urinaire	Traitement des troubles de la prostate, de la cystite à colibacilles.
Le système neuro-psychique	stimulation de l'humeur avec un effet euphorisant, accompagnés d'une augmentation des capacités intellectuelles.
L'ophtalmologie	Correction des troubles visuelles.
La dermatologie	Traitement de l'alopecie et prévention de la chute des cheveux.
Le métabolisme en général	effets régulateurs agissant à différents niveaux (croissance, vieillissement organique...).

*Chapitre III*  
*Activité*  
*antioxydante*

### III. Activité antioxydante

Le métabolisme cellulaire normal de l'oxygène produit de manière continue de faibles quantités des dérivés réactifs de l'oxygène. Une forte production de ces réactifs entraînent un stress oxydatif qui peut être défini comme un déséquilibre entre la production et la destruction de ces molécules, ce dysfonctionnement est à l'origine de diverses maladies dégénératives tels que le diabète, les maladies cardiovasculaires, les troubles neuro-dégénératifs et différents types de cancers (Nafia et *al.*, 2005 ; Bandyopadhyay et *al.*, 2008 ; Iacopini et *al.*, 2008).

Les radicaux libres peuvent être piégés ou neutralisés par des substances antioxydantes naturellement présentes dans les plantes médicinales, les fruits et les légumes (Schramm et *al.*, 2003).

Étant donné que le miel est élaboré à partir des plantes il est tout à fait normal qu'il contienne des substances antioxydantes. Les principaux agents antioxydants du miel sont les composés phénoliques, les caroténoïdes, et la vitamine C (Al Mamary et *al.*, 2002).

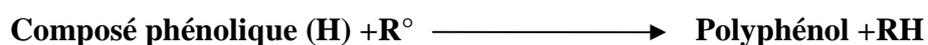
#### III.1. Les composés phénoliques

Les composés phénoliques ou les polyphénols constituent le plus important groupe de métabolites secondaires présents dans les plantes (Antolovich et *al.*, 2000). Ce sont des substances qui proviennent des sécrétions de bourgeons et des exsudats de divers organes des plantes, représentés essentiellement par les flavonoïdes et les acides phénoliques (Amiot et *al.*, 1989).

Les composés phénoliques possèdent une structure formée d'au moins un noyau aromatique auquel est lié indirectement au moins un groupe hydroxyle, libre ou engagé avec une autre fonction éther, ester, hétéroside qui leur permet de piéger et de neutraliser les radicaux libres (Macheix et *al.*, 2005 ; Vermerris et Nicholson, 2006). Ils sont commodément classés selon le nombre d'atome de carbone dans le squelette de base (Ribéreau-Gayon, 1968).

### III.1.1.Mode d'action

Les composés phénoliques peuvent agir de différentes manières sur les radicaux libres, soit par le piégeage de l'oxygène singulet en cédant un atome d'hydrogène ou un électron (Bandyopadhyay *et al.*, 2008 ; Iacopini *et al.*, 2008 ; Liu *et al.*, 2008). Grâce à leur groupement hydroxyles, ils agissent en neutralisant les radicaux libres Selon la réaction suivante :

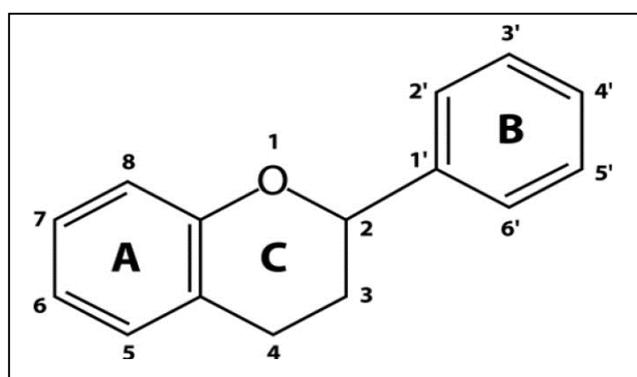


Les composés phénoliques peuvent également agir en chélatant des cofacteurs d'enzymes, et réduisant les pertes en antioxydants (vitamine C,  $\beta$ -Carotène). (Havsteen, 2002 ; Hennebelle *et al.*, 2004).

### III.2.Les flavonoïdes

Les flavonoïdes constituent un groupe de polyphénols complexe dont plus de 6000 molécules ont été identifiés (Ghedira *et al.*, 2005).

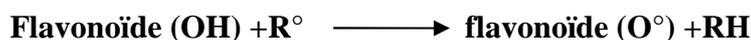
Le terme flavonoïdes provenant du latin « flavus », signifiant « jaune » désigne une très large gamme de composés naturels appartenant à la famille des polyphénols, ils sont considérés comme des pigments des végétaux. Leur structure de base est celle du diphenylpropane à 15 atome de carbone ( $\text{C}_6\text{-C}_3\text{-C}_6$ ) constitué de deux noyaux aromatiques, ils sont désignés par les lettres A et B reliés par un hétérocycle oxygéné, qui désigne la lettre C (figure 3) (Harborne et Williams., 2000).



**Figure 3** : Structure de base des flavonoïdes (Pietta, 2000).

### III.2.1.Mode d'action

L'activité antiradicalaire dépend de leur structure, la présence de groupement hydroxyle et de doubles liaisons leur confère la capacité d'agir comme donneur d'hydrogène selon la réaction ci-dessous (Havsteen .2002 et Atmani et *al.*, 2009).



Les flavonoïdes inhibent la peroxydation lipidique causée par l'autoxydation des acides gras insaturés, ils chélatent les ions et piègent les radicaux libres (Wang et *al.*, 2004 et Montoro et *al.*, 2005).

### III.3.Les caroténoïdes

Les caroténoïdes sont des pigments naturels présents dans les fruits et les végétaux, ils se retrouvent également au niveau des produits de la ruche, étant donné qu'il sont fabriqués à partir du nectar et des sécrétions des plantes (Rodriguez-Bernardo de Quiros et Costa 2006 ; Dias et *al.*, 2009).

Près de 800 caroténoïdes ont été identifiés dans la nature, une quarantaine seulement sont couramment consommés. Certains de ces caroténoïdes sont des précurseurs de la vitamine A comme le  $\beta$ -carotène (Desmettre et Lecerf., 2005). Ils possèdent pour la plupart dans leur structure chimique de très nombreuses doubles liaisons conjuguées qui sont responsables de leur activité antioxydante (Rodriguez-Bernardo de Quiros et Costa, 2006).

#### III.3.1.Mode d'action

Les caroténoïdes ont des propriétés antiradicalaires et leur capacité de piéger l'oxygène singulet est due à la présence des doubles liaisons (El-Agamey et *al.*, 2004 ; Desmettre et Lecerf, 2005).

Les caroténoïdes inhibent la peroxydation lipidique et réduisent le stress oxydatif selon la réaction ci-dessous (Dankov et *al.*, 2009).



### III.4. L'acide ascorbique

L'acide ascorbique ou vitamine C ( $C_6H_8O_6$ ) est un élément hydrosoluble important pour la nutrition humaine, fournie par les fruits et les végétaux (Lobreau-Callen et *al.*, 1999). Sa teneur dans le miel est faible.

La vitamine C est utilisée comme un additif alimentaire grâce à sa capacité antioxydante (Burdurlu et *al.*, 2006 ; Hernández et *al.*, 2006). C'est un composé instable, sa dégradation dépend de plusieurs facteurs comme l'oxygène, la température et la durée de stockage.

#### III.4.1. Mode d'action

La vitamine C est considérée comme un antioxydant grâce à sa fonction 2,3 ène -diol. Elle peut agir par des mécanismes multiples tels que la neutralisation des radicaux libres et les espèces réactives de l'oxygène, ainsi que le piégeage de l'oxygène singulet et la prévention de la peroxydation lipidique (Multon ,2002 ; Banerjee et *al.*, 2009).

*Matériel et  
Méthodes*

## **Matériel et méthodes**

### **I. Les échantillons**

Le présent travail est mené sur six échantillons de miel (M) récoltés de différentes régions de la Kabylie (Tableau II) et sur un échantillon de pollen (P) commercialisé dans la région de Béjaïa.

**Tableau II** : Code et Origine géographique des échantillons.

<b>Code</b>	<b>Origine géographique</b>
M1	Ibakouren (Amizour)
M2	Oued-Ghir
M3	Toudja
M4	Kherrata
M5	Sidi-aich
M6	Tigzirt (Tizi-ouzou)
P	Produit local

### **II. Méthodes d'analyses**

#### **II.1.Extraction**

L'extraction des polyphénols est réalisée avec du méthanol 50 %. Une quantité de 2 g de miel ou de pollen est mélangée avec le solvant. Un mélange miel – pollen est préparé avec des quantités similaires (2g de pollen et 2 gr de miel), puis additionné de solvant. Après agitation pendant 20 minutes à température ambiante, les extraits sont récupérés par filtration.

#### **II.2. Dosage des antioxydants**

##### **II.2.1. Les composés phénoliques**

La teneur en composés phénoliques est évaluée selon la méthode décrite par Naithani *et al.* (2006). Un volume de 1ml d'extrait est additionné par 1 ml du réactif de folin-Ciocalteu (0,1 %), puis 2 ml de la solution de carbonate de sodium (NaCO<sub>3</sub>) à 2% sont

ajoutés au mélange. Après 30 minutes à l'obscurité, l'absorbance est lue à 760 nm. Les concentrations en composés phénoliques sont déterminées en se référant à la courbe d'étalonnage (Annexe) et les résultats sont exprimés en milligramme équivalent d'acide gallique /100 g d'échantillon (mg EGA/100g).

### **II.2.2. Dosage des flavonoïdes**

La teneur en flavonoïdes est estimée selon la méthode décrite par Liviu al et *al.* (2009). 5 ml d'extrait sont mélangés avec 300 µl de NaNO<sub>2</sub> (5%). 5 minutes après, un volume équivalent de chlorure d'aluminium AlCl<sub>3</sub> (10%) est additionné. Un volume de 2 ml de la solution NaOH (1M) sont ajoutés après 6 minutes. L'absorbance est mesurée à 510 nm. Les concentrations en flavonoïdes sont estimées en se référant à la courbe d'étalonnage et les résultats sont exprimés en milligramme d'équivalent quercétine /100 g d'échantillon (mg EQ/100g).

### **II.2.3. Dosage des caroténoïdes**

La quantification des caroténoïdes est réalisée suivant la méthode de Sass-Kiss et *al.* (2005). 15 ml du mélange hexane, éthanol, acétone (2, 1, 1) sont ajoutés à une quantité d'échantillon. Une agitation pendant 3 heures est réalisée, puis l'absorbance de la phase hexanique est lue à 450 nm. Les teneurs en caroténoïdes sont estimées en se référant à la courbe d'étalonnage (Annexe) et les résultats sont exprimés en milligramme d'équivalent β-carotène /100 g d'échantillon (mg EβC/100g).

## **II.3. Activité antioxydante**

### **II.3.1. Le pouvoir réducteur**

Le pouvoir réducteur est estimé selon la méthode décrite par Yildirim et *al.*, (2001). Un volume de 1 ml de l'extrait est ajouté à 2,5 ml du tampon phosphate (0,2M ; pH 6,6) et à 2,5 ml de ferricyanure de potassium [K<sub>3</sub>Fe(CN)<sub>6</sub>] (1%). Après agitation, le mélange est incubé pendant 20 minutes à 50°C, puis 2,5 ml d'acide trichloroacétique TCA (10%) sont additionnés à la solution. Un volume de 1,25 ml est prélevé et additionné de 1,25 ml d'eau distillée et 0,25 ml du chlorure ferrique FeCl<sub>3</sub> (0.1%). L'absorbance est mesurée à 700 nm après 10 minutes d'incubation.

### II.3.2. L'activité antiradicalaire

Le pouvoir antiradicalaire des extraits méthanoliques est déterminé selon la méthode décrite par Liviu al et *al.* (2009). Un volume de 2 ml de la solution du DPPH est ajouté à 1 ml de l'extrait méthanolique. Après 10 minutes d'incubation à température ambiante, l'absorbance est lue à 515 nm. Le pourcentage de réduction de DPPH est calculé comme suit :

$$\% \text{ DPPH réduit} = [(\text{Abs Control} - \text{Abs Echantillon}) / \text{Abs Control}] \times 100.$$

### II.3.3. La réduction du molybdate

L'activité antioxydante est déterminée selon la méthode d'écrite par Ramalakshmi et *al.* (2008). Un volume de 1 ml de la solution (molybdate d'ammonium 4 Mm, acide sulfurique 0.6M, sodium phosphate 28mM) est ajouté à 0,1 ml d'extrait. Une incubation est réalisée à 95°C pendant 90 minutes. Les absorbances sont lues à 695 nm.

## II.4. Analyse statistique

L'analyse descriptive des résultats est réalisée avec le logiciel Microsoft Office Excel 2007, pour déterminer les moyennes, les écarts types et les coefficients de corrélation. Une analyse de la variance suivi du test LSD (La plus petite différence significative) a été appliqué à l'aide du logiciel Statistica 5,5 afin de mettre en évidence les différences significatives au seuil  $p < 0,05$  entre les échantillons pour chaque paramètre. Les résultats sont classés par ordre croissant : a<b<c<d<e<f<g<h<i<j<k ...

# *Résultats et Discussion*

## **Résultats et discussion**

### **I. Dosage des antioxydants**

#### **I.1. Les composés phénoliques**

L'ensemble des résultats obtenus concernant le dosage des polyphénols des échantillons étudiés sont représentés sur la figure 4, qui montre que la concentration en polyphénols enregistrée dans les six échantillons de miel varient considérablement de 45,89 à 101,30 mg EAG/100g. Sur la base des taux de ces composés, les échantillons sont classés selon l'ordre croissant : M1<M6<M2<M4<M3<M5. Le miel d'Ibakouren (Amizour) et de Tizirt (Tizi Ouzou) enregistrent des teneurs faibles par rapport aux autres miels, tandis que le miel de Sidi-aich enregistre la valeur la plus élevée.

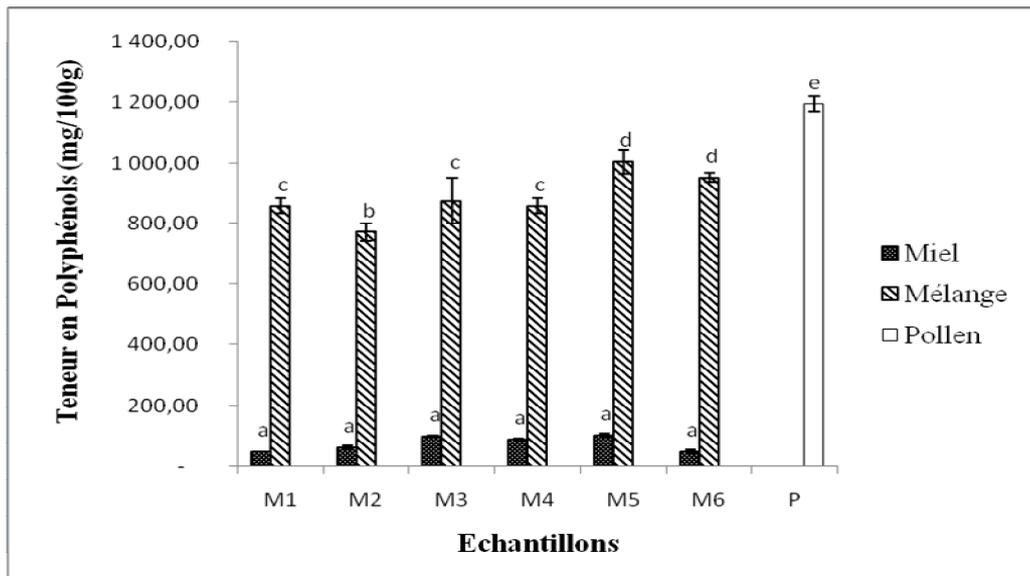
Ces résultats sont presque similaires à ceux obtenus par Can *et al.* (2015) sur les échantillons de miels de la Turquie [16,02 à 105,46 mg EAG /100g] et inférieur à ceux rapporté par Bouyahya *et al.* (2017) sur des miels marocains [56,32 à 124,6 mg EAG /100g].

D'après l'étude réalisée par Pyrzynska et beisagan (2009). La composition phénolique du miel est fortement affectée par l'origine florale, le climat et la zone géographique.

La teneur en polyphénols du pollen et de 1194,90 mg EAG /100g. Ce résultat est supérieur aux résultats rapportés par Carpes *et al.* (2007) [109 à 660 mg EAG /100g], et inférieur à ceux obtenus par le Blanc *et al.* (2009) [2938 mg EAG /100g].

Les teneurs en composés phénoliques du miel enrichi de pollen varient entre 770 à 1004,33 mg EAG /100g. L'échantillon de Oued-Ghir et de Kherrata enregistrent des teneurs faibles par rapport aux autres mélanges, tandis que le miel de sidi-aich enregistre la teneur la plus élevée. Il existe une différence significative entre les trois échantillons analysé le miel, pollen, et le mélange.

D'après ces résultats, on peut conclure que l'addition du pollen au miel accroît considérablement ses teneurs en polyphénols.



**Figure 4 :** Teneur en composés phénoliques des échantillons.

Les barres verticales représentent les écarts types. Les valeurs portant des lettres différentes présentent des différences significatives  $a < b < c < d < e < f < g$ .

## I.2. Les flavonoïdes

Les résultats de la présente étude montrent que la teneur en flavonoïdes des six échantillons de miels étudiés varie de 24,59 à 90,16 mg EQ/100 gr (figure 5). L'échantillon de miel de Tizirt (M5) enregistre la plus faible teneur, tandis que le miel de Toudja (M3) enregistre la teneur la plus élevée. Ces résultats sont supérieurs à ceux obtenus par Boyahya *et al.* (2017) sur les échantillons de miels Marocain [19,64 à 43,24 mg EQ/100 g] et à ceux obtenu par Mouhoubi *et al.* (2016) sur les échantillons de miels Algériennes. Ceci est peut être due à plusieurs facteurs tels que l'origine florale et la situation géographique (Sladana *et al.*, 2011 ; Linda *et al.*, 2012).

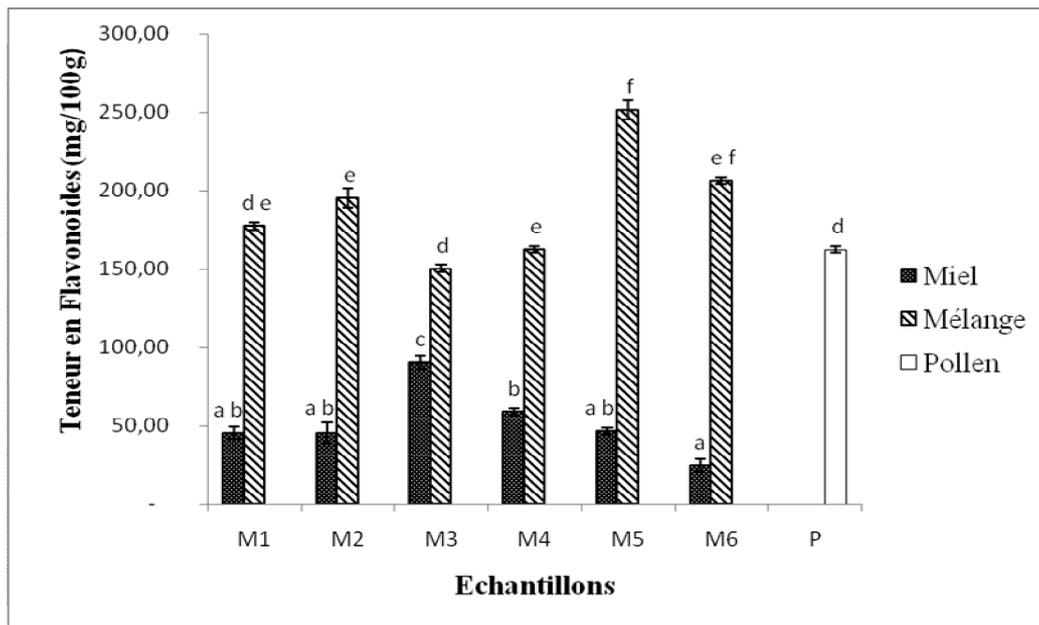
Dokani *et al.* (2014) ont montré que dans le miel, la plupart des composés phénoliques sont sous forme de flavonoïdes, qui sont les principaux facteurs responsables de l'activité biologique du miel. En général, les miels les plus foncés contiennent des quantités de flavonoïdes supérieures aux miels plus clairs. Ainsi, ils possèdent une plus grande capacité antioxydante.

La teneur en flavonoïdes du pollen est de 162,57 mg EQ/100 g. Ce résultats est supérieur à ceux obtenu par Mărghitaș *et al.*, (2009) sur quelques échantillons de pollen de la Roumanie [60 mg EQ/100 g].

La teneur en flavonoïdes du miel additionné de pollen varie de 150,27 à 251,37 mg EQ/100 g. L'échantillon (M3p) de la région de Toudja enregistre la teneur la plus faible, tandis que le miel de sidi-aich (M5p) enregistre la teneur la plus élevée. D'après l'étude statistique, on constate qu'il existe une différence significative entre les échantillons étudiés.

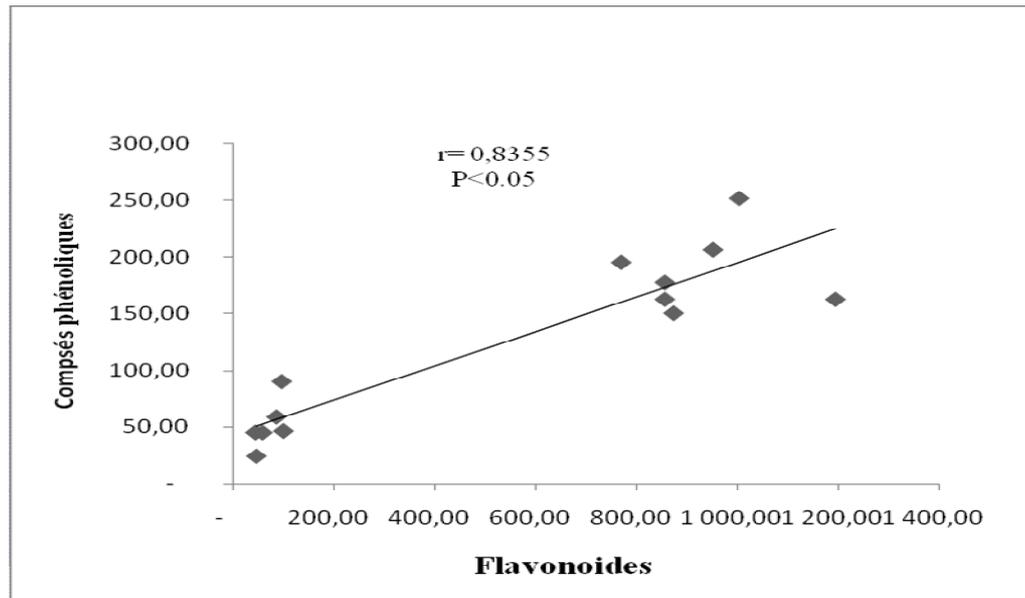
La teneur en flavonoïdes des échantillons du miel additionné de pollen est plus élevée par rapport aux échantillons de miels, cela est expliqué par les teneurs élevées en flavonoïdes de l'échantillon de pollen.

Une corrélation significative positive ( $r=0,83$ ,  $p<0,05$ ) est constatée entre la teneur en polyphénols et celle des flavonoïdes des échantillons (figure 6). Cette corrélation est plus importante que celle apportée par Mouhoubi *et al.* (2016) ( $r=0,59$ ).



**Figure 5 :** Teneur en flavonoïde des échantillons.

Les barres verticales représentent les écarts types. Les valeurs portant des lettres différentes présentent des différences significatives  $a < b < c < d < e < f < g$ .



**Figure 6** : corrélation entre la teneur en flavonoïdes et les composés phénoliques

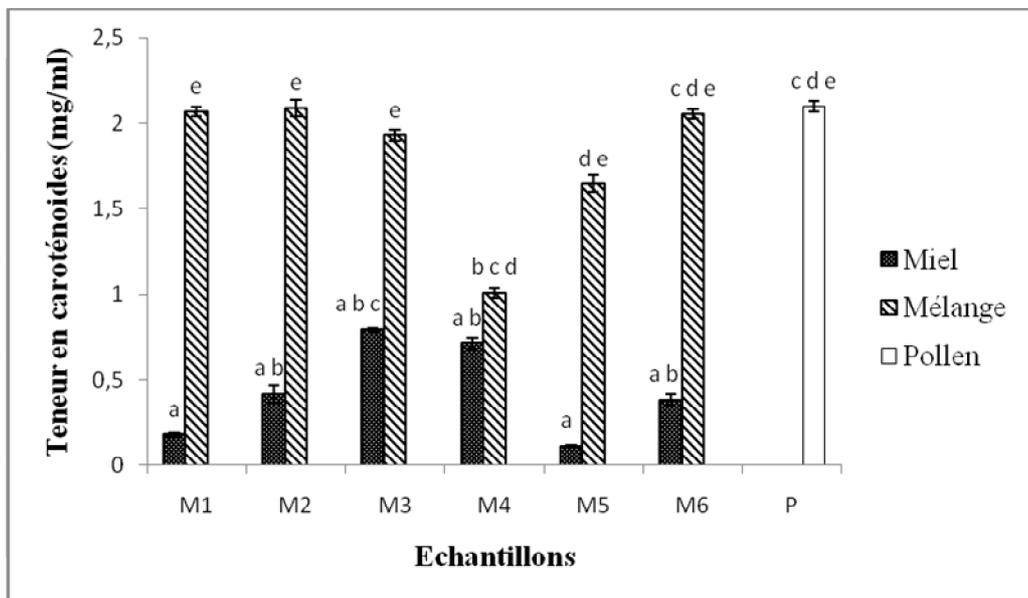
### I.3. Les caroténoïdes

Dans la présente étude, le dosage des caroténoïdes a révélé des concentrations très faibles pour les échantillons de miel (figure 7), allant de 0,11 à 0,79 mg E $\beta$ C/100 g. La teneur la plus faible en caroténoïdes est représentée par le miel (M3) de la région de Toudja, tandis que la teneur la plus élevée est représentée par le miel (M5) de Sidi-Aïch. Ces résultats sont inférieurs à ceux obtenus par Mouhoubi *et al.* (2016) sur les échantillons de miels Algériennes [0,30 à 1,01 mg E $\beta$ C/100 g]. Ces différences peuvent être attribuées à plusieurs facteurs dont la méthode d'extraction, l'origine géographique (taux d'ensoleillement de la plante butinée par les abeilles, la source florale, le degré de maturité des fruits butinés par les abeilles et les conditions de stockage (Alvarez-Suarez *et al.*, 2010).

La teneur en caroténoïdes du pollen est de 2,099 mg E $\beta$ C/100 g. Ce résultat est inférieur à ceux obtenus par Almeida *et al.* (2005) sur les échantillons de pollen de Brésil [8,25 mg E $\beta$ C/100 g].

Les teneurs des échantillons de miels additionnés de pollen varient de 1 à 2,08 mg E $\beta$ C/100 g. Selon les résultats de l'étude statistique, il existe une différence significative entre les échantillons analysés.

Tout comme les teneurs en polyphénols et en flavonoïdes, la teneur en caroténoïdes est améliorée par l'addition du pollen aux miels.



**Figure 7 :** Teneur en caroténoïdes des échantillons.

Les barres verticales représentent les écarts types. Les valeurs portant des lettres différentes présentent des différences significatives  $a < b < c < d < e < f < g$ .

## II. Activité antioxydante

### II.2. Le pouvoir réducteur

Le pouvoir réducteur des échantillons analysés est présenté sur la figure 8. D'après ces résultats, le miel de kherrata (M4) possède un meilleur pouvoir réducteur suivie respectivement par le miel de Toudja (M3), le miel de Oued-Ghir (M2), le miel de Sidi-aich (M5), le miel de Ibakouren (Amizour) (M1) et enfin le miel de Tizirt (Tizi-ouzou) (M6).

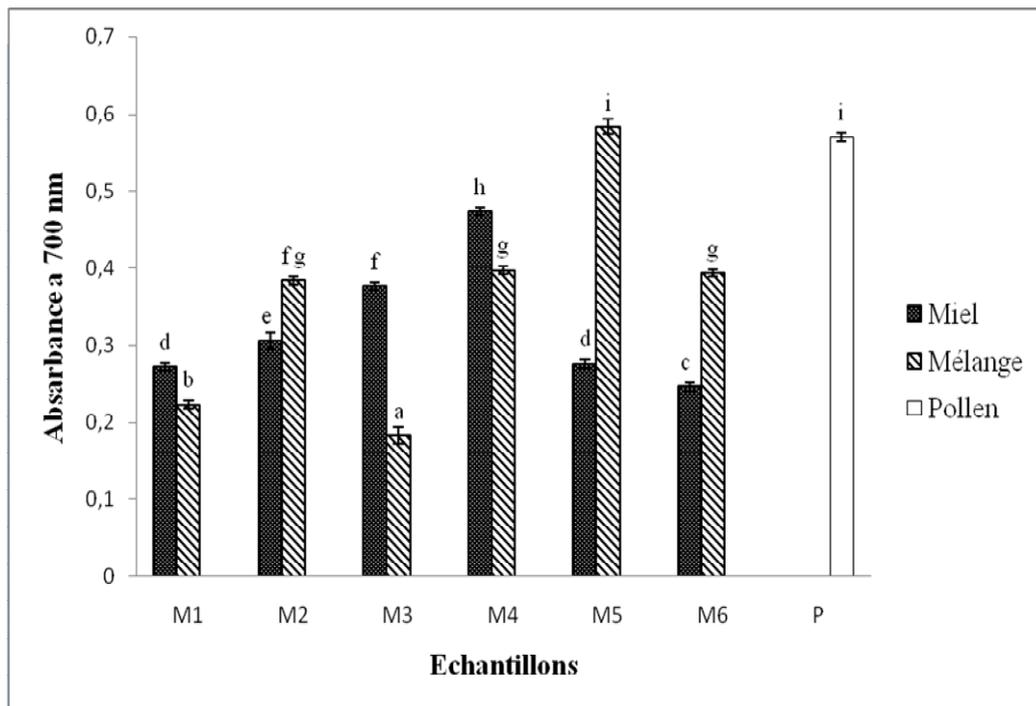
Le pouvoir réducteur du pollen est supérieur à celui apporté par les échantillons de miels.

Pour les échantillons de miels additionnés de pollen, le pouvoir réducteur du mélange de Sidi-aich (M5p) représente la valeur la plus élevée, suivie respectivement par le mélange de kherrata (M4p), le mélange de Tizirt (M6p), le mélange de Oued-Ghir (M2p), le mélange de Ibakouren (M1p), et enfin le mélange de Toudja (M3p). D'après les résultats des échantillons étudiés, le miel additionné de pollen possède le meilleur pouvoir réducteur.

La variation de l'activité antioxydante des échantillons est attribuée aux origines botaniques, à la présence d'agents antioxydants tels que les flavonoïdes et les acides phénoliques (Al-Mamary *et al.*, 2002 ; Küçük *et al.*, 2007).

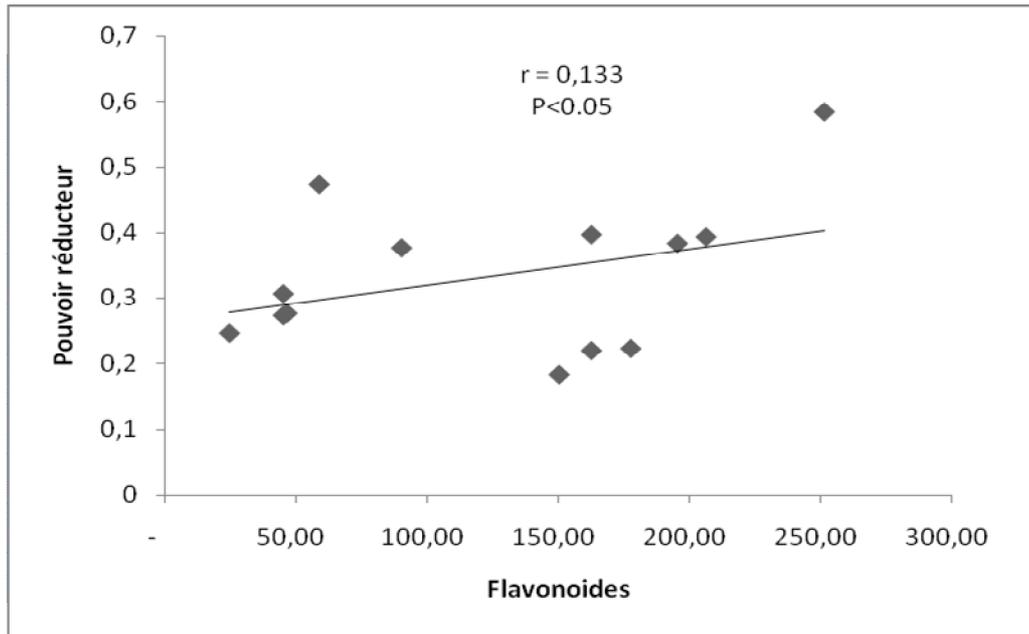
Bretta *et al.* (2005) et Blasa *et al.* (2007) ont montré que la variation de l'activité antioxydante est due à la qualité et à la quantité des composés phénoliques responsables de cette activité. Cette dernière peut être affectée par de nombreux facteurs, la structure des composés phénoliques et en particulier les degrés et la position des groupement hydroxyles sur le noyau aromatique de la molécule (Balasandram *et al.*, 2005 ; Scherer et Gody, 2009).

Une corrélation significatives positive ( $r=0,13$ ,  $P<0,05$ ) et constatée entre la teneur en flavonoïdes et celle du pouvoir réducteur (figure 9). Cette dernière est inférieure à celle apporté par Mouhoubi *et al.* (2016) ( $r=0,43$ ).



**Figure 8 :** Pouvoir réducteur des échantillons.

Les barres verticales représentent les écartypes. Les valeurs portant des lettres différentes présentent des différences significatives  $a<b<c<d<e<f<g$ .



**Figure 9** : Corrélation entre les flavonoïdes et le pouvoir réducteur.

## II.2.L'activité antiradicalaire

L'activité antioxydante est déterminée par la diminution de l'absorbance d'une solution méthanolique de DPPH, qui est due à sa réduction en une forme non radicalaire DPPH-H par les antioxydants donneurs d'hydrogènes présents dans les échantillons (Doukani *et al.*, 2014).

D'après les résultats obtenus dans la figure 10, le pouvoir antiradicalaire des échantillons étudiés vis-à-vis du radical DPPH varie de 2,2% à 20,37% pour une concentration de 100 mg/ml. Le miel d'Ibakouren (M1) présente l'activité antiradicalaire la plus faible et le miel de Toudja (M3) présente la meilleure activité antiradicalaire.

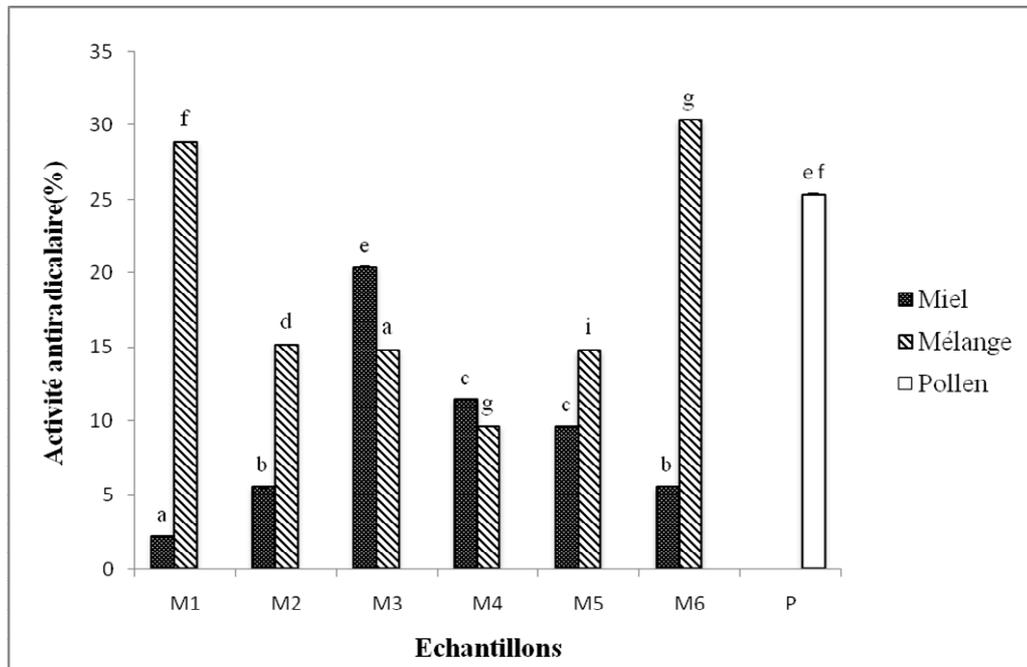
L'étude réalisée par Boyahya *et al.*, (2017) sur des miels Marocains a apporté des pourcentages qui varient de [ 36,38% à 61,94%]. Ces derniers sont supérieurs aux résultats rapportés dans la présente étude.

Cette différence est due aux conditions expérimentales (la température et le temps de réaction), qui peuvent affecter les résultats de manière significative (Hogan *et al.*, 2009 ; Lobo, 2009).

Les résultats obtenus pour les échantillons de miels additionnés de pollen varient de 9,62% à 30,37%. Sachant que l'échantillon de pollen a montré un pouvoir antiradicalaire de 25,36 %. L'addition du pollen a augmenté considérablement le pouvoir antiradicalaire des échantillons de miels.

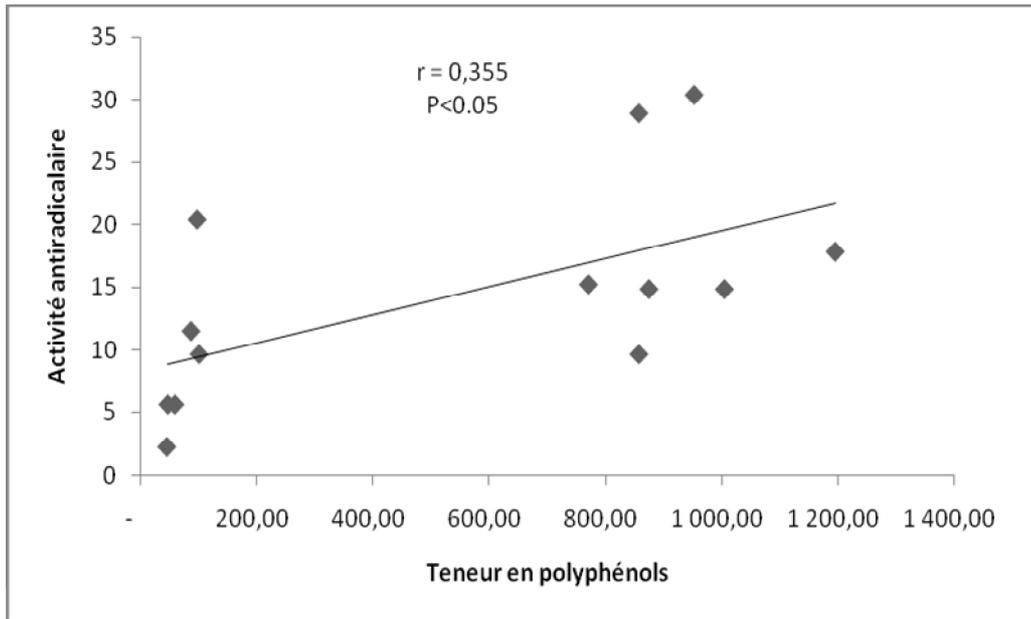
La variation de l'activité antiradicalaire peut être expliquée par la différence dans la teneur en polyphénols totaux et aux autres composants qui ont une activité antiradicalaire. Les résultats illustrés sur la figure 10 montrent que les activités antiradicalaires du miel, du pollen, et du mélange présentent des différences significatives.

Des corrélations significatives positive sont constatées entre la teneur en polyphénols, flavonoïdes, caroténoïdes et l'activité antiradicalaire, respectivement ( $r=0,35$  ;  $r=0,42$  ;  $r=0,57$ ,  $P<0,05$ ).

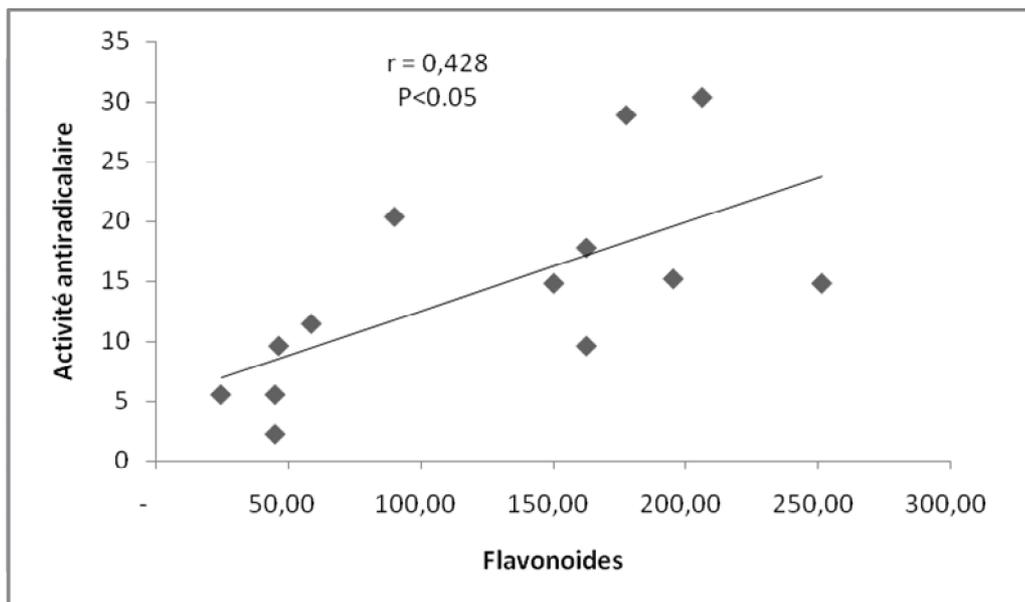


**Figure 10 :** Activité antiradicalaire des échantillons.

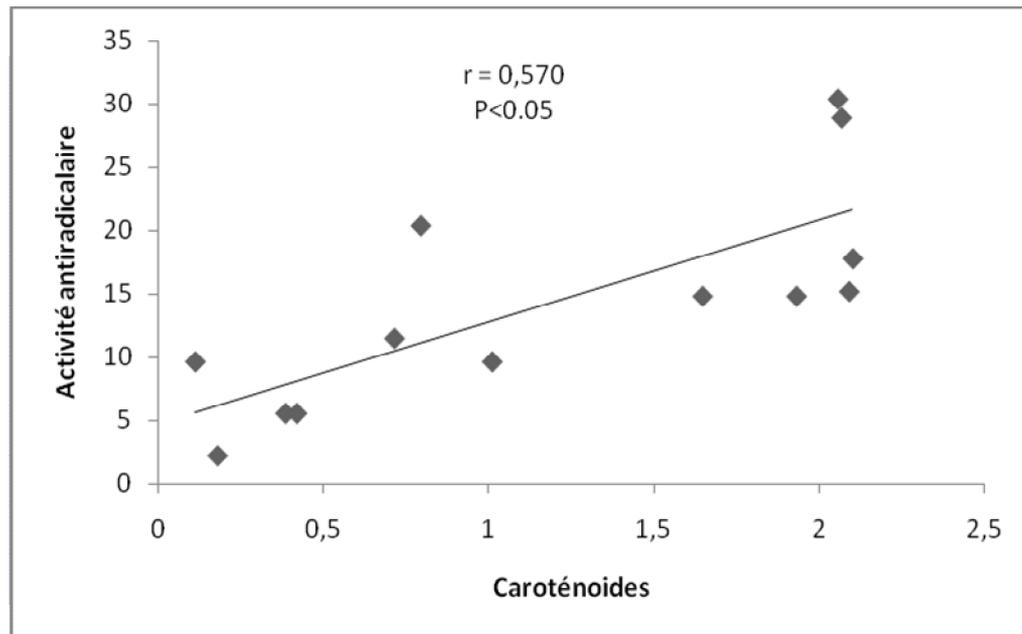
Les barres verticales représentent les écartypes. Les valeurs portant des lettres différentes présentent des différences significatives  $a<b<c<d<e<f<g$ .



**Figure 11 :** Corrélation entre la teneur en polyphénols et l'activité antiradicalaire



**Figure 12 :** Corrélation entre la teneur en flavonoïdes et l'activité antiradicalaire.



**Figure 13:** Corrélacion entre la teneur en caroténoïdes et l'activité antiradicalaire.

### II.3. La réduction du molybdate

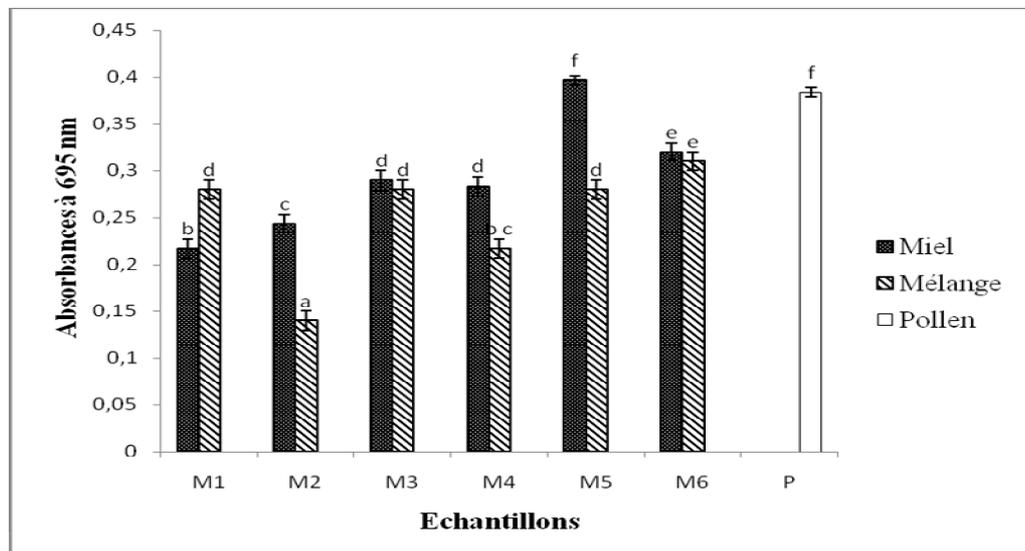
La figure (14) montre les résultats obtenus concernant l'activité antioxydante, mesurée par la réduction de molybdate par les antioxydants présents dans les échantillons analysés.

Pour les échantillons de miels étudiés, la meilleure capacité réductrice est enregistrée pour le miel de Sidi-aich (M5) suivi respectivement par le miel de Tizirt (Tizi-Ouzou) (M6), de Toudja (M3), de Kherrata (M4), de Oued-Ghir (M2) et enfin celui qui enregistre une faible capacité réductrice et le miel de Ibakouren (Amizour) (M1). La capacité réductrice enregistrée pour le pollen est inférieure à ceux du miel.

Pour la capacité réductrice du miel additionné de pollen, le mélange de Tizirt (Tizi-ouzu) (M6p) à la plus grande capacité, suivi respectivement de mélange de Sidi-aich (M5p), de Toudja (M3p), de Ibakouren (M1p), de kherrata (M4p) et enfin celui de Oued-Ghir (M2p) avec la capacité réductrice la plus faible. Les différences des résultats peuvent être attribuées à plusieurs facteurs tels que la source florale, les facteurs saisonniers, et la nature du solvant d'extraction (Linda et *al.*, 2012).

La variation de la capacité réductrice des échantillons vis-à-vis du molybdate peut être attribuée à leur différence de composition en agents réducteurs tels que les polyphénols, l'acide ascorbique et les caroténoïdes (Jayaprakasha et *al.*, 2008). La nature et la structure des composés phénoliques ainsi que la présence d'autres composés non phénoliques tels

que les enzymes et les substances non enzymatiques peuvent intervenir dans l'activité antioxydante du miel (Loo et *al.*, 2008 ; Ferreira et *al.*, 2009).



**Figure 14 :** Réduction du molybdate des échantillons.

Les barres verticales représentent les écartypes. Les valeurs portant des lettres différentes présentent des différences significatives  $a < b < c < d < e < f < g$ .

# *Conclusion*

## Conclusion

La santé humaine est mise en danger par de nombreuses maladies causées par le stress oxydatif, ce qui a mené à la recherche de produits naturels riches en antioxydants réduisant ainsi les risques liés à ces maladies.

Parmi les aliments bénéfiques à l'organisme, les produits issus de la ruche telle que le miel, et le pollen, qui sont non seulement une source d'apports nutritifs mais également présentent des effets protecteurs contre les maladies.

Dans la présente étude, une évaluation globale des teneurs en antioxydants est une détermination de l'activité antioxydante sont réalisés sur quelques échantillons de miels, de pollen et de leurs mélanges. Cette étude a donné des valeurs significativement différentes entre les échantillons. Ces variations sont attribuées à la source florale, à l'origine géographique et au site de collecte.

La composition en antioxydants des différents échantillons étudiés varie d'un échantillon à un autre.

L'analyse statistique a révélé que l'échantillon du miel Sidi-aich (M5) est le plus riche en composés phénoliques, caroténoïdes, tandis que le miel Toudja (M3) représente la teneur la plus élevée en flavonoïdes et une meilleure activité antiradicalaire. Le meilleur pouvoir réducteur est constaté avec le miel (M4) issu de Kherrata.

L'échantillon de pollen présente des teneurs très élevées en antioxydants, ce qui explique son importante activité antioxydante. De même que pour les échantillons constitués par le mélange miel - pollen.

Sur la base des données obtenues dans le présent travail, on peut conclure que l'addition du pollen au miel a amélioré considérablement ce dernier.

Par ailleurs, des corrélations positives intéressantes ont été constatées entre les composés phénoliques - flavonoïdes ( $r=0,83$ ), flavonoïdes - activité antiradicalaire ( $r=0,42$ ), caroténoïdes - activité antiradicalaire ( $r=0,57$ ), polyphénols - DPPH ( $r=0,35$ ), flavonoïdes - pouvoir réducteur ( $r=0,13$ ).

Dans le but de compléter ce travail, il serait intéressant de :

- Elargir l'échantillonnage à différentes origines botaniques.

- Comparer le miel et le pollen à d'autres produits de la ruche (gelée royale, la cire, et la propolis).
- Identifier les antioxydants du miel et du pollen par des techniques plus performantes tels que HPLC.
- Etudier les propriétés physico-chimiques et antibactériennes de ces différents échantillons.

*Références*  
*Bibliographiques*

## Références bibliographiques

Albert B., Gouyon P-H. and Ressayre A. (2009). Microsporogenesis variation in *codiaeum* producing inaperturatepollengrain. *C.R. Biologies, Sous press.*

Al-Mamary, M., Al-Meer, A. and Al-Hobori, M. (2002). Antioxidant activities and total phenolics of different types of honeys. *Nutrition Research*, 22:1041-1047.

Alvarez-abaraca N., Campos G.M., A. Delgado-Alvanrado E.A., Avila-Reyes J.A., Herrera-conal J., Gonzalez-Valdez L.S., Naranjo-Jiménez N., Frigio C., Tomatas A.F., Almeida A.J., Vieira A. and Uribe-Soto J.N. (2008). Pollen flavonoid/phenolic acid composition of four species of cactaceae and its taxonomic Significance. *American Journal of Agricultural and biological Science*. 3, 534-543.

Almeida-Muradian L.B., Pamplona L.C., Coimbra S. and Barth O.M. (2005). Chemical composition and botanical evaluation of dried bee pollen pellets. *Journal of Food Composition Analysis*, 18:105-111.

Alvarez-Suarez, J.M., Tulipani, S., Bertoli, E. and Battino, M., (2010). Contribution of honey in nutrition and human health : a review. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism* 3: 15-23.

Amiot, M.J., Aubert S., Gonnet, M. and Tacchini, M. (1989). Les composés phénoliques des miels : étude préliminaire sur l'identification et la quantification par familles. *Apidologie*, 20(2) : 115-125.

Anklam, E. (1998). A review of the analytical methods to determine the geographical and botanical origin of honey. *Food Chemistry*, 63(4), 549-562.

Antolovich M., Prenzler P., Robards K. and Ryan D. (2000). Sample preparation in the determination of phenolic compounds in fruits. *The Royal Society of Chemistry- Analyst*, 125:989-1009.

Arráez-Román D., Zurek G., Bäßmann C., Almaraz-Albarca N., Quirantes R., Segura-Carretero A. and Fernández-Gutiérrez A. (2007). Identification of phenolic compounds from pollen extracts using capillary electrophoresis–electrospray time–of–flight. *Anal Bio anal Chem*, 389:1909-1917.

Atmani, D., Chaher, N., Berboucha, M., Ayouni, K., Lounis, H., Boudaoud, H., Debbache, N. and Atmani, Dj. (2009). Antioxidant capacity and phenol content of selected Algerian medicinal plants. *Food Chemistry*, 112:303-309.

Aupy, G., Paccalin, J. and Lostalot, J.D (1994). Miel et abeilles. *Diététique et Médecine*, 4:161-173.

Azeredo L. da C., Azeredo M.A.A., de Souza S.R. and Dutra V. M.L. (2003). Protein contents and physicochemical properties in honey samples of *Apis mellifera* of different floral origins. *Food Chemistry*, 80:246-254.

Balasandram N., Ai T.Y., Sambathomurthi R., Sundram K. and Sammam S. (2005). Antioxidant properties of palm fruit extract. *Asia PAC J Clin Nut.* 4(4): 319-324.

Bandyopadhyay, M., Chakraborty, R. and Raychaudhuri, U. (2008). Effect of beet and honey on quality improvement and carotene retention in a carrot fortified milk product. *Innovative Food Science and Emerging technologies*, 9:9-17.

Banerjee, P., Bhattacharyya, S.S., Bahattacharjee, N., Pathak, S., Boujedaini, N., Belon, P. and Khuda-Bukhsh, A.R., (2009). Ascorbic acid combats arsenic-induced oxidative stress in mice liver. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 72:639-649.

Baroni M. V., Arrua C., Nores M.L., Fayé P., Del Pilar Diaz M., Chiabrando G.L. et Sanz M.L., Gonzalez M., De Lorezo C., Sanz J. and Martinez-Castro I. (2008). A contribution to the differentiation between nectar honey and honeydew honey. *Food Chemistry*. 91:313-317.

Bath, P.K. and Singh, N. (1999). A comparison between *Helianthus annuus* & *Eucalyptus lanceolatus* honey. *Food Chemistry*, 67, 389–397.

Bellanger C. (2009). Charentes mesure les pollens dans l'air d'Angoulême. *Atemo Poitou-Charentes Nature, Dossier de press*: 1-10.

Beretta G., Granata, P., Ferrero M. Orioli, M. and Facino R.M. (2005). Standardization of antioxidant properties of honey by a combination of spectrophotometric/fluorimetric assays and chemometrics. *Analytica Chimica*, 533:185-191.

Blasa, M., Candiracci, M., Accorsi, A., Piacentini, M.P., Albertini, M.C. and Piatti, E. (2006). Raw *Milleriori* honey is packed full of antioxidants. *Food Chemistry*, 97:217-222.

- Blasa, M., Candiracci, M., Accorsi, A et Piacentini, M.P., and Piatti E. (2007). Honey flavonoids as protection agents against oxidative damage to human red cells. *Food Chemistry*, 104: 1635-1640.
- Bogdanov S., Bieri K., Gremaud G., Iff D., Känzing., Seiler K., Stöckli H. and Zürcher K. (2004). Produits apicoles: 23B pollen. *Revus par le groupe d'experts « produits apicoles » MSDA* : 1-6.
- Bogdanov S., Cherbuliez T. and Stangaciu S. (2006). Produits apicoles et santé *.ALP forum*, (41f) :3-51.
- Bormann de Borges R.L., Ribeiro dos Santos F and Giulietti A.M. (2009). Comparative pollen morphology and taxonomic considerations in Eriocaulaceae. *Review of Palaeobotany and Palynolog*, 154:91-105.
- Boullard B. (1997). Dictionnaire des plantes et des champignons. Edition ESTEM. Paris : P.900.
- Bouyahya, A. Abrini, J. Et-Touvs, A. Lagrouh, F. Dakka, N. and Barki, Y. (2017). Analyse phytochimique et évaluation de l'activité antioxydante des échantillons du miel marocain. *Phytothérapie*. Lavoisier SAS.
- Brudurlu, H.S., Koca, N., and Karadeniz, F. (2006). Degradation of vitamin C in citrus juice concentrates during storage. *Journal of Food Engineering*, 74:211-216.
- Bruneau E. (2006). Nutrition et malnutrition des abeilles biodiversité des plantes une clé pour l'alimentation et la survie de l'abeille. *Académie d'agriculture de France*. P1-8.
- Campos M.G.R., Bogdanov S., Almeida-Muradian L. B., Szczesna T., Mancebo Y., Frigerio C. and Ferreira F. (2008). Pollen composition and standardisation of analytical methods. *J. Apicultural Research and Bee World* 47:156-163.
- Can, Z. Yaldiz, O. Sahim, H. Turumtay, E.A, Silici, S. and Kolayli, S. (2015). Anvestigation of Turkish honeys: their Physic-chemical Properties, antiorycht capacities and phenolic profiles. *Food Chemistry*, 180: 133-141.

Carpes S. T. Begnini R., Mtiassde Alencar S. and Lucia Massan M. (2007). Study of préparations of bee pollen extracts, antioxydant and antibacterial activity. *Ciênc. Agrotec. Lavras* 31, 1816-1825.

Chauvin R. (1987). *La ruche et l'homme*. Edition Calmann - Lévy. France: p.163.

Codex Alimentarius. Standard for honey. (2001).

Dankov, K., Busheva, M., Stefanov, D. and Apostolova, E.L. (2009). Relation ship between the degree of carotenoid depletion and function of the photosynthetic apparatus. *Journal of photochemistry and photobiology B: Biology*, 96: 49-56.

Darrigol J.L. (1979). *Le miel pour votre santé : Propriétés thérapeutique du miel, du pollen, de la gelée royale et de la propolis*. Edition Dangles.France :p.140.

Dias, M.G., Camões, M. F. G. F. C. and Oliveira, L. (2009). Carotenoids in traditionalPortuguese fruits and vegetables. *Food Chemistry*, 113:808-815.

Desmettre, T. and Lecerf, J.M. (2005). Nutrition et dégénérescences maculaires liées à l'âge : Nutrition and age-related degeneration. *EMC-Ophtalmologie*, 2 :202-217.

Donadiou Y. (1983). *Le pollen : thérapeutique naturelle*. Edition Maloine S.A ; 6ème édition, Paris : p 84 :97.

Doukani K., Tabak S., Derriche A. and Hacini Z. (2014). Etude physicochimique et phytochimique de quelques types de miels Algériens. *Revue Ecologie-Environnement*. 10 :37- 49.

Duraffourd C. and Lapraz J-C. (2002). *Traité de phytothérapie: Médecine et endobiogénie*. Edition Masson. Paris : 54-56.

Durcreux G. (2002). Construction et organisation fonctionnelle de l'appareil reproductrice. *In Introduction à la botanique*. Belin-sup, Paris, pp: 178-244.

El-Agamey A., Low,G.M.,Mc Garvey D.J., Mortensen A. ,Phillip, D.M., Truscott T.G. and Young A.J. (2004). Carotenoid radical chemistry and antioxidant / pro-oxidant properties. *Archives of biochemistry and biophysics*, 430:37-48.

Favier A. (2003). Le stress oxydant. *L'actualité chimique*: 108-115.

Ferreira I.C.F.R., Aires E., Barreira J.C.M and Estevinho. (2009). Antioxidant activity of portuguese honey samples : Different contributions of the entire honey and phenolic extract. *Food Chemistry*, sous press.

Fronty, A. (1985).L'apiculteur aujourd'hui. Ed. *Dragaud editeur* : p : 13-222.

**G**hedira K. (2005). Les flavonoïdes : structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. *Phytothérapie*, 4 :162-169.

Gidamis, A. B., Chove, B.E., Shayo, N.B., Nnko, S. A. and Bangu, N. T. (2004). Quality evaluation of honey harvested from selected areas in tanzania with special emphasis on hydroxymethyl furfural (HMF) levels. *Plant Food for Human Nutrition*, 59:129-132.

Gómez-Caravaca, A.M., Gómez-Romero, M., Arráez-Román, D., Segura-Carretero, A. and Fernández-Gutiérrez, A. (2006). Advances in the analysis of phenolics compounds in products derived from bees. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 41:1220-1234.

Gonnet M. (1973). Deux méthodes colorimétriques simples permettant d'apprécier la teneur en glucose et en fructose des miels. *Apidologie*, 4(1):45-55.

Gonnet, M. (1982). Le miel : composition, propriétés et conservation. Ed : *OPIDA*.

Gonnet. M, Vache. G, (1985) le gout de miel. Ed. UNAF, Paris.150p

González G., Hinojo M. J., Mateo R., Medina A. and Jiménez M. (2005). Occurrence of mycotoxin producing fungi in bee pollen. *International Journal of Food Microbiology*, 105:1-9.

**H**arborne J.B. and Williams C.A. (2002). Advances in flavonoid research since (1992). *Phytochemistry*.55:481-504.

Harmosíne I., Chicón R.M. and Dolores Cabezudo M. (2003). Free amino acid composition and botanical origin of honey. *Food Chemistry*, 83:263-268.

Havsteen, B.H (2002). The biochemistry and medical significance of the flavonoids. *Pharmacology & Therapeutics*, 96:67-202.

- Hennebelle, T., Sahpaz, S and Bailleul, F. (2004). Polyphénols végétaux, sources, utilisations et potentiel dans la lutte contre le stress oxydatif. *Phytothérapie*, 1:3-6.
- Hernandez, Y., Lobo, M., and González, M. (2006). Determination of vitamin C in tropical fruits: A comparative evaluation of methods. *Food chemistry*, 96: 654-664.
- Hogan S., Zhang L., Li J., Zoecklein B. and Zhou K. (2009). Antioxidant properties and bioactive components of norten (*Vitis aestivalis*) and Cabernet Franc (*Vitis vinifera*) wine grapes. *Food Science and Technology*. 42, 1269-1274.
- Iacopini, P., Baldi, M., Storchi, P. and Sebastiani, L. (2008). Catechin, epicatechin, quercetin, rutin and resveratrol in red grape: Content, in vitro antioxidant activity and interactions. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21:589-598.
- Iuralina, M.O. and Fritz, R. (2005). Characterisation of microorganisms Argentinean honeys from different sources. *International Journal of Food Microbiology*, 105: 297-304.
- Jayaprakasha, G. K., Girenavar, B. and Patil, B. S. (2008). Antioxidant capacity of pummelo and navel oranges: Extraction efficiency of solvents in sequence. *LWT*. 41 : 376-384.
- Jean-prost P. and Medori P. (2005). Matière première. *In Apiculture*. Lavoisier : Yves le conte. Paris, pp : 161-183.
- Katiferi, E., S. Alben, E. Cerda, D.R. Nelson, and J. Dumais. (2010). Foldable structures and the natural design of pollen grains. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107: 7635–7639.
- Kuçük M, Kolayli S, Şengül K, Ulusoy, E., Baltacı C, and Canadan F. (2007). Biological activities and chemical composition of three honeys of different types from Antolia. *Food Chemistry*, 100:526-534.
- Laaidi k., Laaidi M. and Besancenot J.P. (1997). Pollen, pollinose et météorologie. *La Météorologie* 20,41-56.
- LeBlanc B.W., Davis O.K., Boue S., Delucca A. and Deeby T. (2009). Antioxidant activity of Sonoran Desert bee pollen. *Food Chemistry*, 115 : 1299-1305.

- Lequet L. (2010). Du Nectar a un miel de qualité : Contrôle analytique du miel et conseils pratiques a l'intention de l'apiculteur amateur. *Ecole National vétérinaire*. Lyon. 195p.
- Lianda R.L.P., Sant' Ana L.D., Echevarria A. and Castro R.N., (2012). Antioxidant Activité and Phénolic composition of Brazillian honey and their Extracts .J. *Braz. Chem.Soc.*1:1-10
- Liu, H., Qui, N., Ding, H. and Ruiqi,Y. (2008). Polyphenols contents and antioxidant capacity of 68 Chinese herbals suitable for medical or food uses. *Food Research International*, 41:363-370.
- Liviu Al M., Daniel D., Moise A., Bobis O., Laslo L. and Bogdanov S. (2009). Physico-chemical and bioactive properties of different floral origin honeys from Romania. *Food Chemistry*, 112:863-867.
- Lobreau-Callen, D., Marion, M-C. and Clément, V. (1999). Les miels. « In techniques de l'ingénieur » : 3-9.
- Lobo A.P., Garcia Y.D., Sanchez J.M., Madrera R.R. and Valles B.S. (2009). Phenolic and antioxidant composition of cidre. *Journal of Food Composition and Analysis*. 22,644-648.
- Loo, A. Y., Jain, K. and Darah, I. (2008). Antioxidant activity of compounds isolated from the pyrigneous acid, *Rhizophora apiculata*. *Food Chemistry*, 107 : 1151-1160.
- Louveaux, J. (1985). Les produits du rucher. In « Les abeilles et leur élevage » : Ed : *OPIDA* : 165-199.
- Macheix J.J., F-leurietA. and Jay-Allemand C. (2005). Les composés phénoliques des végétaux : Un exemple de métabolites secondaires d'importances économique. Edition Press Polytechniques et Universitaires Romandes : p.191.
- Mărghitaş L.A., Stanciu O.G., Dezmiorean D.S., Bobiş O., Popescu O., Bogdanov S. and Graca Campos M. (2009). In vitro antioxidant capacity of honey bee-collected pollen of selected floral origin harvested from Romania. *Food Chemistry*, 115: 878-883.
- Marouf A. and Reynaud J. (2007). La botanique, DUNOD, Paris pp: 238-239.
- Martin G. (2009). Influence d'un supplément alimentaire sur le développement des colonies d'abeilles domestiques. *Mémoire de magistère*, Université de Montréal, 138p.

Meda A. (2005). Utilisation thérapeutique des produits de la ruche. Etude phytochimique et activité biologique des miels de BURKINA FASO. Thèse de doctorat en science biologique appliquée : 1-139.

Montoro, P., Braca, A., Pizza, C. and Nunziatina De Tommasi. (2005). Structure – antioxidant activity relationships of flavonoids isolated from different plant species. *Food Chemistry*, 92 : 349-355.

Mouhoubi-Tafinine, Z. Ouchemoukh, S. and Tamendjari, A. (2016). Antioxydant activity of some algerian honey and propolis, *Industrial Crops and Products*.

Multon, J.L. (2002). Additifs antioxygènes. In : Additifs et auxiliaires de fabrication dans les industries agroalimentaires. Ed. Tech & doc Lavoisier : 207-231.

Nafia, D.B.R.I. Nieollon, A., Goff, L.K.L. and Had-Aissouni, L. (2005). Stress oxydatif cérébral : les astrocytes sont-ils vulnérable aux faibles concentrations intracellulaires de glutamate. Implication sur la survie neuronale. Cerebral oxydativestress: are astrocytes vulnerable to low intracellular glutamate concentrations. Consequences for neuronal viability. *Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation*, 24: 502-509.

Naithani V., Nair S. and Kakkar P. (2006). Decline in antioxidant capacity of Indian herbal teas during storage and its relation to phenolic content. *Food Research International*, 39:176-181.

Percie de sert P. (2009). Les pollens apicoles. *Phytothérapie*, 7:75-82.

Pietta, P.G. (2000). Flavonoids as Antioxidant. *Journal of Natural Products*, 63:1035-1042.

Pons P. (1958). Les caractères des sports et pollens. *In le pollen*. Presses universitaire de France, Paris, pp : 16-36.

Pyrzynska K. and beisaga M, (2009). Analysis of phenolic acids and flavonoids in honey. *Trends in Analytical Chemistry*. 1-20.

Ramalakshmi K., Rahath Kubra I. and Jagan Mohan Rao L. (2008). Antioxidant potential of low-grade coffee beans. *Food Research international*, 41: 96-103.

Ravazzi G. (2003). Les autres produits de la ruche. *In Abeille et apiculture*. Vecchi. Paris, p.117.

Ribéreau-Gayon P. (1968). Les composés phénoliques des végétaux. Edition Dunod, Paris: 1-201.

Rice-Evans C. (1999). Screening of phenolics and flavonoids for antioxidant activity. In Antioxidants food supplements in human health. Edition Academic Press : 239-253.

Rodriguez-Bernaldo de Quirós, A. and Costa, H.S. (2006) .Analysis of carotenoids in vegetable and plasma samples: A review. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19:97-111.

Sanz M.L., Gonzalez M., De Lorezo C., Sanz J. and Martinez-Castro I. (2008). A contribution to the differentiation between nectar honey and honeydew honey. *Food Chemistry*. 91:313-317.

Sass-kiss A., kiss J., Mitotay P., Kerek M. M. and Toth-Markus M. (2005). Differences in antocyanin and caroténoïd content of fruits and vegetables. *Food Research international*, 38: 1023-1029.

Scherer R. and Gody H.T. (2009). Antioxidant activity index (AAI) by the 2, 2-diphenyl-1-picrylhdrazy method. *Food Chemistry*, 103: 624-630p.

Schivre E. (2006). L'abeille, ses produits de Sécrétion et leurs utilisations thérapeutiques. *Thèse de Doctorat*. Université de Nancy : 1-73.

Schram, D.D., Karim, M., Schrader, H.R., Holt, R. R., Cardetti, M. and keen, C.L. (2003). Honey with high levels of antioxidants can provide proxydants can provide protection to healthy human subjects. *Journal of Agriculteurs and Food Chemistry*, 51:1732-1735.

Shin, H.S. and Ustunol, Z. (2005). Carbohydrate composition of honey from different floral sources and their influence on growth of selected intestinal bacteria: An in vitro comparison. *Food Research International*, 38: 721-728.

Sladana M., Dimitrijevic D.J. Djilas, S.M, Canadanovic-Brunet J.M., Cetkovic G.S.,Tumbas V.T. and Stajner D.I. (2011). Antioxidant activity of three different Serbian floral honeys. *APTEFF*.42:1-288

The National Honey Board. (2003). Honey-health and therapeutic qualities. *Lashleystrectlongment*: 1-27.

Tomás-Barberán F.A., Ferreres F., García-Viguera. And Tomás-Lorente F. (1993). Flavonoids in honey of different geographical origin. *Z Lebensm UntersForsh*, 196:38-44.

Vaissiere B. (2002). Abeille et pollinisation. *Le Courrier de la nature–Spécial Abeilles*(196) :24-27.

Vermerris W. and Nicholson R. (2006). Chemical properties of phenolic compounds. In« phenolic compounds biochemistry ».Edition Springer: 35- 61.

Wang, X.H., Gheldof, N. and Engeseth, N.J. (2004). Effect of Processing and storage on Antioxidant Capacity of honey. *Food Chemistry and Toxicology*, 69:Nr.2.

Weston R. (2000). The contribution of catalase and other natural products to the antibacterial activity of honey: a review. *Food Chemistry*, 71: 235-239.

Yildirim A., Oktay M. and Bilaloglu V. (2001). The antioxidant activity of the leaves of *Cydonia vulgaris*.*Turkish journal of Medicinal Sciences*, 31:23-27.

Zappala, M., Fallico, B., Arena E. and Verzera, A. (2005). Methods for the determination of HMF in honey: a comparison. *Food Control*, 16:273-27.

### **Références électroniques**

Anonyme 1, 2017

<http://www.Journaldunet.com/science/biologie/dossier/pollen.Shtm>.

# *Annexes*

## **Résumé**

L'objectif de cette étude est l'évaluation du pouvoir antioxydant du miel additionné de pollen provenant de la région de la Kabylie. Les analyses effectuées ont permis la détermination des principaux agents antioxydants et de l'activité antioxydante de différents échantillons de miels, d'un échantillon de pollen, ainsi que de leurs mélanges. Les résultats obtenus ont montré que l'échantillon de pollen possède une meilleure teneur en antioxydants et une meilleure activité antioxydante par rapport aux échantillons de miel. Ce qui a expliqué l'amélioration considérable du pouvoir antioxydant des miels par l'addition de pollen.

**Mots clés :** miel, pollen, mélange, agents antioxydants, activité antioxydante.