

Université Abderrahmane Mira Bejaia
Faculté des sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie Physico-chimique
Mémoire en vue d'obtention du diplôme de
Master en Biochimie Appliquée

Thème

Propriétés physico-chimiques, pouvoirs antioxydants et enquête ethno-pharmacologique sur certains miels Algériens

Membres de Jury :

Président : M^r HAMOUM M.

Promoteur : M^r OUCHEMOUKH S.

Examineurs : M^{elle} BOUCHEFFA S.

M^r HARFI T.

Présenté par :

M^r: IDIR Amine

Promotion 2011/2012

Abréviations

Abs : Absorbance.

ABTS : 2,2-azinobis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonate.

A_w : Activity water

CE : Conductivité Electrique.

DHA : Dihydroxyacétone

DPPH : 1,1-Diphenyl-picrylhydrazyl.

E : Echantillons

EAA : Equivalent Acide Ascorbique

EAG : Equivalent Acide Gallique

E β C : Equivalent β -Carotène

EBSA : Equivalent Bovine Sérum Albumine

EQ : Equivalent Quercétine

ET : Equivalent Trolox

HMF : Hydroxyméthylfurfural.

IG : Indice glycémique

mg : Milligramme

MGO : Méthylglyoxal

nm : Nanomètre

K Da : Kilodalton

pH : Potentiel d'hydrogène

P R : Pouvoir Rotatoire

r: Coefficient de corrélation

LSD : Least significant difference

Liste des figures

Numéro	Description	page
01	Composition moyenne du miel	4
02	Structures chimiques de certains flavonoïdes présents dans le miel et la propolis	9
03	Structure de quelques acides phénoliques du miel	10
04	Indice glycémique du glucose comparé aux autres indices glycémiques	16
05	Photographie des échantillons de miels analysés	22
06	Réaction d'un antioxydant avec le DPPH•	26
07	Formation et piégeage du radical $ABTS^{\bullet+}$ par un antioxydant donneur de H	27
08	Teneur en eau des échantillons de miels analysés	31
09	pH des échantillons de miels analysés	32
10	Conductivité électrique des échantillons de miels analysés	34
11	Teneur en protéines des échantillons de miels analysés	36
12	Teneur en proline des échantillons de miels analysés	37
13	Couleur des échantillons de miels analysés	39
14	Teneur en polyphénols totaux des échantillons de miels analysés	41
15	Teneur en flavonoïdes des échantillons de miels analysés	43
16	Teneur en flavonols des échantillons de miels analysés	44
17	Teneur en caroténoïdes des échantillons de miels analysés	46
18	Activité antiradicalaire avec le DPPH des échantillons de miels analysés	47
19	Activité antiradicalaire avec l'ABTS des échantillons de miels analysés	49
20	Pouvoir réducteur des échantillons de miels analysés	50
21	Activité antioxydante au phosphomolybdate des échantillons de miels analysés	52
22	Corrélation entre l'activité antiradicalaire avec le DPPH et les antioxydants	55

23	Corrélation entre l'activité antiradicalaire avec l'ABTS, antioxydants	56
24	Corrélation entre l'activité antioxydante au phosphomolybdate avec les antioxydants	57
25	Corrélation entre les antioxydants	58
26	Corrélation entre la couleur, les activités antioxydantes et les antioxydants	59
27	Effectif des utilisations du miel en thérapeutiques	63
28	Proportion relative (%) sur la manière d'utilisation du miel	63

Liste des tableaux

Numéro	Description	Page
I	Principales différences entre miels de nectar et de miellat	3
II	Composition moyenne des miels européens	5
III	Influence de l'humidité et de la présence de levures sur le risque de fermentation du miel	18
IV	Normes pour certains paramètres physico-chimiques du miel selon le Codex Alimentaire, (2001) et le Journal Officiel des Communautés Européennes, (2002)	20
V	Echantillons de miels analysés	21
VI	Pouvoir rotatoire des échantillons de miels analysés	38
VII	Répartition des personnes interrogée selon la région, niveau académique, degré de consommation du miel	60
VIII	Utilisation du miel par les personnes interrogées et le son degré de consommation par les enfants	61
IX	Différentes maladies traitées par le miel	62
X	Utilisation du miel sous forme de préparation	64
XI	Utilisation des autres produits de la ruche	64



Remerciements



Je remercie, Dieu, le tout puissant pour m'avoir donné la foi qui m'a guidé jusqu'à la réalisation et l'aboutissement de ce projet.

Tout d'abord, je tiens à remercier mon promoteur M^r OUCHEMOUKH S., pour sa qualité d'enseignement, pour le suivi qu'il m'a accordé au déroulement de ce mémoire, je vous suis très reconnaissant de m'avoir encadrés, d'avoir dirigé ce travail et d'avoir veillé à son élaboration en ne ménageant aucunement votre temps et vos conseils.

Je tiens à remercier vivement les membres du jury (M^r HAMOUM M., M^{elle} BOUCHEFFA S., M^r HARFI T.) d'avoir consacré de leur temps à la lecture de ce manuscrit, et d'accepter de juger et d'évaluer ce travail.

Je tiens à remercier également tous les gens qui m'ont aidé de près ou de loin à réaliser ce travail.

Qu'Allah le clément et miséricordieux vous accorde son aide dans tous vos projets et toute votre vie quotidienne.





Dédicaces



*A mon père, ma mère et à
tous ceux qui me sont chers ...*

Amine

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction 1

Partie théorique

Chapitre I : Généralités sur le miel

1-Définition 2

2-Origines et variétés 2

3-Elaboration 3

4-Composition 4

4-1 Composants majeurs 6

4-1-1 Eau 6

4-1-2 Glucides 6

4-2 Composants mineurs 6

4-2-1 Acides organiques 6

4-2-1 Acides aminés et protéines 6

4-2-3 Sels minéraux 7

4-2-4 Enzymes 7

4-2-5 Vitamines 7

4-2-6Lipides	7
4-2-7Antioxydants	8
4-2-8Hydroxy-2-méthylfurfural (HMF)	8
4-2-9Eléments figurés	8

Chapitre II : Propriétés du miel

1-Propriétés biologiques	11
1-1Activité antibactérienne	11
1-1-1Agents physiques	11
1-1-1-1Osmolarité	11
1-1-1-2pH et viscosité	12
1-1-2Agents chimiques	12
1-1-2-1Inhibine à activité peroxydique	12
1-1-2-2Inhibine à activité non-peroxydique	12
1-1-3Autres substances antibactériennes	13
1-1-3-1Défensine-1	13
1-1-3-2Méthylglyoxal (MGO)	13
1-2Activité antioxydante	13
1-3Activité cicatrisante	14
1-3-1Peroxyde d'hydrogène	14
1-3-2Hydratation	15
1-3-3pH	15
1-3-4Rôle désodorisant	

1-4Miel pour les diabétiques	15
1-5Autres propriétés thérapeutiques	16
2-Propriétés physico-chimiques	18
2-1Eau	18
2-2Viscosité et densité	18
2-3Pouvoir rotatoire	18
2-4Conductivité électrique	19
2-5Cristallisation	19
2-6Couleur	19

Partie pratique

Matériel et méthodes

1-Echantillons de miels	21
2-Analyses physico-chimiques	22
2-1Humidité	22
2-2pH	22
2-3Conductivité électrique	22
2-4Protéines	23
2-5Proline	23
2-6Couleur	24
2-7Pouvoir rotatoire	24
3-Antioxydants et activités antioxydantes	24

3-1Antioxydants	24
3-1-1composés phénoliques totaux	24
3-1-2Flavonoïdes	25
3-1-3Flavonols	25
3-1-4Caroténoïdes	25
3-2Activités antioxydantes	26
3-2-1Activités antiradicalaires	26
3-2-1-1Avec le radical DPPH	26
3-2-1-2Avec le radical ABTS	27
3-2-2Pouvoir réducteur	27
3-2-3Activité antioxydante avec le phosphomolybdate	28
4-Analyse statistique	28
5-Enquête ethno-pharmacologique	29

Résultats et discussion

1-Caractéristiques physico-chimiques	30
1-1Humidité	30
1-2pH	30
1-3Conductivité électrique	33
1-4Protéines	35
1-5Proline	35
1-6Couleur	38

1-7Pouvoir rotatoire	38
2-Antioxydants et activités antioxydantes	40
2-1Antioxydants	40
2-1-1Polyphénols totaux	40
2-1-2Flavonoïdes	42
2-1-3Flavonols	42
2-1-4Caroténoïdes	45
3-Activités antioxydantes	45
3-1Activité antiradicalaire avec le DPPH	45
3-2Activité antiradicalaire avec l'ABTS	48
3-3Pouvoir réducteur	48
3-4Méthode au phosphomolybdate	51
4-Corrélations entre antioxydants et activités antioxydantes	53
5-Enquête ethno-pharmacologique	60
Conclusion	66
Références bibliographiques	68
Annexes	

Introduction

La connaissance et l'utilisation du miel par l'homme remonte aux temps les plus reculés de son histoire et il fait partie indubitablement des aliments les plus anciens de l'humanité (Merah *et al.*, 2010). Dès la préhistoire, le miel produit par les abeilles a été récolté par l'homme de façon très artisanale, il compte parmi les produits les plus convoités en raison de ses propriétés nutritives et thérapeutiques (Lequet, 2010). Le miel est un aliment unique que l'homme peut consommer sans lui faire subir aucune transformation (Meda, 2005).

Ce produit de la ruche est composé principalement de glucides, notamment le fructose et le glucose, et de l'eau. En outre, il renferme une large gamme de substances mineurs telles que les acides aminés, les enzymes, les acides organiques, les composés phénoliques et les éléments figurés (grains de pollen, champignons et les levures, ... etc.) (Küçük *et al.*, 2007). La composition du miel dépend essentiellement du type de plantes butinées, et des conditions climatiques et environnementales (Lobreau-Callen *et al.*, 1999 ; Küçük *et al.*, 2007).

Le miel contient un large éventail de composés qui exercent plusieurs activités biologiques (activités antioxydantes, activités antimicrobiennes et propriétés thérapeutiques) (Viuda- Martos *et al.*, 2008). Le potentiel des miels se développe graduellement avec les recherches scientifiques qui témoignent de son efficacité pour les traitements des brûlures, des blessures infectées et des ulcères (Al-Mamary *et al.*, 2002 ; Küçük *et al.*, 2007).

Afin de déterminer la qualité des miels, le codex alimentaire et la commission internationale du miel ont établi des normes concernant certains paramètres (humidité, teneurs en sucres, hydroxyméthylfurfural (HMF), pH, proline,...etc.). Par ailleurs, Al-Mamary *et al.* (2002) considèrent aussi que les composés phénoliques et l'activité antioxydante du miel sont des critères de qualité.

Le travail réalisé est constitué de deux parties. La partie théorique est consacrée à la présentation du miel : définition, origines, composition et propriétés. La partie pratique a pour objectif d'évaluer la qualité de vingt-quatre échantillons de miels par l'analyse de quelques caractéristiques physico-chimiques (humidité, conductivité électrique, pH, pouvoir rotatoire et couleur), le dosage de quelques composés (proline, protéines, composés phénoliques totaux, flavonoïdes, flavonols et caroténoïdes) et la détermination de l'activité antioxydante par quatre différents tests (pouvoir réducteur, activités antiradicalaires avec le DPPH et l'ABTS et le potentiel antioxydant au phosphomolybdate), ainsi qu'une enquête ethno-pharmacologique.

Chapitre I : Généralités sur le miel

1-Définition

Le codex alimentaire (2001) et le journal officiel des communautés européennes (2002) définissent le miel comme « la substance sucrée naturelle produite par les abeilles de l'espèce *Apis mellifera* à partir du nectar de plantes ou des sécrétions provenant des parties vivantes de plantes ou des excréments laissés sur celles-ci par les insectes suceurs, qu'elles butinent, transforment en les combinant avec des matières spécifiques propres, déposent, déshydratent, entreposent et laissent mûrir dans les rayons de la ruche. A l'exception du miel filtré, aucun pollen ou constituant propre au miel ne doit être retiré, sauf si cela est inévitable lors de l'élimination de matières organiques et inorganiques étrangères ».

2- Origines et variétés

Il existe, en fonction du produit ayant servi à son élaboration, deux catégories de miels : miel de fleurs et miel de miellat. Ce sont des substances riches en glucides et contiennent en outre, des enzymes (dont les amylases, des phosphatases et des catalases), des acides aminés et des protéines, des lipides, des phénols, des sels minéraux, des vitamines, des alcools, des pigments et des arômes divers. Cette composition est différente selon les espèces botaniques (Chauvin, 1987; Lobreau-Callen *et al.*, 1999 ; Meda, 2005).

Le miel de fleurs est élaboré à partir du nectar qui est un liquide sucré et parfumé que les abeilles butinent au sein des fleurs. Il est sécrété par des glandes florales (nectaires) ou, plus rarement, extraflorales (*Gossypium Hevea*, *Vicia faba*, *Ricinus*) qui sont attractives pour l'abeille. Selon les espèces botaniques, il contient des proportions variables de sucres divers dont les hexoses (Jean Prost *et al.*, 2005).

Dans la flore française, les nectars butinés sont principalement composés de :

- glucose (51 % dans le sarrasin et 80 % dans le colza) ;
- saccharose (presque 100 % dans le rhododendron et 4,6 % dans le lotier) ;
- lévulose ou fructose (58 % dans le trèfle et dominant dans le robinier) ;
- maltose.

Les proportions de ces sucres varient avec l'âge de la fleur, l'espèce botanique (Gonnet, 1982), le degré hygrométrique atmosphérique et les heures de la journée (Lobreau-Callen *et al.*, 1999). Dans des conditions optimales, lorsque les rayons du soleil sont ardents et que, corrélativement, l'activité des abeilles est maximale, le nectar est d'autant plus concentré.

Le miellat est le liquide sucré et visqueux qui recouvre les feuilles de certains arbres (Darrigol, 1979). Il est sécrété par certains insectes (cochenilles et pucerons) qui se nourrissent de la sève des arbres, et butiné par les abeilles (Jean Prost *et al.*, 2005).

Le miellat est une solution sucrée dont la concentration en sucre est variable (5 à 20 %). Il contient différentes quantités de sucres, surtout du mélézitose (sa teneur est supérieur 0,5g/100g). Sa composition varie en fonction de l'insecte et l'arbre. La teneur en sucre influence de façon décisive l'attractivité du miellat pour les abeilles (Anonyme 1, 2008).

Le miel de miellat est de couleur plus sombre et possède un goût plus prononcé que le miel de nectar. Il possède également des sucres plus complexes comme le mélézitose ou l'erlose, qui sont formés dans le tube digestif des homoptères. Il est aussi plus riche en azote, en acides organiques et en minéraux. Ces différentes caractéristiques permettent d'identifier les miels de miellats (Rossant, 2011) (tableau I).

Tableau I : Principales différences entre miels de nectar et de miellat (Rossant, 2011)

Paramètres	Miel de miellat	Miel de nectar
pH	4,5	3,9
Minéraux (cendres)	0,58 %	0,26 %
Fructose + glucose	61,6 %	74 %
Autres sucres exprimés en % des sucres totaux		
Mélézitose	8,6 %	0,2 %
Raffinose	0,84 %	0,03 %
Maltose + isomaltose	9,6 %	7,8 %

3-Elaboration

Le premier stade de la formation du miel consiste dans l'aspiration du nectar ou de miellat des fleurs par la trompe de l'abeille qui le convoie dans son jabot (Chauvin, 1987). Le mélange sucré est régurgité et étalé en une goutte puis réabsorbé et transféré à plusieurs reprises d'une abeille à une autre par trophallaxie en subissant à chaque fois l'addition de salive qui transforme les sucres (principalement l'invertase, qui hydrolyse le saccharose en fructose et en glucose) (Gonnet, 1982 ; Jean-Prost *et al.*, 2005). Dans les rayons de la ruche, pendant plusieurs jours, l'eau s'évapore du liquide dont la concentration en sucres augmente jusqu'à atteindre 70 à 80 % et celle de l'eau diminue jusqu'à 14 à 25 %. Lorsque le miel est suffisamment concentré, les abeilles recouvrent les alvéoles d'un opercule de cire (Jean-Prost *et al.*, 2005).

4- Composition

La composition du miel est complexe (figure 1; tableau II) et dépend de très nombreux facteurs : espèces végétales butinées, nature du sol, race d'abeilles, état physiologique de la colonie d'abeilles (Jean-Prost *et al.*, 2005) et les conditions météorologiques lors de la miellée (Rossant, 2011). Ce produit de la ruche contient approximativement 181 composés (Al-Mamary *et al.*, 2002). Il renferme principalement des glucides (79,5 %), eau (17 %) et divers autres substances (3,5 %).

La figure et le tableau suivants présentent la composition moyenne du miel :

Figure 1 : Composition moyenne du miel (Teyssier, 2005).

Tableau II : Composition moyenne des miels européens (Hoyet, 2005).

Composition	Pourcentage total	Type de composés	Principaux composants
Eau	15 à 20% (moyenne 17%)	/	/
Glucides	75 à 80 %	Monosaccharides	Glucose (33%) Fructose (39%)
		Disaccharides	Maltose (0,9%), Isomaltose, Saccharose (2,3%)
		Polysaccharides	Erlose, Raffinose, (mélézitose), (kajibiose), (dextrantriose), (mélibiose)
Substances diverses	1 à 5 %	Acides (0,1 à 0,5%)	Gluconique (0,1 à 0,4 %), (maléique), (succinique), (oxalique), Acides (0,1 à 0,5%) (glutamique), (pyroglutamique), (citrique), (glucuronique), formique (0,01 à 0,05%)
		Protéines et aminés (0,2 à 2%)	Matières albuminoïdes, matières azotées, (proline), (tyrosine), aminés (leucine), (histidine), (alanine), (glycine), (méthionine), (acide aspartique).
		Vitamines	B, C, (A, D, K)
		Enzymes provenant des glandes hypopharyngiennes	Amylases α et β , Invertase, glucose oxydase
		Enzymes provenant du nectar	(Catalase), (amylases), (phosphatases acides)
		Minéraux	K, Ca, Na, Mg, Mn, Fe, Cu, (Co, B, Si, Cr, Ni, Au, Ag, Ba, P, Cs)
Arômes		Esters	Méthylantranlylates, acétates, méthyléthylcétone...
		Aldéhydes et acétones	Formaldéhyde, acétaldéhyde...
		Alcools	Méthanol, éthanol, isobutanol, 2-phényléthanol...
Flavones		/	Flavanol, catéchine, quercétine
Lipides	Traces	Acides gras	(Acides palmitique, butyrique, caprique, caproïque, valérique)
Les substances indiquées entre parenthèses sont à l'état de traces; les % sont donnés par rapport au poids total du miel			

4-1 Composants majeurs

4-1-1 Eau

La teneur en eau des miels varie entre 15 et 25 %. L'humidité idéale est autour de 17 % car un miel trop épais est difficile à extraire et à conditionner, tandis qu'un miel trop liquide risque de se fermenter (Rossant, 2011). Certains miels de bruyères peuvent contenir jusqu'à 25 % d'eau (Hoyet, 2005).

4-1-2 Glucides

Les glucides constituent la partie la plus importante du miel (75 à 80 %). Les monosaccharides majoritaires sont le fructose et le glucose. Les disaccharides et les trisaccharides y sont également présents. Certains glucides sont d'origine purement végétale : le glucose, le fructose, le saccharose, le kestose, le mélézitose et le raffinose ; d'autres, tels que le maltose, l'isomaltose, l'erlose et le dextrantriose apparaissent seulement comme des produits secondaires après transformation par les enzymes de l'abeille ouvrière (Lequet, 2010). La teneur totale en fructose et glucose ne doit pas être inférieure à 60 % pour le miel de fleurs et 45 % pour le miel de miellat ou du mélange (Lequet, 2010). En ce qui concerne le saccharose, sa teneur, en générale, ne dépasse pas les 5 %.

4-2 Composants mineurs

4-2-1 Acides organiques

La plupart des acides organiques du miel proviennent des nectars des fleurs ou des transformations opérées par l'abeille. C'est l'acide gluconique dérivé du glucose qui en prédomine (Rossant, 2011).

Il existe aussi une vingtaine d'acides organiques, comme les acides acétique, citrique, lactique, malique, oxalique, butyrique, pyroglutamique et succinique. Les lactones participent également à l'acidité du miel (Hoyet, 2005).

L'acidité totale est la somme des acides libres et des lactones. Légalement, elle ne doit pas dépasser 50 milliéquivalents par kg. Pour les miels destinés à l'industrie, la limite tolérée est de 80 milliéquivalents/kg (Lequet, 2010).

4-2-2 Acides aminés et protéines

Les acides aminés et les protéines sont présents en faible quantité dans le miel (0,26 %). Il s'agit essentiellement de peptones, d'albumines, de globulines et de nucléoprotéines qui proviennent soit de la plante (nectars, grains de pollen), soit des sécrétions

Il y a également la présence d'acides aminés libres comme la proline, la trypsine, l'histidine, l'alanine, la glycine et la méthionine (Rossant, 2011).

La proline est le plus abondant des acides aminés du miel. La quantité de proline donne une indication sur la qualité du miel, et elle ne doit pas être inférieure à 183 mg/ kg (Meda *et al.*, 2005).

4-2-3 Sels minéraux

La teneur en sels minéraux d'un miel est en général faible (0,1 %), avec d'importantes variations : les miels foncés en contiennent plus que les miels clairs (Lequet, 2010).

Les miels de miellat sont plus riches en sels minéraux que ceux de fleurs. Le potassium est le minéral le plus fortement représenté avec 80 % de la matière minérale totale, suivi du calcium, du magnésium, du sodium, du phosphore ainsi que d'éléments en traces incluant le fer, le cuivre, le zinc et le manganèse (Gonnet, 1982 ; Lachman *et al.*, 2007).

4-2-4 Enzymes

Selon Hoyet (2005), de nombreuses enzymes existent dans le miel: l'invertase, l' α -amylase, la β -amylase, l' α glucosidase, la glucose-oxydase, la catalase et la phosphatase. Elles proviennent soit des nectars (origine végétale) soit des sécrétions salivaires des abeilles (origine animale).

Ces enzymes sont détruites par la chaleur et leur présence ou absence peuvent servir d'indicateur de surchauffage du miel (Rossant, 2011).

4-2-5 Vitamines

Les vitamines majoritaires du miel sont ceux du groupe B provenant des grains de pollen en suspension dans le miel. Il s'agit de la vitamine B1 (thiamine), de la vitamine B2 (riboflavine), de la pyridoxine, de l'acide pantothénique, de la vitamine B3 (l'acide nicotinique), de la biotine et de la vitamine B9 (l'acide folique) (Bogdanov, 2006).

4-2-6 Lipides

Les lipides du miel proviennent du nectar ou ils sont présents à l'état de traces. Ils sont représentés par les stérols, les triglycérides et les acides gras tels que les acides palmitique, oléique et linoléiques (Lobreau-Callen *et al.*, 1999).

4-2-7 Antioxydants

Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires dont la principale source est les sécrétions végétales (Al- Mamary *et al.*, 2002). Elles confèrent au miel ces propriétés bioactives (Al *et al.*, 2009). Les polyphénols et caroténoïdes participent à la coloration du miel. Ces substances sont des antioxydants et possèdent des activités antioxydantes (Rossant, 2011).

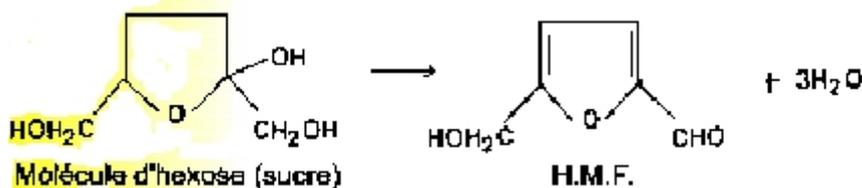
Ouchemoukh (2012) a rapporté la présence de 30 composés phénoliques dans les miels Algériens.

Parmi les structures identifiées dans le miel : acides phénoliques (acides benzoïques, cinnamiques, coumariques, caféiques, ferrulique et éllagique) (Bertoncelj *et al.*, 2007), les flavonoïdes (la pinocembrine, la pinobanskine, la chryisine, la galangine, la quercetine, la lutéoline et la kaempférol) (Rossant, 2011) avec des proportions très variables.

Les phénols interviennent sur la couleur par l'intermédiaire des flavonoïdes qui contribuent à la coloration jaune (Amiot *et al.*, 1989). Les figures 2 et 3 illustrent les principales structures des composés phénoliques du miel.

4-2-8 Hydroxy-2-méthylfurfural (HMF)

L'HMF (5-hydroxy-2-méthylfurfural) est un aldéhyde cyclique formé par déshydratation du fructose et du glucose en milieu acide (Gonnet, 1982) selon la réaction suivante :

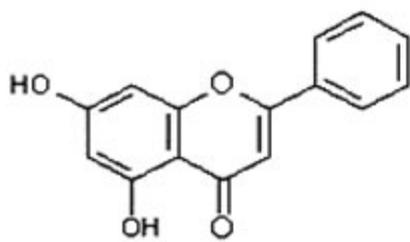


Le dosage de l'HMF permet de détecter si le miel a été chauffé ou non (Rossant, 2011).

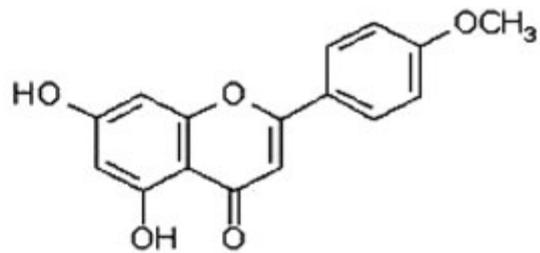
A une température de stockage de 4 °C, en fonction de son acidité, un miel mettra 20 à 80 ans pour atteindre le seuil légal de 40 mg/kg. A température ambiante de 20 °C (température de stockage chez la plupart des consommateurs), cette durée sera de 2 à 4 ans. Si le miel est porté à température plus élevée, même pendant un court moment, la teneur en HMF augmente plus vite (Lequet, 2010).

4-2-9 Eléments figurés

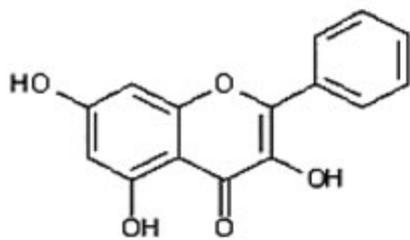
Le miel renferme aussi des éléments figurés, tels que les grains de pollen, les champignons et les levures et parfois des bactéries à l'état de spores du genre *Bacillus* (Louveaux, 1985). Ces éléments et principalement le pollen aident à la détermination de l'origine botanique et géographique des miels (Schivre, 2006).



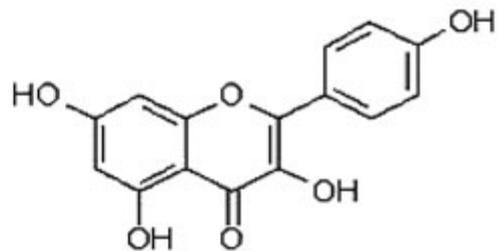
Apigenin



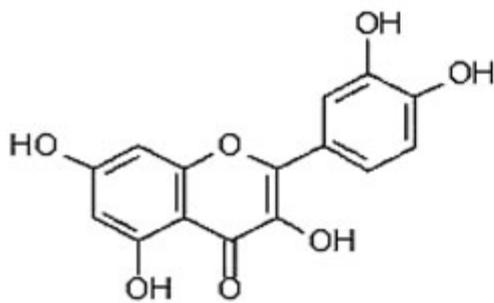
Acacetin



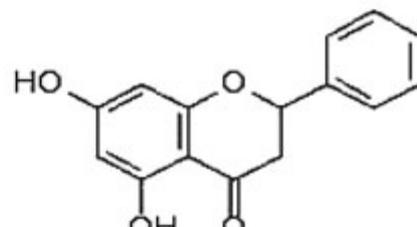
Galangin



Kaempferol



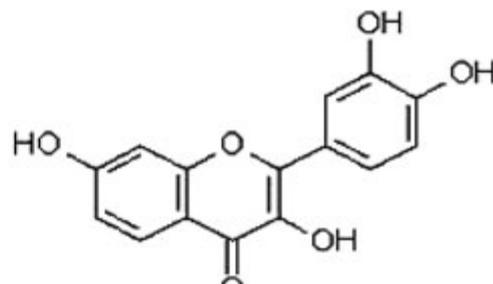
Quercetin



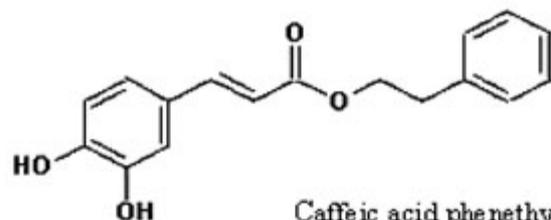
Pinocembrin



Chrysin



Fisetin



Caffeic acid phenethyl ester

Figure 2 : Structures chimiques de certains flavonoïdes présents dans le miel et la propolis (Viuda-Martos *et al.*, 2008)

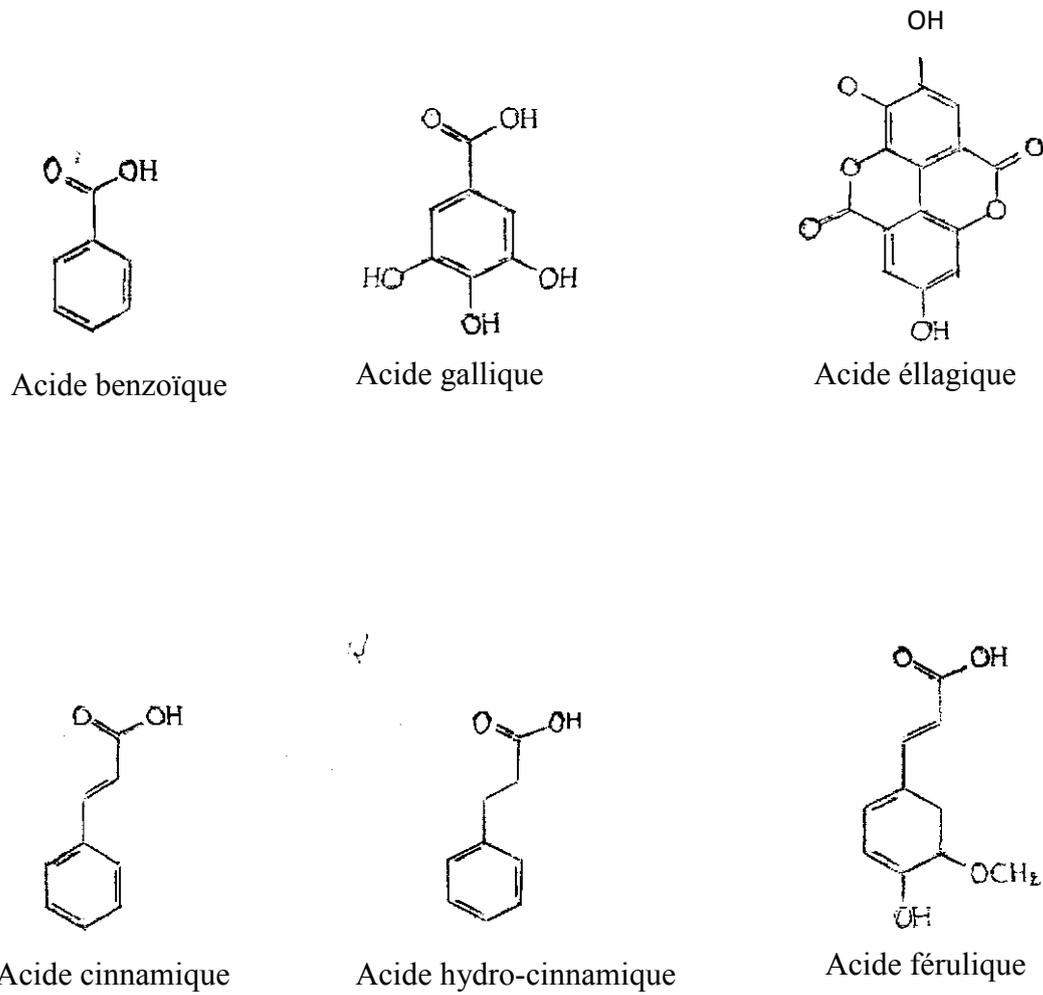


Figure 3: Structure de quelques acides phénoliques du miel
(Meda *et al.*, 2005).

Chapitre II : Propriétés du miel

1-Propriétés biologiques

1-1 Activité antibactérienne

Plusieurs auteurs ont rapporté l'activité antibactérienne du miel (Cortopassi-laurino et Gelli (1989) ; Bogdanov et Blumer (2001) ; Merah *et al.* (2010) pour des miels algérien et cela sur quatre souches bactériennes et un champignon [Bactéries (*E. coli*, *Serratia marcescens*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*) ; levure (*Candida albicans*)] et Kwakman *et al.* (2012). Elle est décrite pour la première fois par Dold et ses collaborateurs en 1937 sur dix sept différentes souches bactériennes.

L'activité antibactérienne du miel est attribuée à des agents physiques tels que : l'osmolarité, le pH acide (3,2 – 4,2), la viscosité (Aljadi et Kamaruddin, 2004). D'autre part, il existe des agents chimiques tels que les inhibines à activité peroxydique (Weston *et al.*, 1999) (peroxyde d'hydrogène formé après oxydation du glucose par la glucose-oxydase durant la maturation du miel) et non peroxydique (composés phénoliques) et d'autres substances antibactériennes [défensine-1 et méthylglyoxal (MGO)].

1-1-1 Agents physiques

Les caractéristiques physico-chimiques responsables de l'effet antibactérien du miel sont les suivantes :

1-1-1-1 Osmolarité

La forte teneur en sucre confère au miel des conditions d'hyperosmolarité responsable d'une lyse de la membrane bactérienne entraînant d'abord l'inhibition de la croissance et ensuite lyse de l'agent bactérien (Schivre, 2006).

De plus, le miel étant une solution sursaturée, l'eau disponible pour permettre la croissance de la plupart des bactéries ou des levures est insuffisante. Un coefficient hydrique « aw » est défini pour mesurer cette eau libre. La valeur moyenne de l'activité hydrique du miel se situe entre 0,56 et 0,62. De nombreuses espèces bactériennes ont leur croissance complètement inhibée pour une activité hydrique comprise entre 0,94 et 0,99. Cela signifie que ces espèces ne pourraient pas se développer au sein d'un miel non dilué (Rossant 2011).

L'effet osmotique permet de drainer le plasma et la lymphe (qui peuvent contenir des éléments favorisant la reconstitution cutanée) (Goetz, 2009).

1-1-1-2 pH et viscosité

Le pH du miel est relativement acide, variant entre 3,5 et 6, due principalement à l'acide gluconique. Ce pH semble être efficace pour ralentir ou éviter la croissance de nombreuses espèces de bactéries (*Corynebacterium diphtheriae*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Streptococcus pyogenes*).

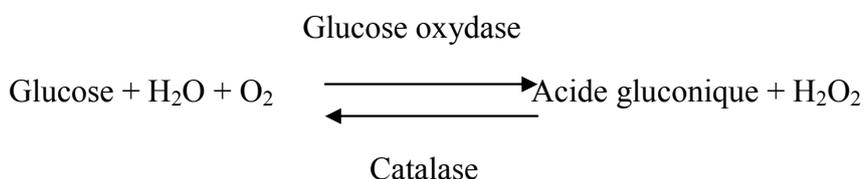
La viscosité crée un rempart contre la contamination bactérienne et limite l'oxygénation du milieu en limitant les mouvements de convection (Schivre, 2006).

1-1-2 Agents chimiques

Il existe dans le miel deux grands types d'inhibines : celles à activité peroxydique et celles à activité non-peroxydique.

1-1-2-1 Inhibine à activité peroxydique

Le miel contient une glucose-oxydase qui provient des glandes hypopharyngiennes des abeilles ouvrières (Weston *et al.*, 1999). Cette enzyme thermolabile, catalyse l'oxydation du glucose en peroxyde d'hydrogène et en acide gluconique selon l'équation suivante :



Le peroxyde d'hydrogène ainsi formé est connu pour ses capacités antiseptiques de désinfection des plaies superficielles. Il est essentiellement actif sur les bactéries à gram négatif, provoquant l'oxydation de leurs protéines et conduisant à leur destruction (Schivre, 2006).

La catalase représente l'antagoniste de la gluco-oxydase, et elle réduit l'eau oxygénée. Cette enzyme provient généralement du pollen (Weston *et al.*, 1999).

1-1-2-2 Inhibine à activité non-peroxydique

Lorsque la glucose-oxydase est bloquée ou inactivée, certains miels possèdent encore une activité antibactérienne. Ceci serait dû à des substances spécifiques provenant des plantes, principalement les lysozymes, les flavonoïdes, les acides phénoliques et les huiles essentiels (Weston, 2000 ; Bogdanov et Blumer, 2001; De Bodt, 2004).

1-1-3 Autres substances antibactériennes

1-1-3-1 Défensine-1

La défensine-1 est une protéine fabriquée par les glandes hypopharyngiennes, désignée sous le nom royalisin. Elle est retrouvée dans le miel et la gelée royale (Kwakman *et al.*, 2012).

Chez l'homme, les défensines constituent une famille de peptides cationiques antimicrobiens naturels largement impliqués dans l'immunité. Ces petits peptides peuvent être divisés en deux groupes : les α -défensines, présentes au sein de certains granules sécrétoires dans les leucocytes ou des cellules immunitaires spécialisées ; les β -défensines, présentes dans l'ensemble des épithéliums et au sein de nombreux organes (Rossant, 2011). Ce sont de petits peptides, de masse moléculaire variant de 3,5 à 6 kDa, qui possèdent un large spectre d'activité antimicrobienne (bactéries Gram positif et Gram négatif, champignons, virus enveloppés) (Jonard, *et al.*, 2006). En neutralisant de manière successive les facteurs bactéricides déjà connus du miel, les scientifiques ont conclu que la grande majorité des propriétés antibactériennes du miel proviennent de cette protéine (Kwakman *et al.*, 2010).

1-1-3-2 Méthylglyoxal (MGO)

Le MGO est un antibactérien non peroxydique naturel retrouvé en particulier dans le miel de Manuka (*Leptospermum scoparium*). Le manuka est un petit arbuste de 3 à 5 mètres de hauteur qui appartient à la famille des myrtacées ; cette famille est originaire d'Australie mais le Manuka est présent essentiellement en Nouvelle-Zélande.

Pendant le stockage du miel, Le MGO est formé par conversion non enzymatique de dihydroxyacétone (DHA) présent à des concentrations particulièrement élevées dans le nectar (Kwakman *et al.*, 2012).

1-2 Activité antioxydante

Le miel est une source naturelle d'antioxydants qui joue un rôle primordial dans la réduction des maladies telles le cancer, le diabète, la cataracte, les maladies cardiovasculaires et les différents processus de l'inflammation (Ames *et al.*, 1993 ; Meda *et al.*, 2005 ; Bertoncelj *et al.*, 2007). Cette activité est rapportée par plusieurs auteurs : Al Mamary *et al.* (2002) ; Aljadi *et al.* (2004) ; Barreta *et al.* (2005) ; Bertoncelj *et al.* (2007) ; Viuda-Martos *et al.* (2008) ; Ferreira *et al.* (2009) et Alvarez-Suarez *et al.* (2010).

Selon Al *et al.* (2009) et Ferreira *et al.* (2009) les antioxydants présents dans le miel peuvent être enzymatiques (catalase, glucose-oxydase) ou non enzymatique (caroténoïdes, acides aminés, protéines, acides organiques et les composés phénoliques).

Selon Al-Mamary *et al.* (2002), cette activité est variable d'un miel à un autre selon la source botanique et la présence de différents composés antioxydants. Ainsi, les composés phénoliques présents dans le miel sont des piègeurs efficaces des radicaux libres grâce à leur structure contenant un anneau aromatique et un groupe hydroxyle possédant un hydrogène mobile. Les flavonoïdes (Chrysin, pinocembrine, pinobanksine, quercétine, kaempférol... etc.) et les acides phénoliques (Acides caféique, coumarique, ferrulique, éllagique et chlorogénique), sont à l'origine de l'activité antioxydante du miel (Meda *et al.*, 2005).

L'activité antioxydante du miel dépend de la source florale, de la saison de récolte, des facteurs environnementaux et des différents facteurs que subit le miel (Al *et al.*, 2009).

1-3 Activité cicatrisante

Le miel est reconnu comme un produit efficace dans la cicatrisation des plaies, qu'elles soient profondes, étendues, nécrosées ou surinfectées, principalement du fait de son rôle antibactérien (Descottes, 2009; Goetz 2009).

En 1984, le professeur Bernard Descottes a utilisé le miel pour la première fois chez une jeune fille de 20 ans qui avait subi une résection importante de l'intestin grêle. Suite au drainage d'un abcès de paroi important, la patiente présentait une perte de substance au niveau de la partie centrale de sa plaie abdominale. Il a conduit en huit jours à une cicatrisation pratiquement complète (Hoyet, 2005).

Durant 25 années d'expériences, le professeur Descottes a traité 3012 lésions infectées ou non, essentiellement au niveau de la paroi abdominale (Descottes, 2009).

En plus des agents physiques cités pour l'activité antibactérienne, il existe d'autres facteurs qui rentrent dans la cicatrisation des plaies.

1-3-1 Peroxyde d'hydrogène

Au niveau des tissus nécrotiques, le peroxyde d'hydrogène réagit avec les ions ferreux, ce qui entraîne la formation de radicaux hydroxyles; c'est la réaction de Fenton selon l'équation suivante :



Le peroxyde d'hydrogène exerce plusieurs fonctions :

- Au contact des tissus et du sang, il se décompose en eau et en oxygène ce qui crée une « microeffervescence » et un nettoyage mécanique de la plaie (phase détersion) ;
- Il Stimule la multiplication cellulaire ;
- Il Stimule la croissance des fibroblastes et des cellules épithéliales qui vont participer à la réparation tissulaire ;
- Il entraîne également le développement d'une néovascularisation dans le tissu cicatriciel (phase bourgeonnement).

1-3-2 Hydratation

D'après Lusby *et al.* (2002), le miel contribue à l'hydratation de la plaie. L'environnement humide est favorable à la première étape de la cicatrisation: la détersion. En effet, la détersion en ce milieu permet de solliciter la flore bactérienne normalement présente sur la peau qui est capable d'éliminer les débris nécrotiques et/ou fibrineux.

1-3-3 pH

Les fibroblastes jouent un rôle fondamental dans le processus de cicatrisation. Leur prolifération et surtout la synthèse de collagène sont optimales dans un environnement légèrement acide. Le pH du miel varie entre 3 et 6: les pansements au miel favorisent donc l'activité fibroblastique (Rossant, 2011).

1-3-4 Rôle désodorisant

Molan (1998) a remarqué que les plaies traitées avec du miel ne dégagent aucune mauvaise odeur. Les bactéries dégradent normalement les acides aminés issus du sérum ou des cellules mortes en rejetant des composés malodorants; mais, si le miel est mis à leur disposition, elles vont le dégrader en priorité. Ce processus aboutit à la formation d'acide lactique inodore. Le miel appliqué sur une plaie a un effet désodorisant.

1-4 Miel pour les diabétiques

Le miel contient en moyenne 38 % de fructose, 31 % de glucose et divers autres polysaccharides parmi lesquels du saccharose. Toutefois, il n'est pas contre-indiqué et peut être intégré dans la ration alimentaire d'un diabétique, mais uniquement dans le cadre strict de la ration de glucides qui lui est permise (Hoyet, 2005).

Chez un sujet sain, les apports glucidiques doivent représenter environ 60 % par jour ; chez un sujet diabétique, ils doivent représenter 50 %. Le fructose est parmi les sucres simples, celui qui induit la réponse glycémique la plus atténuée. Ainsi, l'index glycémique du miel est de 34,6 contre 100 % pour l'index glycémique du glucose. De plus, le miel possède un index insulino-génique de 57 % (Rossant, 2011).

L'index glycémique du glucose est fixé à 100 et l'IG de tous les autres glucides est établi par rapport à cette valeur (figure 4). L'IG sert à évaluer la valorisation d'un sucre dans l'alimentation des diabétiques. De même, il est recommandé la consommation de denrées avec un IG bas dans les cures d'amaigrissement.

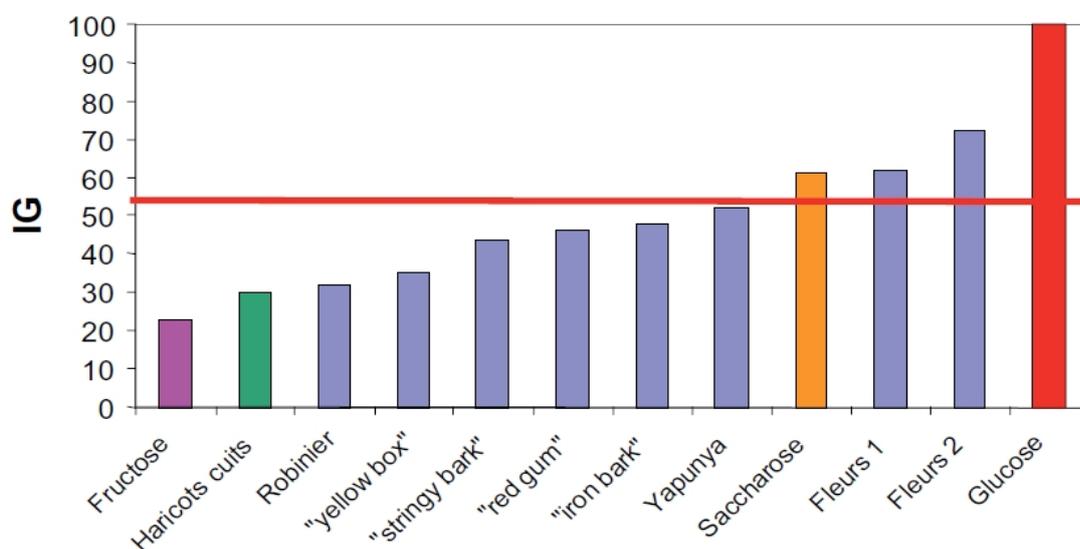


Figure 4 : Indice glycémique du glucose comparé aux autres indices glycémiques (Bogdanov, 2006)

1-5 Autres propriétés thérapeutiques

En raison de sa richesse en glucides, le miel est un aliment énergétique par excellence, il améliore le rendement physique ainsi que la résistance à la fatigue et intellectuelle (Jean-Prost *et al.*, 2005). La médecine populaire utilise le miel depuis des millénaires dans de nombreux domaines et Aristote (env. 350 av. J.C.) le recommandait pour soulager divers maux (Bogdanov et Blumer, 2001).

Selon Jean-Prost *et al.* (2005), le miel possède plusieurs vertus thérapeutiques. Lorsqu'il est administré par voie buccale, il peut guérir et soulager les troubles intestinaux, les ulcères d'estomac, l'insomnie, les maux de gorge, et certaines affections cardiaques. Le miel facilite la rétention du calcium, il active l'ossification et la sortie des dents.

Concernant l'effet du miel sur les cancers gastro-intestinaux et dyspepsies, Gharzouli et ses collaborateurs en 2002 ont évalué le potentiel gastro-protecteur de différents miels ainsi que d'une solution sucrée. Ils ont donné à des rats des substances agressives pour l'estomac telles que l'éthanol, l'indométacine et l'aspirine et ils ont observé l'effet des miels et de la solution sucrée sur les lésions. Que ce soit avec les miels ou avec la solution à base de sucres, les chercheurs ont constaté une nette réduction de l'étendue des lésions hémorragiques des muqueuses gastriques. Cependant les miels se sont montrés plus protecteurs que la solution sucrée; la forte concentration en hydrates de carbone n'est donc pas la seule responsable de l'effet protecteur (Hoyet, 2005).

Les vertus thérapeutiques du miel en ophtalmologie sont connues depuis l'antiquité. D'après une étude récente dans un hôpital universitaire, le miel s'est révélé efficace contre : les kératites (inflammation de la cornée), les conjonctivites, et les blépharites (inflammation du bord de la paupière). Les résultats obtenus ont montré 85 % de réussite après une application du miel dans la partie inférieure de la paupière, ceci est dû à ces propriétés antibactériennes et cicatrisantes (Schivre, 2006).

Une action antianémique est en relation avec la présence de fer et de cobalt dans le miel (composants de la vitamine B12). Ils interviennent dans l'organisme lors de la biosynthèse de nombreuses substances et dans différents mécanismes, notamment comme activateur de l'hématopoïèse (Schivre, 2006; Rossant, 2001).

Des études récentes montrent que le miel possède une activité anti-tumorale modérée et une activité anti-métastatique prononcée chez le rat et la souris (Schivre, 2006).

Selon Subrahmanyam et ses collaborateurs (1997), le miel est utilisé dans le traitement des brûlures. Les résultats de ses différentes études montrent que les pansements au miel soignent plus rapidement les brûlures, les désinfectent, diminuent la douleur et l'inflammation et enfin, favorisent la formation du tissu de granulation et ainsi la cicatrisation. De plus, lorsque l'épiderme est brûlée, la peau perd sa barrière défensive naturelle; du fait de sa texture visqueuse, le miel recrée cette barrière et empêche ainsi toute surinfection.

2- Propriétés physico-chimiques

2-1 Eau

La teneur en eau est en moyenne de 17 % (Hoyet, 2005). L'humidité du miel conditionne sa conservation : plus elle est élevée, plus le miel risque de fermenter (tableau III). La technique la plus simple et la plus reproductible pour mesurer le taux d'humidité dans un miel est la réfractométrie. L'indice de réfraction varie proportionnellement avec la température et la teneur en eau, de 1,5041 à 1,4915 pour une teneur en eau de 13 à 18 % ; il atteint 1,4789 pour les miels de callune avec 23 % d'eau (Louveaux, 1985 ; Lobreau-callen *et al.*, 1999).

Tableau III : Influence de l'humidité et de la présence de levures sur le risque de fermentation du miel (Lequet, 2010).

Teneur en eau	Risque de fermentation en fonction du nombre de levures par gramme de miel
Moins de 17,1 %	Aucun risque quel que soit le nombre de levures
De 17,1 à 18 %	Aucun risque si le nombre de levures est inférieur à 1000
De 18,1 à 19 %	Aucun risque si le nombre de levures est inférieur à 10
De 19,1 à 20 %	Aucun risque si le nombre de levures est inférieur à 1
Plus de 20%	Risque de fermentation quel que soit le nombre de levures

2-2 Viscosité et densité

La viscosité dépend de la teneur en eau, de la température et, à un degré moindre, de la composition de l'échantillon étudié. À 35 °C, tous les miels sont fluides (Jean-prost *et al.*, 2005). Certains sont thixotropes comme ceux d'*Erica* et surtout de *Calluna*, ils ont une viscosité anormale. Cette propriété est due à la présence d'une substance proche d'un sucre, une dextrine de formule $(C_6H_{12}O_5)_n$ (Garcia, 1986).

A 20 °C, la densité du miel est comprise entre 1,410 et 1,435. Elle varie en fonction de sa teneur en eau (Jean Prost *et al.*, 2005), et à moindre degré de la composition chimique du miel (Gonnet, 1982).

2-3 Pouvoir rotatoire

Egalement appelé « activité optique », le pouvoir rotatoire est la propriété qu'ont certains milieux de faire tourner le vecteur lumineux d'un faisceau lumineux la traversant.

Les composés induisant une déviation du vecteur vers la droite sont qualifiés de « dextrogyres », (c'est le cas du saccharose, par exemple), tandis que les composés induisant une déviation du vecteur vers la gauche sont dits « lévogyres » (le fructose en fait partie). Le pouvoir rotatoire du miel est utilisé pour distinguer le miel de fleurs du miel de miellat (Lequet, 2010).

La majorité des miels font tourner légèrement à gauche le plan de polarisation ; ils sont comme leurs sucres lévogyres (Jean-prost *et al.*, 2005).

Bogdanov *et al.* (2005) indique que les miels de miellats sont en général dextrogyres et ceux du nectar sont lévogyres.

2-4 Conductivité électrique

La conductivité électrique est l'un des paramètres efficaces pour la distinction entre les miels floraux et ceux des miellats. Elle dépend de la teneur du miel en minéraux et en acides (Bogdanov *et al.*, 2005). D'une façon générale, les miels foncés ont la conductivité électrique la plus élevée (Lobreau-callen *et al.*, 1999).

2-5 Cristallisation

Selon Jean-Prost *et al.* (2005), la cristallisation dépend de plusieurs facteurs : la viscosité du miel, la température, les rapports glucose /eau et glucose/fructose.

La viscosité dépend de la température et de la teneur en eau. La température optimale de cristallisation du miel se situe au voisinage de 14 °C. La cristallisation se produit d'autant plus rapidement que le rapport glucose/eau est plus élevé. Généralement, ce rapport oscille entre 1,6 et 2,5.

Le rapport glucose/fructose est également impliqué, car plus il augmente, plus le rapport glucose/eau augmente. Donc, un miel qui contient beaucoup de fructose cristallisera moins vite qu'un miel qui en renferme peu.

Un miel riche en glucose (le miel colza) (teneur proche de 40 %) cristallisera en deux à trois jours. A l'opposé, des miels très riches en fructose (le miel d'acacia) (teneur supérieure à 42 %) resteront liquides pendant plusieurs années (Rossant, 2011).

2-6 Couleur

La couleur du miel va du jaune très pâle (presque blanc) au brun très foncé en passant par toutes les gammes de jaunes, d'oranges, de marrons et même parfois de verts (Louveaux, 1985).

Les pigments responsables de la coloration appartiennent au groupe des caroténoïdes des xanthophylles et des polyphénols (Lobreau-callen *et al.*, 1999), des pigments verts sont retrouvés dans certains miels de saule et de sapin (Bruneau, 2002).

Le tableau IV montre les normes de certains paramètres physico-chimiques du miel.

Tableau IV: Normes pour certains paramètres physico-chimiques du miel selon le Codex Alimentaire (2001) et le Journal Officiel des Communautés Européennes (2002).

Paramètres	Normes
Teneur en eau	Miels en général : < 20%
Teneur en sucres :	
-Glucose et fructose	Miels de fleurs : > 60 % Miels de miellat ou mélangés avec des miels de fleur : > 45%
-Saccharose	Miels en général : < 5 %
-Sucres réducteurs	Miels de fleurs : > 65% Miels de miellat ou mélangés avec des miels de fleur : > 60%
Acidité libre	Miels en général : < 50 meq/kg
Teneur en HMF	Miels en général : < 40 mg/Kg
Teneur en Cendres	Miels de nectar : < 0,6 % Miels de miellat ou mélangés avec miels de fleur : < 1 %
Conductivité électrique	Miels de nectar : < 0,8 mS/cm Miels de miellat : > 0,8 mS/cm
Indice diastasique	Miels en général : > 8 Unité de Schade

Matériel et méthodes

1. Echantillons de miels

Vingt quatre échantillons de miel sont récoltés dans différentes régions d'Algérie dont la moitié est originaire de la wilaya Bejaia (tableau V). La figure 5 montre la photographie des échantillons de miels analysés.

Tableau V : Echantillons de miels analysés (région, année, couleur et état).

Echantillons	Régions et année	Couleur et état
M1	Bejaïa (El-kseur), 2012	Marron, liquide
M2	Bejaïa (Merj-Waman), 2010	Marron clair, liquide
M3	Bejaïa (Oued-Das), 2012	Marron, cristallisé
M4	Bejaïa (Oued-Das), 2011	Marron, cristallisé
M5	Bejaïa (Oued-Ghir), 2011	Marron, cristallisé
M6	Bejaïa (Tala-Ouriane), 2011	Marron, cristallisé
M7	Bejaïa (Oued-Das), 2005	Marron, cristallisé
M8	Tizi-Ouzou (Djurdjura), 2010	Marron, cristallisé
M9	Bejaïa (Akkfadou, Ziwi), 2011	Marron, cristallisé
M10	Bejaïa (Ighzer Amokrane),	Marron, cristallisé
M11	Tizi-Ouzou (Iakouren), 2011	Marron, cristallisé
M12	Tizi-Ouzou (Beni-Douala), 2011	Marron, cristallisé
M13	Tizi-Ouzou (Tala-Oulili,ath-Smail), 2010	Marron clair, cristallisé
M14	Tizi-Ozou (Tala-Oulili), 2008	Vert, liquide
M15	Blida, 2011	Jaune, cristallisé
M16	Tiaret (Tikhmerth), 2011	Marron clair, cristallisé
M17	Ghilizane, 2011	Marron, cristallisé
M18	Biskra, 2011	Marron, cristallisé
M19	Laghouat, 2011	Marron, cristallisé
M20	Bejaïa (Akkfadou), 2011	Marron, liquide
M21	Bejaïa (El-Flay), 2012	Marron, liquide
M22	Laghouat, 2011	Marron, liquide
M23	Ghardaïa, 2011	Marron claire, liquide
M24	Ghardaïa (Guerrara), 2011	Marron foncé, liquide

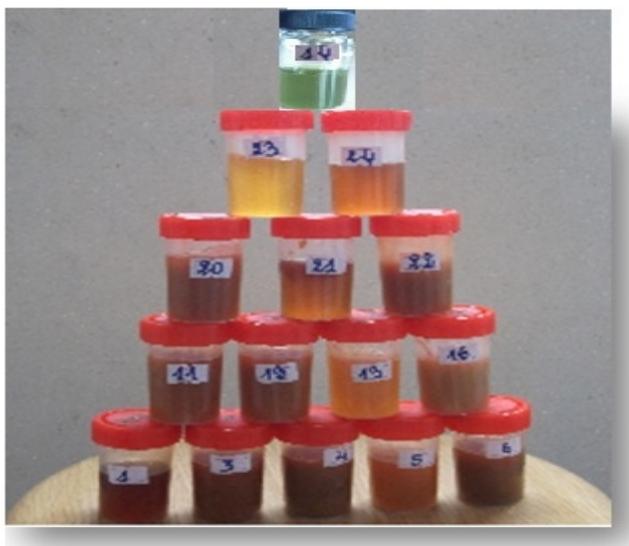


Figure 5 : Photographie des échantillons de miels analysés.

2- Analyses physico-chimiques

2-1 Humidité

La teneur en eau est déterminée selon la méthode de Bogdanov *et al.* (1997) par mesure optique de l'indice de réfraction. Deux grammes de miel sont introduits dans un bécher puis mis au bain marie à 50 °C pour assurer la disparition des cristaux de sucre. Quelques gouttes de miel liquides sont déposées directement sur le prisme du réfractomètre Abbe (Euromex Holland), préalablement étalonné avec de l'eau distillée. Après avoir lu l'indice de réfraction, le pourcentage d'eau correspondant à cet indice est donné par la table de CHATAWAY (annexe 1) à 20 °C.

2-2 pH

Le pH est déterminé selon la méthode de Bogdanov *et al.* (1997) sur une solution de miel à 10 % (p/v). Une quantité de 2,5 g de miel est dissoute dans 25 ml d'eau distillée. Après homogénéisation, la valeur du pH est lue avec le pH-mètre.

2-3 Conductivité électrique

La conductivité électrique est déterminée sur une solution de miel à 20 % de matière sèche (Bogdanov *et al.*, 1997). Une masse de miel est pesée telle que $M = (5 \cdot 100 / MS)$ (ou MS est la teneur en matière sèche de miel).

La prise d'essai est dissoute dans 25 ml d'eau distillée de très faible conductivité électrique, ensuite la mesure s'effectue par immersion de la cellule du conductimètre dans la solution de miel et la conductivité est lue sur l'appareil.

2-4 Protéines

Les teneurs en protéines sont déterminées par la méthode de Bradford. C'est une méthode simple, rapide et qui n'a pas d'interférence ni avec les cations (sodium ou potassium ni avec les glucides. Le bleu de Coomassie G250 existe sous deux formes : la forme libre (couleur vert foncée) avec une absorbance maximale entre 465-470nm ; la forme liée du chromophore aux résidus arginine et aux résidus d'acides aminés hydrophobes des protéines est anionique, de couleur bleu avec une absorbance de 595 nm (Bradford, 1976).

La méthode de dosage des protéines utilisée est celle décrite Azeredo *et al.* (2003). Un volume de 0,1 ml d'une solution de miel à 50 % est ajouté à 5 ml du réactif de Bradford. Après 2 min, l'absorbance est lue au spectrophotomètre à 595 nm. La teneur en protéines des échantillons est obtenue en se référant à la courbe d'étalonnage (Annexe 2; figure 1) et les résultats sont exprimés en mg équivalent de sérum-albumine bovine par 100 g de miel (mg EBSA/100g).

2-5 Proline

Les taux de proline sont estimés par la méthode de Bogdanov *et al.* (1997). Un volume de 0,5 ml de la solution de miel à 5 % (p/v) est introduit dans un tube à essai. Le tube témoin renferme 0,5 ml d'eau distillée, trois autres tubes renferment 0,5 ml de standard de la proline. Un millilitre d'acide formique et 1 ml de la solution de ninhydrine à 3 % sont ajoutés à chaque tube. Les tubes sont fermés, agités pendant 15 min puis placés au bain-marie à 95 °C pendant 15 min. Les tubes sont transférés dans un autre bain-marie à 70 °C pendant 10 min. Un volume de 5 ml de 2-propanol (50 %, v/v) est ajouté à chaque tube. Après 45 min, l'absorbance est lue à 510 nm. La teneur en proline est calculée selon la formule suivante :

$$\text{Proline (mg/kg)} = (\text{E}_s \times \text{E}_1 \times 80) / (\text{E}_a \times \text{E}_2)$$

E_s : Absorbance de l'échantillon de miel.

E_1 : mg de proline pour la solution standard.

E_a : Absorbance de la solution standard de la proline.

E_2 : Quantité de miel (kg).

80 : Facteur de dilution.

2-6 Couleur

La détermination de la couleur du miel se fait selon la méthode décrite par Bath et Singh (1999). Une masse de 1 g de miel est dissoute dans 2 ml d'eau distillée. La solution obtenue est mise au bain marie à 50 °C pendant quelques minutes, puis l'absorbance est lue à 450 nm.

2-7 Pouvoir rotatoire

Le pouvoir rotatoire est déterminé selon la méthode de Bogdanov *et al.* (1997) par un polarimètre en utilisant une solution aqueuse de miel claire et filtrée. Douze grammes de miel sont dissous dans de l'eau distillée. Dix millilitres de la solution d'hexacyanoferrate de potassium (15 %) et 10 ml de la solution d'acétate de zinc (30 %) y sont ajoutés. Le volume est ajusté à 100 ml avec de l'eau distillée. Après 24h, la solution est filtrée sur du papier filtre et le filtrat obtenu est versé dans le polarimètre (Polaser-SI) ayant un tube de 10 cm de longueur. Le pouvoir rotatoire s'affiche sur l'appareil à la température de 20 °C. Le polarimètre utilisé est étalonné avec le quartz et le pouvoir rotatoire est lu à l'échelle de la solution de saccharose à 26 %.

3- Antioxydants et activités antioxydantes

3-1 Antioxydants

3-1-1 composés phénoliques totaux

L'ensemble des composés phénoliques du miel est oxydé par le réactif du Folin- Ciocalteu. Ce dernier est constitué par un mélange d'acides phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et phosphomolybdique ($H_3PMo_{12}O_{40}$) qui est réduit, lors de l'oxydation des phénols, en mélange d'oxydes bleus de tungstène (W_8O_{23}) et de molybdène (Mo_8O_{23}). La coloration bleue produite possède une absorption maximale aux environs de 750 nm, et elle est proportionnelle aux taux de composés phénoliques.

La teneur en composés phénoliques est déterminée selon la méthode décrite par Naithani *et al.* (2006). 100 µl de la solution de miel (0,1 g/ml) sont additionnés de 100 µl du réactif folin-Ciocalteu (50 %) et de 2 ml de carbonate de sodium (2 %). Après 30 min d'incubation à l'obscurité, l'absorbance est lue à 750 nm. Les teneurs en composés phénoliques sont déterminées en se référant à la courbe d'étalonnage (annexe 2; figure 2), réalisée avec l'acide gallique. Les résultats sont exprimés en mg équivalent d'acide gallique par 100 g de miel (mg EAG/100 g).

3-1-2 Flavonoïdes

Les flavonoïdes présentent un noyau catéchol ou deux groupements C=O et OH ont la capacité de former des chélates avec les ions métalliques tels que le fer et l'aluminium, qui remplace un ou deux proton (s) au niveau du composé (Dangles, 2006).

La teneur en flavonoïdes est estimée selon la méthode décrite par Al *et al.* (2009). 1 ml de la solution de miel (0,5 g/ml) est mélangé avec 300 µl de nitrite de sodium (5 %). 5 min après, un volume équivalent de chlorure d'aluminium (10 %) est additionné et après 6 min, 2 ml de soude (1M) sont ajoutés. L'absorbance est mesurée à 510 nm. Les concentrations en flavonoïdes sont estimées en se référant à la courbe d'étalonnage (annexe 2, figure 3) ; les résultats sont exprimés en mg équivalent de quercétine par 100 g de miel (mg EQ/100 g).

3-1-3 Flavonols

La teneur en flavonols est estimée selon la méthode décrite par Djeridane *et al.* (2006). 500 µl de la solution de miel (0,5 g/ml) sont mélangés avec 500 µl d'eau distillée, 500 µl de chlorure d'aluminium (2 %) et 500 µl d'acétate de sodium (5 %). Après incubation pendant 30 min, l'absorbance est lue à 440 nm. Les concentrations en flavonols sont estimées en se référant à la courbe d'étalonnage (annexe 2; figure 4). Les antioxydants sont exprimés en mg équivalent de quercétine par 100 g de miel (mg EQ/100g).

3-1-4 Caroténoïdes

Les caroténoïdes sont des composés insolubles dans l'eau et solubles dans les solvants apolaires tels que l'hexane et le chloroforme. L'extraction de ces substances consiste à utiliser deux phases : une phase apolaire qui permet la récupération des caroténoïdes et une phase polaire (éthanol/acétone) qui élimine les interférents tels que les polyphénols et les flavonoïdes.

La teneur en caroténoïdes est déterminée suivant la méthode de Sass-Kiss *et al.* (2005). 15 ml du mélange hexane, éthanol et acétone (2/1/1, v/v/v) sont ajoutés à 7 g du miel, le mélange obtenu est agité pendant 6h. La phase supérieure du surnageant est dosée à 450 nm. Les concentrations en caroténoïdes sont estimées en se référant à la courbe d'étalonnage (annexe 2; figure 5) et les résultats sont exprimés en mg équivalent de β-carotène par 100 g de miel (mg EβC/100 g).

3-2 Activités antioxydantes

3-2-1 Activités antiradicalaires

3-2-1-1 Avec le radical DPPH

La détermination de l'activité antiradicalaire du miel est basée sur la réduction du DPPH (2,2-diphényle-1-picrylhydrazyl), qui est un radical stable grâce à la délocalisation de son électron célibataire autour de la molécule empêchant ainsi sa polymérisation. Cette délocalisation est responsable d'un développement d'une couleur violette foncée. La présence d'un antioxydant dans le milieu engendre la libération d'un proton réduisant ainsi le radical DPPH[•]. Suite à cette réaction, l'intensité de la couleur violette diminue et l'absorbance est lue à 517 nm (Gulcin *et al.*, 2003).

La figure 6 représente la réaction d'un antioxydant avec le DPPH.

Un volume de 0,3 ml de la solution de miel (0,025 g/ml) est mélangé avec 1 ml de solution de DPPH. Le mélange est laissé à l'obscurité pendant 15 min avant de lire l'absorbance à 517 nm. La différence d'absorbance entre la solution de DPPH en présence et en absence de l'échantillon reflète le potentiel des composés responsables de cette activité à réduire ce radical. Le pourcentage de réduction est donné selon la formule suivante (Meda *et al.* 2005) :

$$\text{Activité antiradicalaire (\%)} = \frac{(\text{Abs}_t - \text{Abs}_e)}{\text{Abs}_t} \times 100$$

Abs_t : Absorbance de témoin

Abs_e : Absorbance de l'échantillon (absorbance de la solution de DPPH en présence de l'échantillon).

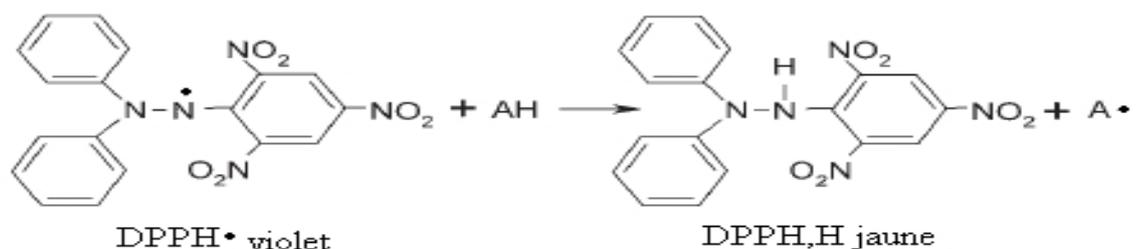


Figure 6: Réaction d'un antioxydant avec le DPPH• (Milardivic *et al.*, 2005)

3-2-1-2 Avec le radical ABTS

Le test est basé sur la capacité d'un antioxydant à stabiliser le radical cationique $ABTS^{\cdot+}$ (2,2-azinobis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonate) de coloration bleu-verte en le transformant en $ABTS^+$ incolore, par piégeage d'un proton par l'antioxydant. La décroissance de l'absorbance causée par l'antioxydant reflète la capacité de capture du radical libre (Re *et al.*, 1999).

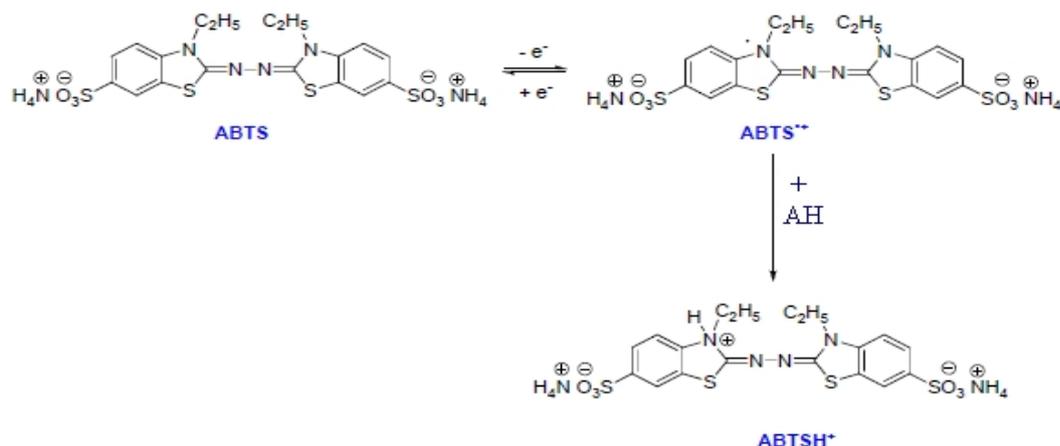


Figure 7: Formation et piégeage du radical $ABTS^{\cdot+}$ par un antioxydant donneur de H (Marc *et al.*, 2004).

250 μ l de la solution de miel (0,025g/ml) sont mélangés avec 1ml de la solution d'ABTS. Le contrôle est préparé avec 1ml d'ABTS en lui ajoutant 250 μ l d'éthanol. L'absorbance est lue à 734 nm après 7 min d'incubation. Les résultats sont exprimés en mg équivalent de trolox par 100 g de miel (mg ET/100 g) (annexe 2; figure 6).

3-2-2 Pouvoir réducteur

Le test du pouvoir réducteur repose sur la réduction du chlorure ferrique ($FeCl_3$) en chlorure ferreux ($FeCl_2$) en présence d'un agent chromogène, le ferricyanure de potassium $K_3Fe(CN)_6$ et en milieu acidifié par l'acide trichloracétique. La forme réduite donne une couleur verte dont l'intensité est proportionnelle au pouvoir réducteur (Gulcin *et al.*, 2005).

Le pouvoir réducteur est déterminé selon la méthode décrite par Berreta *et al.* (2005). 250 μ l de la solution de miel (0,05 g/ml) est homogénéisé avec 250 μ l de tampon phosphate (0,2 M ; pH 6,6) et 2,5 ml de ferricyanure de potassium (1 %). Le mélange est incubé au bain marie à 50 °C pendant 20 min. 250 μ l d'acide trichloracétate (10 %) sont ajoutés au mélange réactionnel.

250 µl de cette solution sont transférés dans un autre tube à essai, 1 ml d'eau distillée et 250 µl de chlorure ferrique (0,1 %) lui sont ajoutés. Après 10 min d'incubation, l'absorbance est mesurée à 700 nm. Les résultats sont exprimés en mg équivalent d'acide gallique par 100 g de miel (mg EAG/100 g) (annexe 2; figure7).

3-2-3 Activité antioxydante avec le phosphomolybdate

La capacité antioxydante en utilisant le phosphomolybdate est basée sur l'oxydation de molybdate-IV (Mo_{IV}) en molybdate-V (Mo_{V}), ce qui engendre la formation d'un complexe phosphate / Mo_{V} de couleur verte, dans un milieu acide, dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en antioxydants (Prieto *et al.*, 1999).

L'activité antioxydante du miel en utilisant le molybdate est réalisée selon la méthode rapporté par Nagarajan *et al.* (2008). 1ml de la solution de miel (0,02 g/ml) est mélangé à 100 µl de la solution de phosphomolybdate (0,6 mol/l d'acide sulfurique, 26 mmol/l de phosphate de sodium et 4 mmol/l du molybdate d'ammonium), le mélange est porté au bain marie à 90 °C pendant 60 min et l'absorbance est lue à 695 nm. Les résultats sont exprimés en mg équivalent d'acide ascorbique par 100 g de miel (mg EAA/100 g) (annexe 2; figure8).

4- Analyse statistique

Une analyse descriptive des résultats est réalisée à l'aide du logiciel Microsoft Office Excel 2007, afin de calculer les moyennes, les écartypes et les coefficients de corrélation.

Une analyse de la variance (ANOVA) à un seul facteur suivie du test LSD (Least Significant Différence) est appliquée à l'aide du logiciel STATISTICA 5,5 Fr, afin de mettre en évidence les différences significatives entre les échantillons de miels pour chaque paramètre étudié. Les moyennes obtenues sont le résultat d'un essai pour le pouvoir rotatoire ; deux essais pour pH, conductivité électrique, protéines, couleur, flavonoïdes, flavonols, caroténoïdes, pouvoir réducteur, et activité antiradicalaire avec l'DPPH et trois essais pour l'humidité, la proline, les polyphénols, l'activité antiradicalaire avec l'ABTS et la méthode au phosphomolybdate.

Les résultats sont classés par ordre croissant : $a < b < c < d < e < f < g < h < i$ et les valeurs qui portent les mêmes lettre ne présentent pas de différences significatives.

Les résultats de certains miels ne sont pas présentés à cause de la quantité qui est insuffisante.

5- Enquête ethno-pharmacologique

L'enquête ethno-pharmacologique est menée auprès des habitants de la wilaya Bejaïa. Elle est portée sur l'utilisation du miel en thérapeutique et la connaissance de ses vertus.

Cette enquête est réalisée à l'aide d'un questionnaire (annexe 4) et elle a ciblé quatre régions :

- Région I : ville de Bejaïa.
- Région II : Sidi Aich, Akbou et Tazmalt.
- Région III : Tichy, Aokas et Souk El-Tenine.
- Région IV : Amizour, Beni Djellil et Tala Hamza.

80 personnes ont été interrogées dont 46 hommes et 34 femmes, leurs âges varient de 20 à 76 ans, avec 29 personnes de 20 à 30 ans (36,25 %), 16 personnes de 30 à 40 ans (16,25 %) et 38 personnes ont plus de 40 ans (47,5 %).

Des questions ont été posées essentiellement sur la connaissance des vertus thérapeutiques du miel, son utilisation pour leurs soins personnels et sur quels types de maladies, la consommation du miel par les enfants et à quelle fréquence est aussi évoqué.

Résultats et discussion

1-Caractéristiques physico-chimiques

1-1 Humidité

La teneur en eau est un critère de qualité utilisé essentiellement pour estimer le degré de maturité du miel et renseigne sur la stabilité du produit contre la fermentation durant la conservation (Juszczak *et al.*, 2009).

Les résultats obtenus pour les échantillons de miels analysés (figure 8) varient de 14,37 % (M23) à 21,24 % (M11), correspondant à un indice de réfraction entre 1,4835 et 1,5007. Les échantillons de miels M11, M20, M02 et M14 dépassent la limite autorisée par le codex alimentaire (20 %).

L'échantillon de miel provenant d'Iakouren (M11) a un taux d'humidité très élevé et présente une différence significative par rapport aux autres miels. Cependant, les échantillons M23 et M22 ont une teneur en eau très basse et ceci est due à la région de récolte de ces miels.

Les humidités obtenues sont similaires de celles de Serem *et al.* (2012) (14,52 à 20,73 %) pour les miels d'Afrique de sud, mais très différentes de celles rapportées par Mbogning *et al.* (2011) (16 à 35%) pour les miels du Cameroun. L'humidité du miel varie largement en fonction de l'origine florale, du climat et de la teneur en eau du nectar et/ou du miellat (Nanda *et al.*, 2003).

Les résultats de l'humidité par ordre croissant sont comme suit : (M23 = M22) < M5 < M18 < (M21 = M10) < M3 < M16 < (M7 = M6 = M13) < M17 < M24 < (M15 = M8 = M12) < (M1 = M19) < M9 < (M4 = M14) < (M2 = M20) < M11 ($p < 0,05$).

1-2 pH

Tous les miels sont acides avec une valeur du pH qui se situe entre 3,5 et 5,5, cette acidité est due à la présence des acides organiques qui contribuent à la stabilité du miel contre la détérioration microbienne. Dans le miel, l'acide organique principal est l'acide gluconique (Bogdanov *et al.*, 2004).

La valeur du pH est d'une grande importance lors de l'extraction et du stockage du miel. La texture, la stabilité ainsi que la durabilité de celui-ci sont affectées par le pH (Terrab *et al.*, 2002).

Les échantillons de miels analysés présentent des valeurs comprises entre de 3,69 (M05) et 4,93 (M22), excepté le miel de Ghardaïa (M23) qui a une valeur du pH de 6,23 (figure 9). Ces résultats sont similaires à ceux obtenues par Chakir *et al.* (2011) (3,91 à 4,93) pour les miels Marocains et ceux rapportés par Ouchemoukh *et al.* (2007) (3,52 et 5,13) pour des échantillons de miels Algériens.

Les résultats obtenus rentrent aussi dans l'intervalle des pH trouvé par De Rodriguez *et al.* (2004) sur les miels multif floraux Vénézuéliens (3,3 à 4,3). Par conséquent, le pH ne dépend pas de l'origine géographique.

D'après Gonnet (1982), le pH est un facteur qui permet de déterminer l'origine florale. Les miels de nectar ont un pH compris entre 3,5 et 4,5; ceux de miellat ont un pH allant de 4,5 à 5,5. Donc les miels analysés sont des miels de nectar exception faite pour le miel M23 qui pourrait être un miel de miellat.

1-3 Conductivité électrique

La mesure de la conductivité électrique est un bon critère pour déterminer l'origine botanique d'un miel (Bogdanov *et al.*, 1999). Elle est étroitement liée à la concentration des sels minéraux et des acides organiques (Chakir *et al.*, 2011).

Les miels de nectar ont une conductivité inférieure à 0,8 mS/cm et les miels de miellat possèdent une conductivité électrique supérieure à 800 mS/cm (Lequet, 2010).

Les valeurs de la conductivité électrique pour les miels analysés varient 0,26 mS/cm pour le miel de Laghouat (M22) à 1,13 mS/cm pour le miel d'Oued-Das (M03) (figure 10). Les valeurs obtenues sont incluses dans l'intervalle de valeurs rapportées par Ouchemoukh *et al.* (2007) sur certains miels Algériens (0,210 à 1,610 mS/cm) et Chakir *et al.* (2011) sur les échantillons de miels Marocains (0,119 à 1,741 mS/cm).

Les échantillons de miels M11, M12 et M03 ont une conductivité supérieure à 0,8 mS/cm. Ce sont probablement des miels de miellats, le reste des échantillons sont des miels de nectar car leur conductivité est inférieure à 0,8 mS/cm.

Le miel M03 a la conductivité électrique la plus élevée et le résultat obtenu diffère significativement des autres conductivités. Les miels M21 et M22 possèdent la même conductivité électrique ($p < 0,05$) qui est très basse.

les différences obtenues dans les conductivités électriques des miels analysés peuvent être dues à leur composition en substances ionisables (minéraux, protéines, acides organiques,...) (Juszczak *et al.*, 2009).

1-4 Protéines

Les protéines du miel proviennent du nectar, des sécrétions d'abeilles ou des graines de pollen (Won *et al.*, 2008).

Les résultats obtenus pour les échantillons de miels analysés varient de 5,59 mg EBSA/100g pour le (miel d'El-kseur M01) à 48,78 mg EBSA/100 g (miel de Oued-Das, M03) (figure 11). Ces résultats sont différents de ceux obtenus par Serem *et al.* (2012) sur les échantillons de miels d'Afrique de Sud (620 à 1290 mg/100 g) et Saxena *et al.*, (2010) pour les miels Indiens (48 à 2290 mg/100 g). Ces différences sont probablement dues aux origines botaniques et géographiques des miels (Bogdanov *et al.*, 2004).

La teneur en protéines de l'échantillon M03 est la plus élevée et diffère significativement par rapport aux autres échantillons de miels analysés.

La majorité des résultats obtenus présentent une différence significative dans la teneur en protéines, exception faite pour les échantillons M15 et M05 ; M18 et M08 ; M04, M06, M13, M9, M10, M19 et M12 ; M16, M07 et M20 ; M23, M11 et M02.

1-5 Proline

La proline est l'acide aminé principal dans le miel, il provient principalement des sécrétions salivaires d'abeilles et il est considéré comme un critère de maturité (Meda *et al.*, 2005) et d'adultération du miel lorsqu'il est au dessous de 183 mg/kg (Bogdanov *et al.*, 2004).

Les résultats obtenus pour les échantillons de miel analysés varient de 372,23 à 2627,97 mg/kg pour le miel de Oued-Das (M07) et celui de Laghouat (M19), respectivement (figure 12). Ces résultats sont proches de ceux rapportés par Meda *et al.* (2005) sur les miels de Burkina Faso (629,20 à 2169,4mg/kg), Mais distincts de ceux rapportés par Ouchemoukh *et al.* (2007) (202 et 680 mg /kg) sur les échantillons de miels Algériens.

Les échantillons de miel M20 et M19 présentent des taux élevés en proline et présentent des différences significatives par rapport aux autres teneurs.

Les résultats obtenus indiquent que les miels analysés sont authentiques (non falsifiés) et mûrs. Selon Wu *et al.* (2003), la proline provient majoritairement des sécrétions salivaires des abeilles.

1-6 Couleur

La couleur est un critère très utile pour l'indication de l'origine, de la classification et de la qualité du miel (Juszczak *et al.*, 2009). La couleur des échantillons analysés varient de jaune clair au marron foncé, exception faite pour (M14) qui a une couleur verte.

Les résultats obtenus pour ce paramètre varient de 0,34 (M15) à 1,93 (M07) (figure 13). Cette variation de la couleur est attribuée à l'origine florale, la température et durée de conservation du miel (Bertoncelj *et al.*, 2007), ainsi qu'à la concentration en sels minéraux Gonzalez-Miret *et al.*, 2005).

L'échantillon de miel M07 présente l'absorbance la plus élevée et diffère significativement par rapports aux autres échantillons de miels analysés.

Les composés phytochimiques interviennent plus ou moins directement sur la couleur par l'intermédiaire des flavonoïdes et des caroténoïdes responsable de la couleur jaune typique des miels de tournesol (Amiot *et al.*, 1989).

Ceci confirme les bonnes corrélations obtenues entre la couleur et les composés phénoliques totaux ($r = 0,79$) (figure 26) et entre la couleur et les flavonoïdes ($r = 0,83$) (figure 26).

1-7 Pouvoir rotatoire

Bogdanov *et al.* (2005) indiquent que les miels de miellats sont en général dextrogyres et ceux du nectar sont lévogyres.

Les résultats obtenus (Tableau VI) varient de -1,8 (miel de Ghardaïa, M24) à -8,72 (miel de Tizi-Ouzou, M11) et tous ces échantillons sont lévogyres.

L'échantillon de miel d'El-Flaye (M21) est dextrogyre, il a un pouvoir rotatoire de 0,73. Cet échantillon pourrait être issu du miellat ou d'un mélange de nectar et du miellat.

Il existe aucune différence significative entre les échantillons de miels M5, M23, M3, M12 et M6. Idem pour les échantillons M13, M04, M20 et M22.

L'échantillon du miel M11 a le plus faible pouvoir rotatoire qui diffère significativement par rapport aux autres échantillons de miels analysés.

Le pouvoir rotatoire des échantillons de miels analysés est distinct de celui obtenu par Nanda *et al.* (2003) (-9,3 et -6,18). Ces résultats sont aussi distincts de ceux rapportés par Persanno-Oddo *et al.* (1995).

Tableau VI: Pouvoir rotatoire des échantillons de miels analysés.

E	M21	M24	M5	M23	M3	M12	M6	M2	M13	M4	M20	M22	M16	M11
P R	0,73 ^a	-1,8 ^{bc}	-3,08 ^{cd}	-3,13 ^{cd}	-3,13 ^{cd}	-3,89 ^{cd}	-3,9 ^{cd}	-3,98 ^d	-4,43 ^{de}	-5,08 ^{de}	-5,0 ^{de}	-5,2 ^{de}	-6,35 ^e	-8,72 ^f

E= Echantillons

P R= Pouvoir Rotatoire

2-Antioxydants et activités antioxydantes

2-1 Antioxydants

2-1-1 Polyphénols totaux

Le réactif du folin ciocalteu est utilisée pour le dosage des phénols totaux et ceci malgré son interférence avec les composés non phénoliques (essentiellement l'acide ascorbique, quelques sucres et acides aminés) pouvant ainsi induire des erreurs dans les résultats obtenus. Cependant, elle reste la méthode la plus utilisée pour la détermination des teneurs en polyphénols totaux.

La majeure partie des polyphénols du miel ont pour origine la propolis. La teneur du miel en ces substances dépend de la manière dont la propolis est distribuée dans la ruche (Weston *et al.*, 1999).

Les résultats obtenus pour les échantillons de miels analysés varient de 6,87 pour le miel de Blida (M15) à 59,43 mg EAG/100 g pour les miels de Oued-Das (M04 et M07) (figure 14). Ces résultats sont distincts de ceux rapportés par Al-Mamary *et al.* (2002) sur les miels de Yemen (56,32 - 246,21 mg EAG/100 g), Ouchemoukh *et al.* (2007) (64 - 1304 mg EAG/100 g) et Jasicka-Misiak *et al.* (2012) pour des miels Polonais (59,9 à 121,4 mg EAG/100 g). Les résultats obtenus sont supérieurs à ceux rapportés par Lachman *et al.* (2010) pour 40 échantillons de miels Tchèques (8,36 à 24,25 mg EAG/100 g).

Ces variations en composés phénoliques s'expliquent par l'origine botanique et/ou géographique d'un miel (Ouchemoukh, 2012).

Les échantillons de miel M04 et M07 présentent des taux élevés en composés phénoliques qui présentent une différence significative par rapport aux autres teneurs.

Généralement, le contenu des miels clairs en composés phénoliques est inférieur à celui des miels foncés (Jasicka-Misiak *et al.*, 2012), ce qui est confirmé par la présente étude car l'échantillon du miel M15 a une faible teneur en phénols totaux et une couleur jaune très clairs, néanmoins, la couleur des miels M04 et M07 est marron foncés et sont riches en composés phénoliques. Les résultats obtenus entre les teneurs en phénols et la couleur montre une bonne corrélation ($r = 0,79$) (figure 26).

La teneur en polyphénols des miels analysés par ordre croissant est comme suit :

M15 < M21 < M16 < M5 < M14 < (M23 = M13 = M22) < M1 < M18 < M19 < (M10 = M24 = M2 = M6) < M12 < M2 < M11 < M17 < (M9 = M3 = M8) < (M4 = M7) ($p < 0,05$).

2-1-2 Flavonoïdes

La figure 15 montre les concentrations en flavonoïdes des miels étudiés. Ces teneurs varient de 6,3 à 34,66 mg EQ/100 g pour les échantillons de miels de Blida (M15) et de Biskra (M18), respectivement.

Les résultats obtenus sont distincts de ceux rapportés par Al *et al.* (2009) pour les échantillons de miels d'Acacia de la Roumanie (0,91 à 2,42 mg EQ/100g), par contre elles sont de 11,53 à 15,33 mg EQ/100 g pour le miel de tournesol.

Les résultats rapportés par Meda *et al.* (2005) varient de 0,17 à 7,13 mg EQ/100g pour des échantillons du miel de Burkina Faso. Ces résultats sont inférieurs à ceux observés pour les échantillons de miels analysés.

Il n'y a pas de différence significative ($p < 0,05$) entre les échantillons M23, M13 et M05 idem pour les échantillons M16, M02, M11 et M20, et aussi pour les échantillons M20, M03 et M07. D'après Soler *et al.* (1995), la concentration en flavonoïdes dépend de l'origine florale. Ainsi, les flavonoïdes peuvent être issus, aussi bien de la propolis et/ou de la cire d'abeilles, que du nectar ou du pollen. Ceci pourrait expliquer la variation de la teneur en flavonoïdes des échantillons analysés.

2-1-3 Flavonols

Le taux en flavonols pour les échantillons de miel analysés varie de 4,49 pour le miel de Blida (M15) à 38,59 mg EQ/100 g pour le miel d'Oued-Das (M03) (figure 16).

L'échantillon M03 présente la teneur la plus élevée en flavonols et présente une différence significative par rapport aux autres échantillons de miels analysés.

Les résultats obtenus sont similaires aux résultats obtenus pour les flavonoïdes ceci pourrait s'expliquer par le fait que les flavonols constituent la majeure partie des flavonoïdes. Les échantillons de miel M03 pourrait contenir en plus des flavonols d'autres flavonoïdes c'est pour ça qu'il présente un taux supérieur à celui des flavonoïdes.

La teneur la plus basse revient à l'échantillon M15 de Blida, ceci est peut être due à la couleur clair de cet échantillon.

La teneur en flavonols des miels analysés par ordre croissant est comme suit :

M15 < M5 < M13 < M23 < M21 < M16 < M22 < M11 < (M24 = M12) < (M20 = M7) < M1 < (M6 = M17) < (M18 = M2 = M19) < M4 < M8 < M3 ($p < 0,05$).

2-1-4 Caroténoïdes

Le miel possède une teneur faible en caroténoïdes (Gonnet, 1982). Ceci est confirmé pour les échantillons de miels analysés qui varient de 0,08 pour le miel El-kseur (M01) à 0,303 mg équivalent β -Carotène (E β C/100g) pour l'échantillon de miel de Biskra (M18) (figure 17).

Les résultats rapportés par Ferreira *et al.* (2009) qui est de 0,949 mg/100g de β -Carotène pour le miel foncé du Portugal, en utilisant une méthode différente avec un mélange d'hexane/acétone (6 :4), sont supérieurs aux résultats représentés pour les échantillons de miels analysés.

Les résultats obtenus sont proches de ceux rapportés par Ouchemoukh, (2012) pour les échantillons de miels polyfloraux Algériens (0,01 à 0,11 mg E β C/100g de miel).

Les échantillons M18, M19 et M20 ont la teneur la plus élevée en caroténoïdes avec une différence significative ($p < 0,05$) comparés aux autres échantillons de miels analysés.

3-Activités antioxydantes

3-1 Activité antiradicalaire avec le DPPH

L'activité antiradicalaire, basée sur la réduction du radical DPPH^{*}, estime le taux de neutralisation du radical par les constituants des échantillons de miels. Elle est très utilisée du fait de sa rapidité et de sa reproductibilité.

La figure 18 montre le pouvoir antiradicalaire des échantillons de miels analysés variant de 9,61 pour le miel Benidouala (M12) à 77,53 % pour le miel de Djurdjura (M08). Ces résultats sont différents de ceux rapportés par Al *et al.* (2009) sur les miels de la Roumanie (35,80 à 64,83 %).

Les échantillons de miels M04 et M08 présentent des activités antiradicalaires élevés et diffèrent significativement des autres miels, ceci est probablement due à leurs richesse en polyphénols totaux et en flavonoïdes. Par contre, l'échantillon du miel M12 présente l'activité antiradicalaire la plus faible.

Les échantillons de miels M03, M07 et M20 présentent respectivement un pouvoir antiradicalaire moyen de 42,68, 35,91 et 34,93 %.

Les miels issus de la région saharienne [Biskra (M18), Laghouat (M19 et M22) et Ghardaïa (M23 et M24)] présentent un pouvoir antiradicalaire similaire d'environ 27% ($p < 0,05$).

Aljadi *et al.* (2004) a montré que la variation de l'activité antioxydante est due à la qualité et à la quantité des composés phénoliques présents dans le miel.

L'activité antiradicalaire avec le DPPH des différents échantillons de miels analysés présente une différence significative. Ils sont classés par ordre croissant comme suit :

M12 < M14 < M13 < M15 < (M5 = M19 = M11 = M21) < (M6 = M1) < (M16 = M18 = M24) < M22 < M23 < M2 < M17 < M20 < M3 < M7 < (M4 = M8).

3-2 Activité antiradicalaire avec l'ABTS

L'activité antiradicalaire par l'ABTS des différents miels étudiés varie de 9,87 (M21) et de 11,95 à 106,57 mg ET/100 g (M08) (figure19).

Les échantillons de miels M08, M04 et M07 présentent une activité antiradicalaire élevée et elle distincte significativement par rapport aux autres échantillons. Ces différences sont attribuées aux origines botaniques, à la présence de maints agents antioxydants tels que les flavonoïdes, les acides phénoliques, les vitamines C et E (Al-Mamary *et al.*, 2002).

Les échantillons de miel M21 et M23 ont la plus faible activité antiradicalaire et présentent aucune différence significative.

Une activité antiradicalaire similaire est observée pour les échantillons du miel d'Oued-Das (M04 et M07) malgré les dates différentes de la récolte. L'échantillon du miel M03 a un faible pouvoir antioxydant comparé à ceux de oued-Das, ceci est probablement dû à leur composition chimique, essentiellement en leur teneur en flavonoïdes et autres composés phénoliques.

La majorité des résultats obtenus présentent une différence significative dans leur activité radicalaire, exception faite pour les échantillons : M02 et M23 ; M17, M22, M05 et M18 ; M20 et M15 ; M13, M19 et M16 ; M2 et M11 ; M3 et M6 ; M7 et M4.

3-3 Pouvoir réducteur

Le pouvoir réducteur permet d'estimer la capacité réductrice d'un composé par la réduction du fer ferrique (Fe^{3+}) en fer ferreux (Fe^{2+}) (Kücük *et al.*, 2007) et Le pouvoir réducteur des échantillons de miel présente des différences significatives, il varie de 9,25 pour l'échantillon de miel d'El-Flaye (M21) à 109,30 mg EAG/100 g pour l'échantillon de miel de Laghouat (M22) (figure 20).

Le pouvoir réducteur élevé pour le miel de Laghouat (M22) n'est pas dû à sa teneur en polyphénols totaux et en flavonoïdes. Cette activité élevée revient probablement à d'autres molécules non analysées tels que les acides organiques, les enzymes et l'acide ascorbique, ce dernier représente un pouvoir réducteur élevé selon Ferreira *et al.* (2009).

Les échantillons du miel de Tiaret (M16) et de Ghardaïa (M23) qui possèdent une bonne activité réductrice, ceci est probablement dû à leur teneur élevée en proline.

Selon Kücük *et al.* (2007), le pouvoir réducteur du miel est dû à la somme des activités réductrices partielles de ses composés réducteurs.

3-4 Méthode au phosphomolybdate

La figure 21 montre les résultats de l'activité antioxydante des échantillons de miels obtenue en se basant sur la réduction de phosphomolybdate Mo (IV) en Mo (V). Cette activité est variable et elle est comprise entre 6161,85 (M07) et 10887,03 mg EAA/100 g (M15). L'échantillon du miel de Blida (M15) présente l'activité antioxydante par le phosphomolybdate la plus élevée malgré sa faible teneur en polyphénols totaux et en proline. Cette activité élevée est probablement due aux types d'antioxydants qui se trouvent dans le miel.

Le pouvoir antioxydant est influencé par plusieurs facteurs dans la molécule antioxydante. La structure, le nombre de groupements hydroxyles attachés au noyaux phénoliques et le nombre de noyaux aromatiques jouent un rôle crucial dans l'activité antioxydante (Balasundram *et al.*, 2006).

L'échantillon de miel d'Oued-Das (M07) possède l'activité antioxydante la plus faible avec le phosphomolybdate qui diffère significativement par rapport aux autres échantillons.

Les échantillons de miels M04, M11, M03 et M06 ne présentent aucune différence significative en leur pouvoir antioxydant, idem pour les échantillons M08, M20 et M19 et aussi pour M01, M17 et M16.

4- Corrélations entre antioxydants et activités antioxydantes

Plusieurs études ont effectué des corrélations linéaires entre les antioxydants et l'activité antioxydante et montrent l'existence ou pas de corrélation entre eux.

Les composés phénoliques présentent une corrélation très hautement significative avec le pouvoir antioxydants par DPPH des échantillons de miels analysés avec des coefficients de corrélation de 0,75, 0,69, 0,55 pour les polyphénols, flavonoïdes et les flavonols, respectivement (figure 22). Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par Ouchemoukh (2012) ($r = 0,77$ pour les phénols totaux et 0,67 pour les flavonoïdes), Aljadi et Kamaruddin (2004) et Ferreira *et al.*, (2009) ($r = 0,86$; $r = 0,92$ pour les phénols totaux, respectivement).

Une corrélation très hautement significative est rapportée pour l'activité antiradicalaire avec les flavonoïdes par Al *et al.* (2009) ($r = 0,91$). Ce qui confirme les résultats obtenus pour les échantillons de miel analysés avec un coefficient de corrélation de 0,69.

Une corrélation très hautement significative est obtenue entre l'activité antioxydante avec l'ABTS et les teneurs en phénols totaux, flavonoïdes et flavonols ($r = 0,83$; $r = 0,62$; $r = 0,54$, respectivement) (figure 23).

Des corrélations linéaires entre les antioxydants et l'activité antioxydante utilisant le phosphomolybdate sont représentées dans la figure 24.

Une corrélation très hautement significative est obtenue entre l'activité antioxydante par le phosphomolybdate et les taux en phénols totaux, flavonoïdes et flavonols ($r = 0,64$; $r = 0,37$ et $r = 0,43$, respectivement).

Il n'existe pas de corrélation entre les polyphénols totaux et le pouvoir réducteur pour les échantillons de miel analysés.

Les polyphénols manifestent une corrélation très hautement significative avec les flavonoïdes et les flavonols ($r = 0,77$; $r = 0,69$, respectivement). En outre les flavonoïdes sont en relation positive avec les flavonols ($r = 0,80$; $p < 0,001$) (figure 25).

Les résultats obtenus pour les phénols totaux et les flavonoïdes sont en accord avec ceux rapportés par Al *et al.* (2009) avec un coefficient de corrélation de 0,83.

Les taux des phénols totaux, des flavonoïdes et des flavonols présentent des corrélations très hautement significatives avec la couleur ($r = 0,79$, $r = 0,83$ et $r = 0,81$ respectivement). Ces résultats sont similaires à ceux rapportés par Isla *et al.* (2011) entre la couleur et les phénols totaux et les flavonoïdes ($r = 0,95$ et $r = 0,98$, respectivement) (figure 26).

La couleur présente aussi des corrélations très hautement significatives avec les activités antioxydantes (activité antiradicalaire avec DPPH, $r = 0,57$; activité antioxydante par la méthode au phosphomolybdate, $r = 0,51$ et activité antiradicalaire avec l'ABTS, $r = 0,66$) (figure 26).

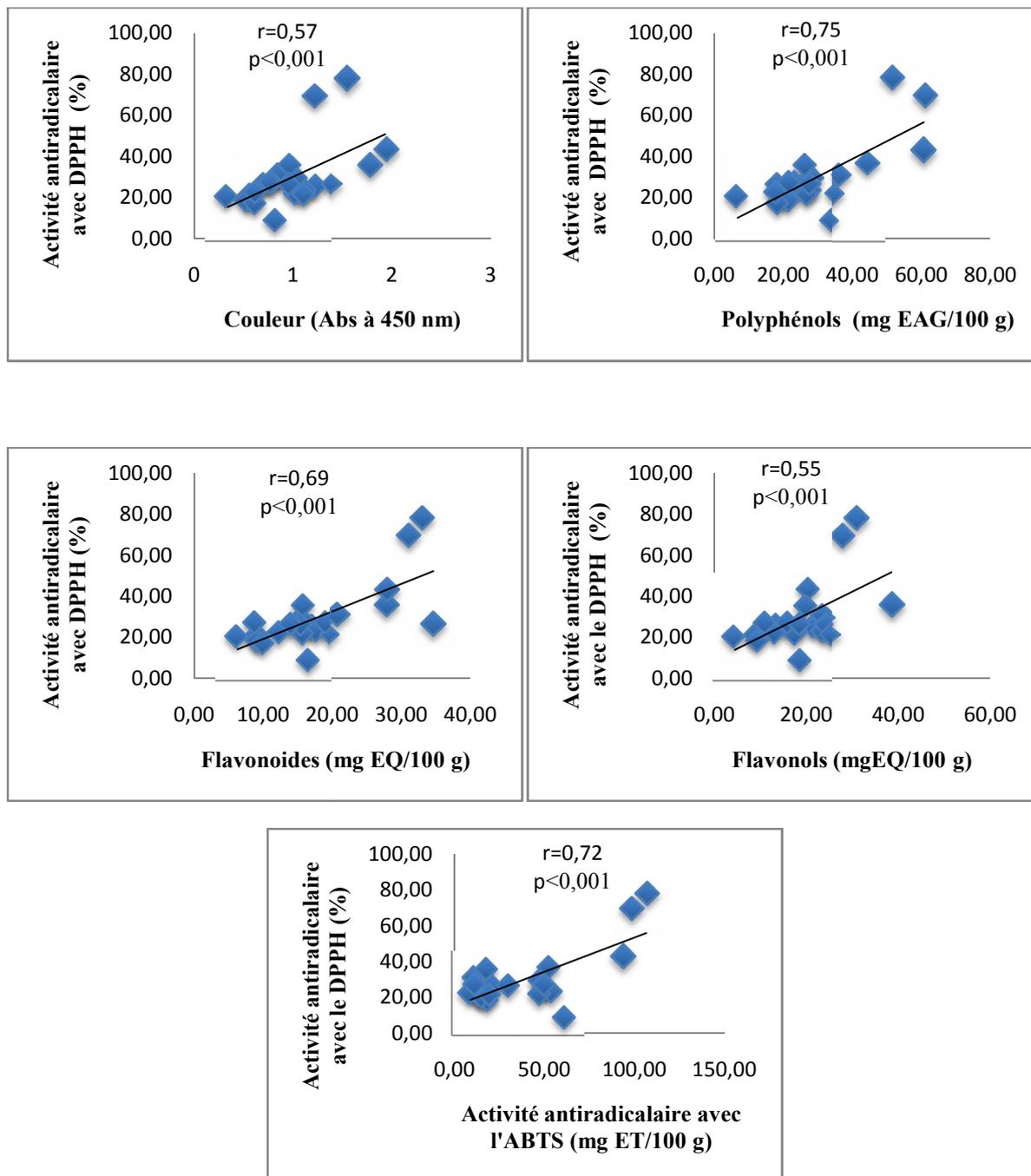


Figure 22 : Corrélation entre l'activité antiradicalaire avec le DPPH et les antioxydants.

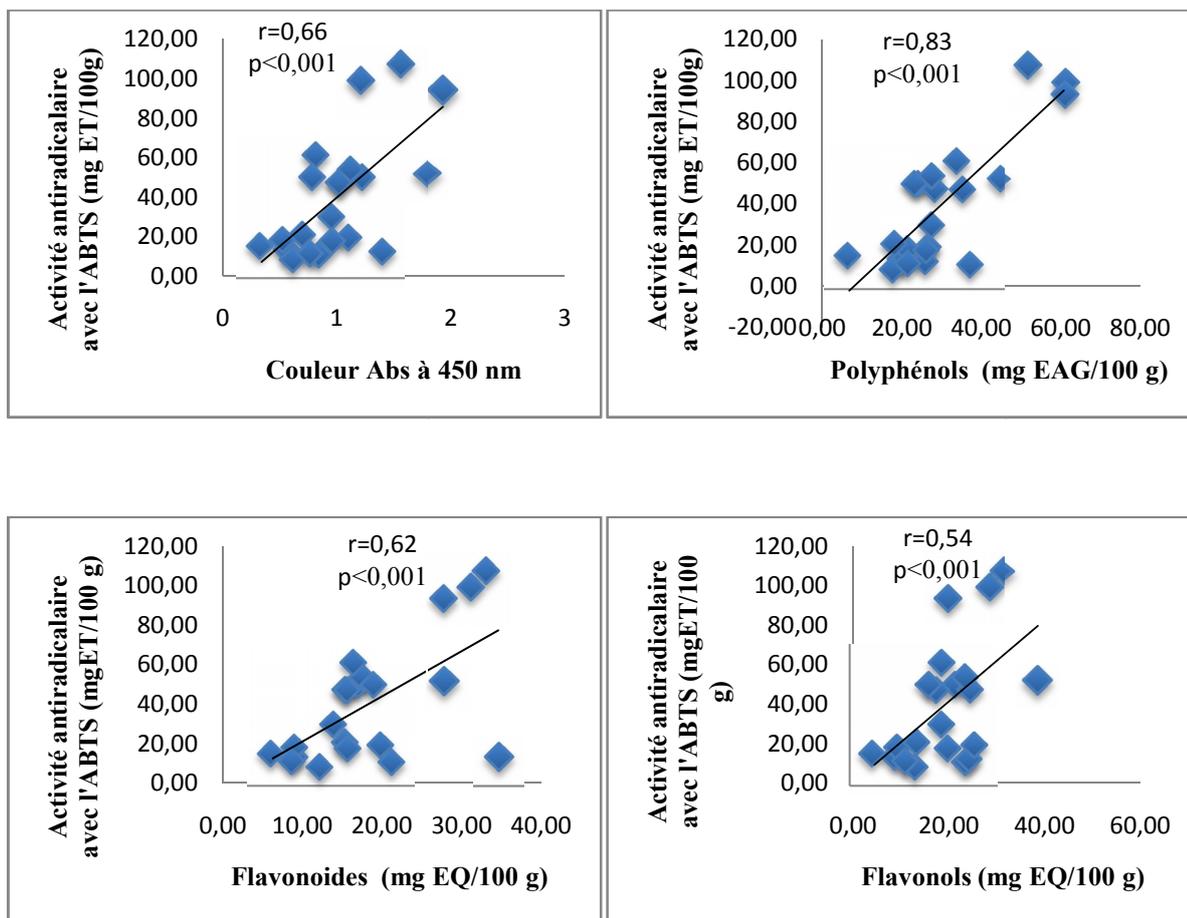


Figure 23 : Corrélation entre l'activité antiradicalaire avec l'ABTS et les antioxydants.

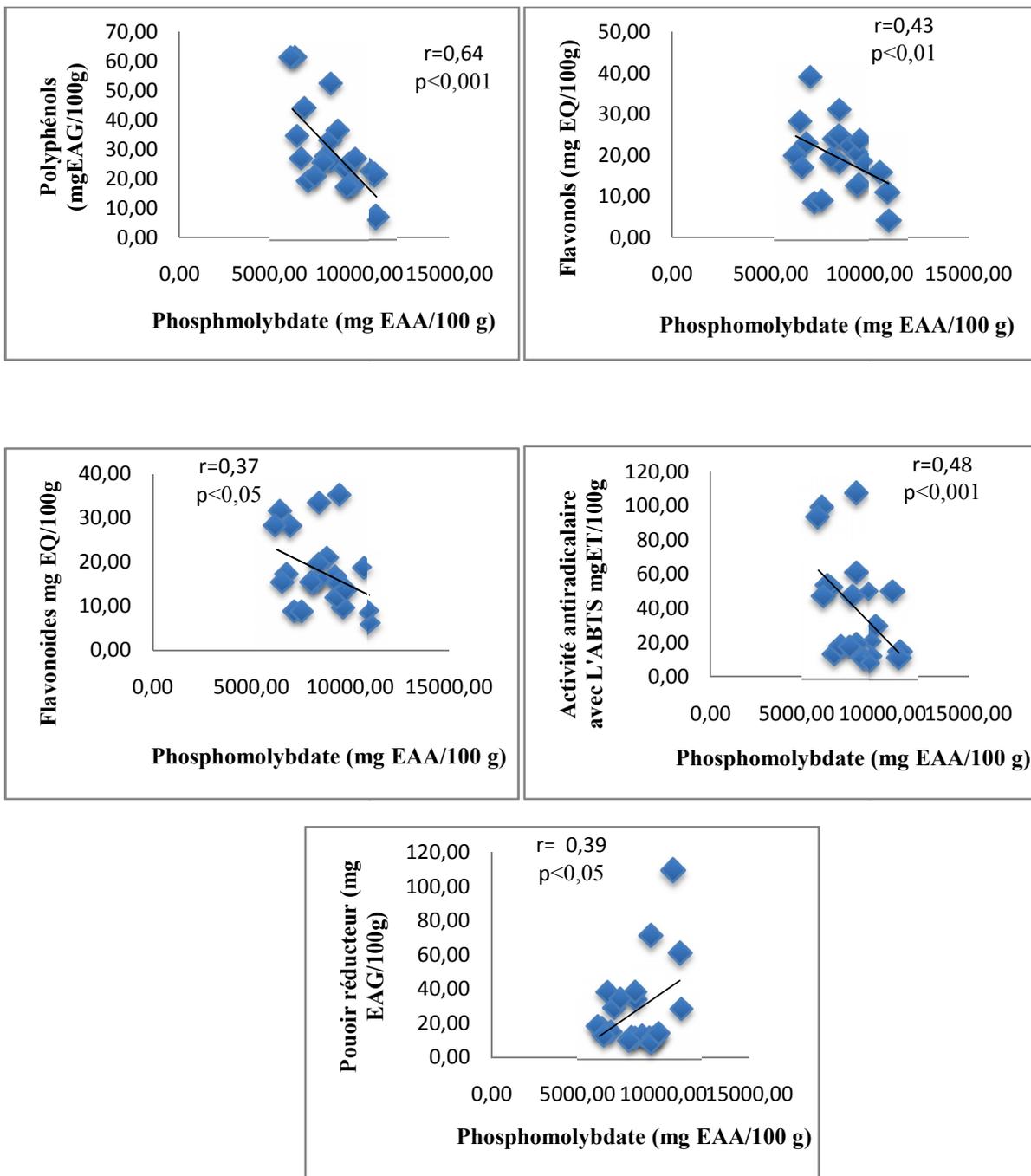


Figure 24 : Corrélation entre l'activité antioxydante au phosphomolybdate avec les antioxydants.

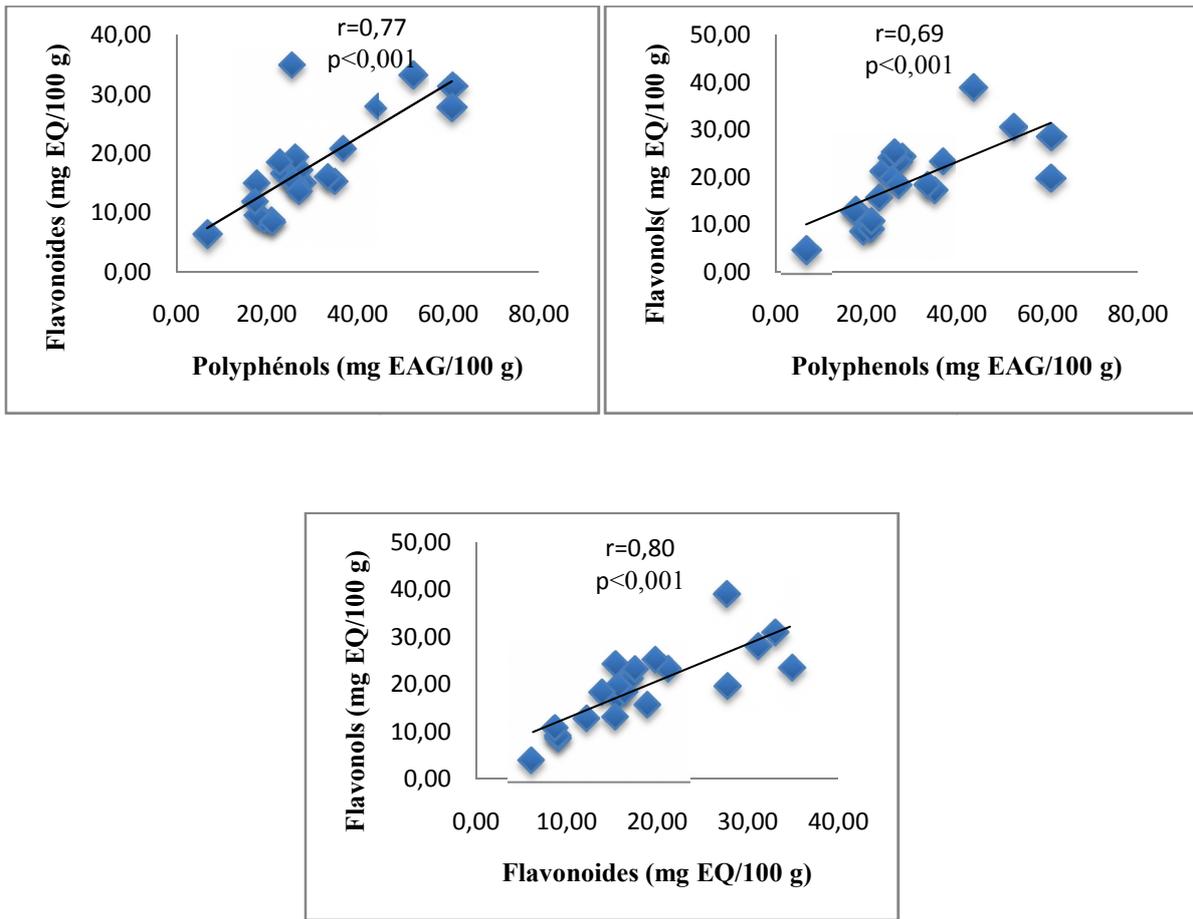


Figure 25 : Corrélation entre les antioxydants.

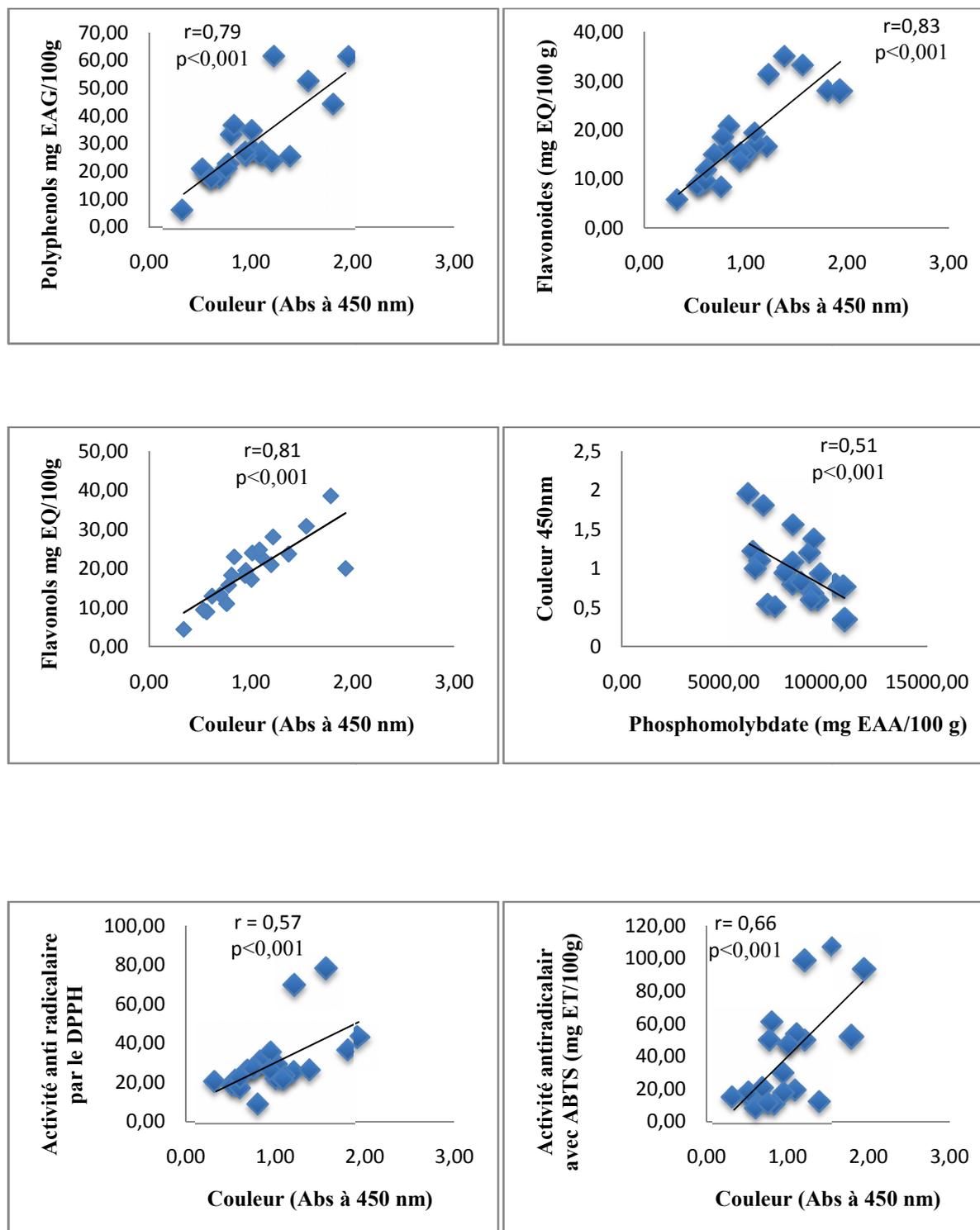


Figure 26 : Corrélation entre la couleur, les activités antioxydantes et les antioxydants.

5- Enquête ethno-pharmacologique

L'enquête réalisée a pour but d'évaluer l'importance du miel dans le traitement des maladies, le degré de consommation et l'utilisation des produits de la ruche (Tableau VII).

Tableau VII: Répartition des personnes interrogées selon la région, niveau académique, degré de consommation du miel.

Région		Hommes		Femmes		Total	
		Effectif	Pourcentage (%)	Effectif	Pourcentage (%)	Effectif	Pourcentage (%)
Région	Bejaia (Ville)	26	56,52	23	67,64	49	61,25
	Sidi-aich, Akbou...	10	21,73	07	20,58	17	21,25
	Tichy, Aokas...	04	08,69	02	05,88	06	07,50
	Amizour, Benidjelil...	06	13,04	02	05,88	08	10
Niveau académique	Néant	04	08,96	01	02,94	05	06,25
	Primaire	04	08,96	01	02,94	05	06,25
	Secondaire	21	45,62	04	11,76	25	31,25
	Universitaire	17	36,95	27	79,41	44	55
	Autre	/	/	01	02,94	01	01,25
degré de consommation	Souvent	09	19,56	04	11,76	13	16,25
	Rarement	14	30,43	10	29,41	24	30
	Occasionnellement	23	50	16	47,05	39	48,75
	Jamais	/	/	04	11,76	04	5

D'après les résultats obtenus, la majorité des personnes interrogées sont originaire de la ville de Bejaïa avec 61,25 % correspondant à 49 personnes et 55 % ont un niveau universitaire.

La consommation du miel occasionnelle et rare avec des pourcentages élevés 48,75 % et 30 %, respectivement, par les personnes interrogées revient principalement à son prix élevé du miel, et à certains problèmes rencontrés lors de sa digestion telles que : les allergies, les dermatoses, les douleurs d'estomac, les vomissements, les irritations de la gorge.

Ces effets indésirables sont souvent rencontrés chez les femmes avec 26,41 %, ceci est dû à l'utilisation externe du miel pour l'esthétique (comme masque de beauté). Ceux qui consomment souvent le miel sont des apiculteurs.

Sur les 80 personnes interrogées 68,75 % donnent le miel à leurs enfants et 85 % l'utilise pour leurs soins personnels, dans le but de traiter plusieurs maladies (Tableau VIII)

Tableau VIII: Utilisation du miel par les personnes interrogées et son degré de consommation par les enfants.

		Hommes		Femmes		Total	
		Oui	Non	Oui	Non	Oui	Non
Enfants	Nombres	36	10	19	15	55	25
	Pourcentage (%)	78,26	21,73	55,88	44,11	68,75	31,25
Personnes interrogées	Nombres	40	06	28	06	68	12
	Pourcentage (%)	86,96	13,04	82,35	17,64	85	15

Ces résultats sont différents de ceux rapportés par (Meda, 2005), sur les 187 familles 81,3 % donnent de temps en temps du miel à leurs enfants, 18,7 % leur donnent régulièrement et 9,6 % des enfants ne consomment pas le miel. La non consommation du miel dans l'étude de cet auteur est dû à aux problèmes gastriques (maux de ventre, vomissement et diarrhée).

Le tableau donne les types de maladies traités par les personnes interrogées et la fréquence d'utilisation pour chaque maladie.

Tableau IX: Différentes maladies traitées par le miel.

	Hommes		Femmes		Total	
	Effectif	Pourcentage (%)	Effectif	Pourcentage (%)	Effectif	Pourcentage (%)
Rhum	10	21,73	05	14,70	15	18,75
Toux	11	23,91	05	14,70	16	20
Cicatrisation	03	06,52	11	32,35	14	17,50
Brûlure	02	04,34	02	05,88	04	5
Angine	11	23,91	07	20,58	18	22,50
Fortifiant (fatigue)	05	10,86	01	02,94	06	07,50
Douleurs	02	04,34	01	02,94	03	03,75
Grippe	11	23,91	11	32,35	22	27,50
Maux d'estomacs	04	08,69	03	08,82	07	08,75
Esthétique	/	/	12	35,29	12	15
Maladies pulmonaires	01	02,17	02	05,88	03	03,75
Hémorroïde	/	/	01	02,94	01	01,25

Les maladies les plus traitées par le miel (figure 27) sont les infections respiratoires (rhum, toux et maladies pulmonaires) avec des pourcentages de 18,75 ; 20 et 3,75 %, respectivement. La cicatrisation des plaies avec le miel est utilisée par 17,5 %. Le pourcentage de ceux qui le pratique pour le traitement des gripes et des angines est de 27,50 et 22,5 %, respectivement. D'après Méda (2005), la principale utilisation du miel est pour traiter les règles douloureuses (45,64 %), les maladies gastro-intestinales (29,23 %) et les infections respiratoires (21,03 %) à cause des propriétés anti-inflammatoires et antibactériennes du miel.

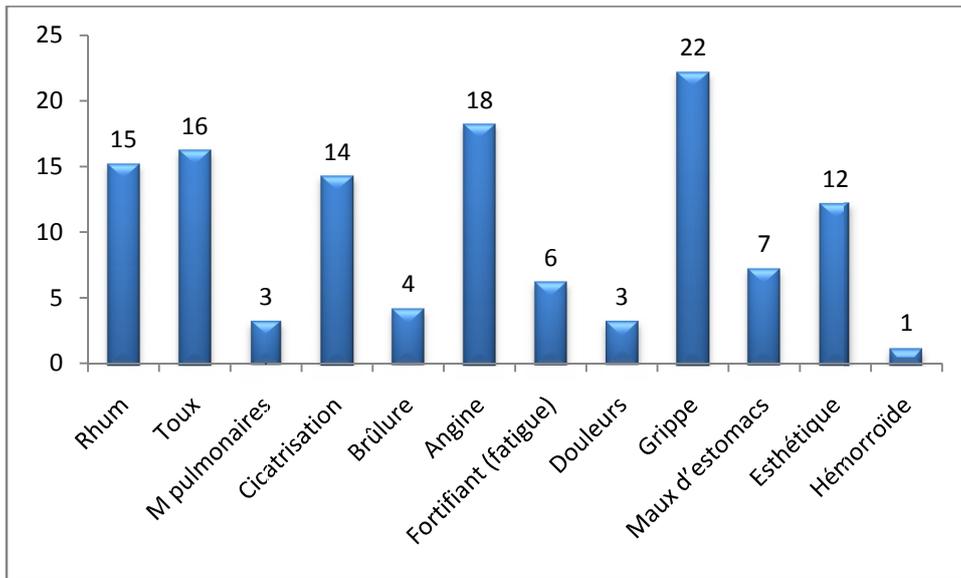


Figure 27: Effectif des utilisations du miel en thérapeutiques.

M.= maladies

Les personnes interrogées consomment le miel seul avec un pourcentage de 48,75 % comme le montre la figure suivante.

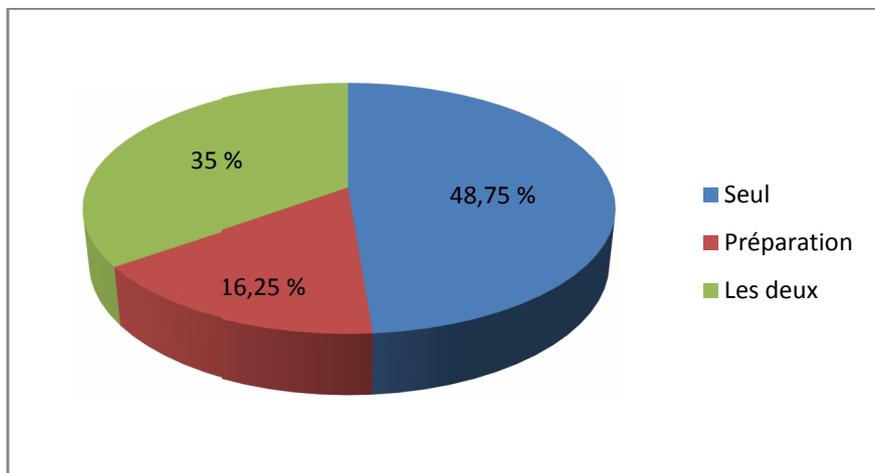


Figure 28: Proportion relative (%) sur la manière d'utilisation du miel.

Ceux qui utilisent le miel sous forme d'une préparation sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau X : Utilisation du miel sous forme de préparation.

	Hommes			Femmes			Total	
	Nombre	Pourcentage (%)		Nombre	Pourcentage (%)		Nombre	Pourcentage (%)
Citron	13	28,26		13	38,23		26	32,50
Tisane	08	17,39		09	26,47		17	21,25
Lait	04	08,69		04	11,76		08	10
Thé	01	02,17		/	/		01	01,25
Gingembre	01	02,17		01	02,94		02	02,50
L'huile	/	/		07	20,58		07	08,75
Œufs	/	/		09	26,47		09	11,25

Les résultats obtenus montrent clairement que les personnes interrogées utilisent le miel seul pour ces propriétés nutritives et thérapeutiques, mais ceux qui l'utilisent sous forme d'une préparation le mélange souvent avec du citron ou de la tisane.

Les personnes interrogés utilise peu les autres produits de la ruche (tableau), sur un effectif de 80 personnes seul 39 les utilise, pour un pourcentage de 48,75 %. Le tableau suivant nous indique les autres produits de la ruche utilisés et avec qu'elle fréquence.

Tableau XI: Utilisation des autres produits de la ruche.

	Hommes			Femmes			Total	
	Nombre	Pourcentage (%)		Nombre	Pourcentage (%)		Nombre	Pourcentage (%)
Pollen	03	06,52		07	20,58		10	12,50
Propolis	02	04,34		05	14,70		07	08,75
Gellée royale	15	36,60		11	32,35		26	32,50
Cire	12	26,08		13	38,23		25	31,25

Cette étude montre que les personnes interrogées consomment le miel malgré son coût élevé, il figure dans l'habitude alimentaire de la population de la wilaya de Bejaïa. Les autres produits de la ruche sont aussi utilisés avec une faible fréquence. Le miel est surtout utilisé pour ces propriétés curatives pour le traitement de différentes maladies à savoir les infections respiratoires

(toux, rhume et maladie pulmonaire). Il est aussi utilisé pour le traitement des angines, la cicatrisation des plaies et les gripes...etc.). Cependant, la consommation du miel est à l'origine de certaines effets indésirables tels que : les allergies et les maux d'estomac.

Conclusion

La présente étude a permis d'évaluer les critères de qualité de 24 échantillons de miel dont la moitié est originaire de la wilaya de Bejaïa et d'autres sont récoltés à Ghilizane, Biskra, Laghouat, Ghardaïa, Tizi-Ouzou, Tiaret et Blida, en se basant sur la détermination de leurs activités antioxydantes avec quatre tests (pouvoir réducteur, activité antiradicalaire avec le DPPH et l'ABTS et le potentiel antioxydant au phosphomolybdate) et le dosage des différents antioxydants (composés phénoliques, flavonoïdes, flavonols, caroténoïdes, prolines et protéines). En outre, d'autres paramètres physico-chimiques sont aussi analysés (pH, conductivité électrique, pouvoir rotatoire, couleur et la teneur en eau).

Les résultats obtenus en utilisant différentes méthodes pour la détermination de l'activité antioxydante montrent que cette activité dépend de la composition des échantillons. L'analyse statistique révèle que les échantillons M04 et M08 manifestent des teneurs élevées en composés phénoliques et en flavonoïdes et présentent une bonne activité antiradicalaire avec le DPPH et l'ABTS. Cependant, l'échantillon de miel M15 présente le potentiel antioxydant le plus élevé en utilisant le phosphomolybdate, malgré sa faible teneur en polyphénols. Ce qui signifie qu'il existe des différences non seulement sur le plan quantitatif mais aussi qualitatif en polyphénols et il existe d'autres molécules qui interviennent dans l'activité antioxydante.

Les paramètres analysés, selon les informations qu'ils fournissent, donnent une indication précise sur la qualité du miel. Les teneurs du miel en eau et en proline permettent d'estimer sa maturité et son authenticité. Cependant, le pH et la conductivité électrique indiquent l'origine florale des miels analysés.

L'humidité des échantillons de miel analysés varie de 14,37 à 21,24 %. Le pH est compris entre 3,69 et 4,93, excepté le miel de Ghardaïa (M23) qui a un pH 6,23. La conductivité électrique est comprise entre 0,26 à 1,13 mS/cm. Les teneurs en protéines et en proline oscillent de 5,59 à 48,78 mg/100g et 372,23 à 2627,97 mg/kg, respectivement. La couleur des miels analysés enregistre des valeurs allant de 0,34 à 1,93. Le pouvoir rotatoire oscille de -1,8 à -8,72, excepté le miel M21 qui a un pouvoir rotatoire de 0,73 qui pourrait être un miel de miellat.

La teneur en antioxydants varie significativement entre les échantillons de miels analysés. La teneur en polyphénols totaux est comprise entre 6,87 et 59,43 mg EAG/100 g ; le taux en flavonoïde oscille de 6,3 à 34,66 mg EQ/100g ; la concentration en flavonols est comprise entre 4,49 et 38,59 mg EQ/100 g et la teneur en caroténoïdes varie de 0,08 à 0,30

La matrice de corrélation a révélé la présence de plusieurs corrélations entre divers paramètres. Une corrélation très hautement significative est observée entre les polyphénols et les activités antioxydantes ($r = 0,83$ avec l'ABTS; $r = 0,75$ avec le DPPH; $r = 0,64$ avec le phosphomolybdate). La couleur présente également une corrélation très hautement avec les antioxydants ($r = 0,79$, $r = 0,83$ et $r = 0,81$ pour les polyphénols totaux, flavonoïdes et flavonols, respectivement).

L'enquête ethnopharmacologique effectuée a permis de connaître au mieux la fréquence d'utilisation du miel en thérapeutique par les habitants de la wilaya de Béjaïa et ses vertus thérapeutiques.

Pour pouvoir compléter ces résultats, il est intéressant de donner une suite à la présente étude en faisant :

- Elargir l'échantillonnage et l'enquête ethnopharmacologique sur l'ensemble de territoire national.
- Etude de l'activité antibactérienne sur un ensemble de bactéries pathogènes.
- Réaliser des essais *in vivo* sur la cicatrisation des plaies par le miel.
- Effectuer des analyses polliniques pour savoir l'origine botanique du miel.
- Réaliser des dosages qualitatifs des composés phénoliques par HPLC.
- Etude des activités biologiques et thérapeutiques des autres produits de la ruche (venin, gelé royale, cire, propolis et pollen).

Références Bibliographiques

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

Aljadi A.M. and Kamaruddin M.Y. (2004). Evaluation of the phenolic contents and antioxidant capacities of two Malaysian floral honeys. *Food Chemistry*, 85, 513-518.

Al-Mamary M., Al Meeri A. Al.Habori M. (2002). Antioxidant activity and total phenolics of differnets types of honeys. *Nutrition Research*, 22, 1041-1047.

Al M.L., 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.

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

Azeredo L. D. 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, 249—254.

Balasundram n., Sundram K. and Samman S. (2006). Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products : Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry*, 99,191-203.

Bertoncelj J., Dobersek U., Jamnick M. and Golob T. (2007). Evaluation of phenolic content: antioxydant activity and colour of Slovenian honeys. *Food Chemistry*, 105,822-828.

Berreta 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 Acta*, 553,185-191.

Bogdanov S. (2002). Harmonised methods of the international honey commission. Swiss Bee Research Center. FAM, Liebefeld, CH-3003 Berne, Suisse.

Bogdanov S. and Blumer P. (2001). Propriétés naturelles du miel. *Revue Suisse d'Apiculture*, 98(3), 107-114.

Bogdanov S., Lüllman, C, Martin, P., Von Der Ohe, W, Russmann, H., Vorwohl, G., Persano-Oddo, L., Sabatini, A. G., Marcazzan, G. L., Piro, R., Flamini, C, Morlot, M., Héritier, J., Borneck, R., Marioleas, P., Tsigouri, A., Kerkvliet, J., Ortiz, A., Ivanov, T., D_Arcy, B., Mossel, B. and Vit, P. (1999). Honey quality and international regulatory-standards: review by the international honey commission. *Bee World*, 80 (2), 61-69.

Bogdanov S. Martin P., Lullman C., Borneck R., Morlot M., Heritier J., Vorwol G., Russmann H., Persano-Oddo L., Sabatini A. G., Marcazzan G. L., Marioleas P., Tsigouri A., Kerkvliet J., Ortiz A. and Ivanov T. (1997). Harmonised Methods of the European Honey commission. *Apidologie* (extra issue), 1- 59.

Bogdanov S., Ruoff K. Persno-Oddo L. (2004). Physico-chemical methods for the characterisation of unifloral honeys: a review. *Apidologie*, 35, 4-17.

Bogdanov S. and Gallmann P. (2006). Produits apicoles et santé. ALP Forum, 41f, p 51.

Bradford M.M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72, 248-254.

Chakir A., Romane A., Marcazzan G. L. and Ferrazzi P. (2011). Physicochemical properties of some honeys produced from different plants in Morocco. *Arabian Journal of Chemistry*.

Chauvin R. (1987). Le miel. In « la ruche et l'homme ». Edition Calman-Lévy . p 168.

Codex Alimentaire (2001). Revised codex standard for honey. Codex standard 12-1981, Rev. 1 (1987), Rev. 2 (2001): 1 -7.

Cortopassi-Laurino M. and Gelli D.S.(1991). Analyse pollinique, propriétés physico-chimiques et action antibactérienne des miels d'abeilles africanisées *Apis mellifera* et *Méliponinés* du Brésil. *Apidologie*, 22, 61-73.

Darrigol J. L. (1979). L'abeille. In « Le miel pour votre santé ».Edition Dangles, 11-34.

Dangles O. (2006). Propriétés chimiques des polyphénols. In les polyphénols en agroalimentaires. Edition Tec and Doc : 29-50.

De Bodt G.(2005). Pansement de pointe et pointe de miel. Abeilles et Cie,103, 26-27.

De Rodriguez G. O., De Ferrer B. A. and Rodriguez B. (2004). Characterisation of honey produced in Venezuela. *Food Chemistry*, 84,499-502.

Descottes B. (2009). Cicatrisation par le miel, l'expérience de 25 années. *Phytothérapie*, 7,112-116.

Djeridane A., Yousf M., Nadjemi B., Boutasouna D.,Stocker P and Vidal N.(2006). Antioxydants activity of some Algerian medicinal plants extracts Containg Phenolic compounds. *Food Chemistry*, 79, 654-660.

Ferreira I.C.F.R., Aires E., Barreira J.C.M. and Estevinho L.M. (2009). Antioxydants activity of Portuguese honeys samples : different contributions of the entire honey and phnolic extract. *Food Chemistry*, 114, 1438-1443.

Garcia S., Barraco M. and Adria M. A (1986). Interpretation of rheogrammic functions in holm oak honey. *S.T.P. PHARMA*, vol. 2(15), 307-312.

Goetz P. (2009). Le miel comme traitement local désinfectant et cicatrisant des plaies. *Phytothérapie*, 7, 91-93.

Gonnet M. (1982). Le miel : composition, propriétés et conservation. Ed. OPIDA : 22.

Gonzalez-Miret M. L., Terrab, A., Hernanz, D., Fernandez-Recámales, MA.and Heredia F. J. (2005). Multivariate correlation between color and mineral composition of honeys and by their botanical origin. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 53, 2574-2580.

Gülçin İ., Alici H. A. and Cesur M., 2005. Determination of in Vitro Antioxidant and Radical Scavenging Activities of Propofol. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 53 (3), 281-285.

Gülçin İ., Oktay M., Kirreççi E. and Küfrevioğlu I., 2003. Screening of antioxidant and antimicrobial activities of anise (*Pimpinella anisum* L.) seed extracts. *Food Chemistry*, 83,371-382.

Hoyet C. (2005). Le miel : de la source à la thérapeutique. *Thèse de Doctorat en Pharmacie*. Université de Henri Poincaré- Nancy 1, p106.

Isla M. I., Craig A., Ordoñez R., Zampini C., Sayago J., Bedascarrasbure E., Alvarez A., Salomón V. and Maldonado L. (2011). Physico chemical and bioactive properties of honeys from Northwestern Argentina. *Food Science and Technology*. 44,1922-1930

Jasicka-Misiak I., A., Poliwoda, M., Deren and P. and Kafarski (2011). Phenolic compounds and abscisic acid as potential markers for the floral origin of two Polish unifloral honeys. *Food Chemistry*, 131, 1149–1156.

Jean-Prosst P., Médori P. and le Conte Y. (2005). Apiculture, connaître l'abeille, conduire le rucher. Edition TEC Doc, 7^e édition, p.698.

Jonard L., Banh L., Pressac M., Just J., Bahuau M. (2006). Les défensines en physiopathologie humaines. *Revue générale et analyse prospective IBS*, vol. 21, n°6, p. 342-347

Journal officiel des Communautés européennes (2002). Directive 2001/110/CE relative au miel : 47-52.

Juszczak L., Socha R., Roznowski J., Fortuna T., Nalepka K., (2009). Physicochemical properties and quality parameters of herbhoney. *Food Chemistry*. 113, 538–542.

Küçük M., Kolaylı S., Karaoglu S., Ulusoy E., Baltacı C. and Candan F.(2007). Biological activities and chemical composition of three honeys of different types from Antolia. *Food Chemistry*, 100, 526-534.

Kwakman P. H., Te Velde A. A. and De Boer I. (2010). How honey kills bacteria. *FASEB journal*, 24(7), 2576-2581

Kwakman P. H. and Sebastian A. J. Zaat, (2012). Antibacterial Components of Honey. *IUBMB Life*. 64(1), 48–55.

Lachman J., Orsak M., Hejtmankova A. and Kovarova E.(2010). Evaluation of antioxidant activity and total phenolics of selected Czech honeys. *Food Science and technology*, 43, 52-58.

Lequet L. (2010). Du nectar au miel de qualité : contrôle analytique du miel et conseils pratiques à l'intention de l'apiculteur amateur. *Thèse de Doctorat*. Ecole National Vétérinaire de Lyon, p.195.

Lobreau-Callen D., Marmion, V. and Clément, M-C. (1999). Les miels. In « techniques de l'ingénieur » : 1-20.

Louveaux J.(1985). Les produits du rucher. In « Les abeilles et leurs élevage », 165-199.

Lusby P.E., Coombes A., Wilkinson J.M. (2002). Honey : a potent agent for wound healing Wound. *Ostomy and Continence Nurses Society*, 6 (29), 295-300.

Marc, F., Davin, A., Deglène-Benbrahim, L., Ferrand, C., Baccaunaud, M. and Fritsch, P. (2004). Méthodes d'évaluation du potentiel antioxydant dans les aliments. *Médecine Sciences*, 20 (7), 458-463 .

Marceau J., Noreau J. and Houle, É. (1994). Les HMF et la qualité du miel. *L'abeille*, 15 (2): 1-5.

Mbogning E., Tchoumboue J., Damesse F., Sanou Sobze M., Canini A., (2011). Caractéristiques physico-chimiques des miels de la zone Soudano-guinéenne de l'Ouest et de l'Adamaoua Cameroun. *Tropicultura*. 29, 3, 168-175

Meda A., Lamien, C. E., Romito, M., Millogo, J., Nacoulma, O. G. (2005). Determination of total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Faso honey, as well as their radical scavenging activity. *Food Chemistry*, 91, 571-577.

Merah M. Bensaci Bachagha M et Boudershem A. (2010). Etude de l'effet antimicrobien de trois échantillons du miel naturel récoltes du territoire Algérien. *Annales des Sciences et Technologie*, vol. 2 (2).

Milardovic S., Ivekovic D., Rumenjak V. and Grabaric B. i. S. (2005). Use of DPPH· DPPH Redox Couple for Biamperometric Determination of Antioxidant Activity, *Electroanalysis*. 17 (1847 – 1853): 7.

Molan P. (1998). A brief review of the use of honey as a clinical dressing. *Aust J Wound Manage*, (6), 148-58

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.

Nanda V., Sarkar, B.C., Sharma, H.K. and Bawa. A.S. (2003). Physico-chemical properties and estimation of mineral content in honey produced from different plants in Northern India. *Journal of Food Composition and Analysis*, 16, 613-619.

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

Ouchemoukh S. (2012). Caractérisation physico-chimique, profils polliniques, glucidiques et phénoliques et activités antioxydantes de miels Algériens. *Thèse de Doctorat*. Université Abderrahmane Mira de Bejaïa, p.164.

Persano Oddo L., Piazza M. G., Sabatini A. G., and Accorti M. (1995). Characterization of unifloral honeys. *Apidologie*, 26, 453–465.

Prieto P., Pineda M., and Aguilar M. (1999). Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E. *Analytical Biochemistry*, 269, 337–341.

Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M. and Rice-Evans C. (1999). Antioxidant Activity Applying An Improved Abts Radical Cation Decolorization Assay, *Elsevier Science Inc.* 26 (1231–1237): 7.

Rossant A. (2011). Le miel, un composé complexe aux propriétés surprenantes. *Thèse de Doctorat en Pharmacie*. Université de Limoges, p 136.

Sass-kiss A., Kiss J., Mitotay P., Kerek M.M. and Toth-Markus M. 2005. Differences in anthocyanin and carotenoid content of fruits and vegetables. *Food Research International*, 38, 1023-1029.

Saxena S., Gautam S. and Sharma A. (2010). Physical, biochemical and antioxidant properties of some Indian honeys. *Food Chemistry*, 118, 391-397.

Schivre E. (2006). L'abeille, ses produits de sécrétion et leurs utilisations thérapeutiques. *Thèse de Doctorat*. Université de Nancy, p 169.

Serem J.C., Bester M.J., (2012). Physicochemical properties, antioxidant activity and cellular protective effects of honeys from southern Africa. *Food Chemistry*.

Soler C., Gil M.I., Garcia-Viguera C. and Tomas –Barberan F.A. (1995). Flavonoid patterns of french honey with different floral origin. *Apidologie*, 26, 53-60.

Terrab. A., González, A. G., Diez, M. J. and HeredLa, F. J. (2002). Characterisation of Moroccan unifloral honeys using multivariate analysis. *Food Chemistry*, 79, 373-379.

Teyssier P. (2005). Le miel : objectif qualité. *Fruits et abeilles*, 275-277.

Viuda-Martos M., Ruiz-Navaias Y., Fernandez-Lopez. and Perez-Alvarezb J.A. (2008) Functional properties of honey, propolis and royal jelly. *Journal of Food Science*, 73(9), 117-122.

Weston R.J., Mitchell K.R. and Allen K.L. (1999). Antibacterial phenolic components of New Zealand manuka honeys. *Food Chemistry*, 64, 295-301.

Won S. R., Lee D. C., Ko S. H., Kim J. W. and Rhee H.I. (2008). Honey major protein characterization and its application to adulteration. *Food Research International*, 41, 952-956.

Wu H. C., Shuiou C. H., Chen H. M. and Chioui T. K. (2003). Antioxidant Activities of Carnosine, Anserine, Some Free Amino Acids and their Combination. *Journal of food and Drug Analysis*, 2:11.

Autres références :

Anonyme 1: ALP Forum N° 23. (2008). Miels monofloraux suisses.

Matériel et méthodes

Partie théorique

Partie pratique

Annexes

Résultats et discussion

Introduction

Conclusion

Sommaire

Références bibliographiques

Annexe 4

Questionnaire sur le miel

Annexe 1 : Table de CHATAWAY

Indice de réfraction à 20 °C	Teneur en eau (g/100 g)	Indice de réfraction à 20 °C	Teneur en eau (g/100 g)
1,5044	13,0	1,4885	19,2
1,5038	13,2	1,4880	19,4
1,5033	13,4	1,4875	19,6
1,5028	13,6	1,4870	19,8
1,5023	13,8	1,4865	20,0
1,5018	14,0	1,4860	20,2
1,5012	14,2	1,4855	20,4
1,5007	14,4	1,4850	20,6
1,4002	14,6	1,4845	20,8
1,4997	14,8	1,4840	21,0
1,4992	15,0	1,4835	21,2
1,4987	15,2	1,4830	21,4
1,4982	15,4	1,4825	21,6
1,4976	15,6	1,4820	21,8
1,4971	15,8	1,4815	22,0
1,4966	16,0	1,4810	22,2
1,4961	16,2	1,4805	22,4
1,4956	16,4	1,4800	22,6
1,4951	16,6	1,4795	22,8
1,4946	16,8	1,4790	23,0
1,4940	17,0	1,4785	23,2
1,4935	17,2	1,4780	23,4
1,4930	17,4	1,4775	23,6
1,4925	17,6	1,4770	23,8
1,4920	17,8	1,4765	24,0
1,4915	18,0	1,4760	24,2
1,4910	18,2	1,4755	24,4
1,4905	18,4	1,4750	24,6
1,4900	18,6	1,4745	24,8
1,4895	18,8	1,4740	25,0
1,4890	19,0		

Annexe 2 : Courbes d'étalonnage

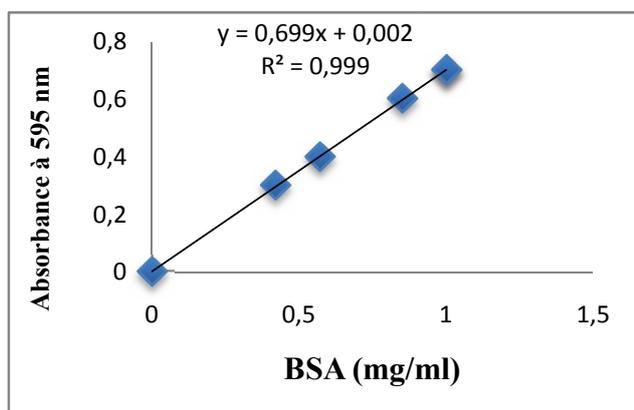


Figure 1 : Courbe d'étalonnage des protéines.

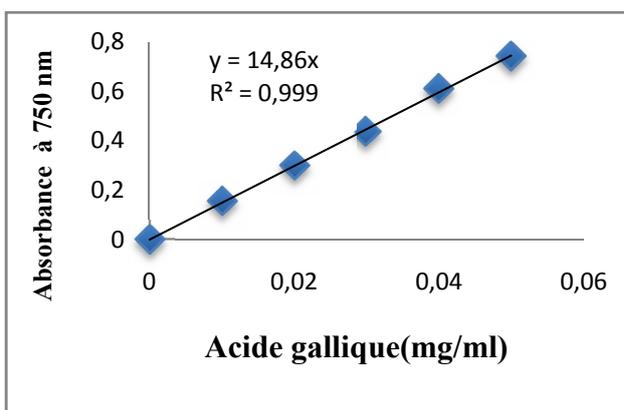


Figure 2 : Courbe d'étalonnage des polyphénols.

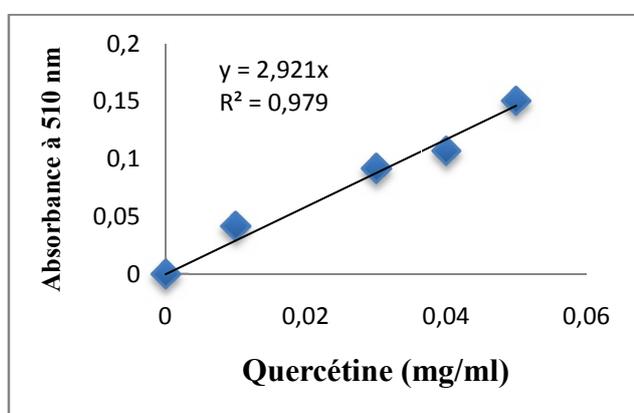


Figure 3 : Courbe d'étalonnage des flavonoïdes.

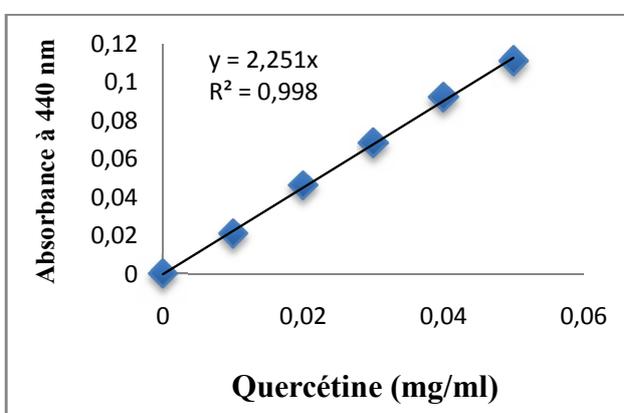


Figure 4 : Courbe d'étalonnage des flavonols.

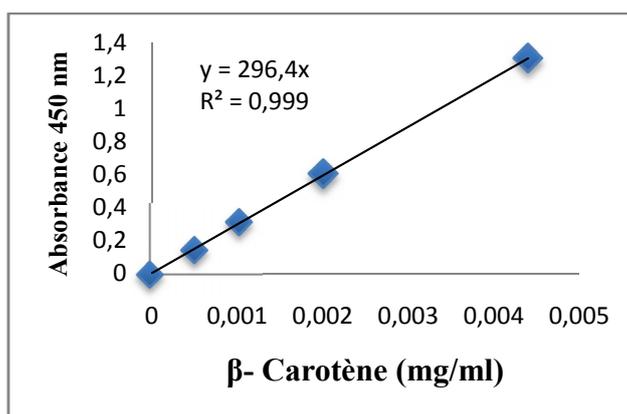


Figure 5 : Courbe d'étalonnage des caroténoïdes.

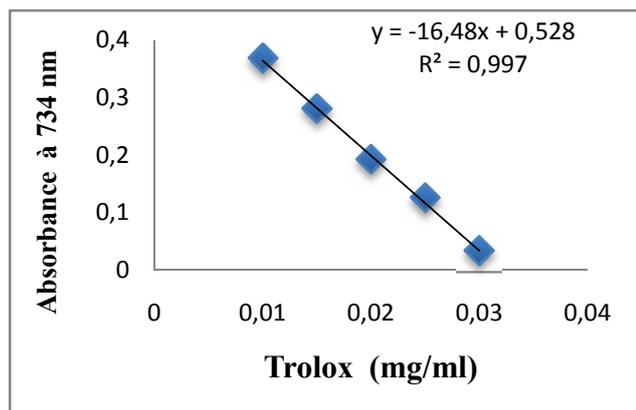


Figure 6 : Courbe d'étalonnage de l'ABTS.

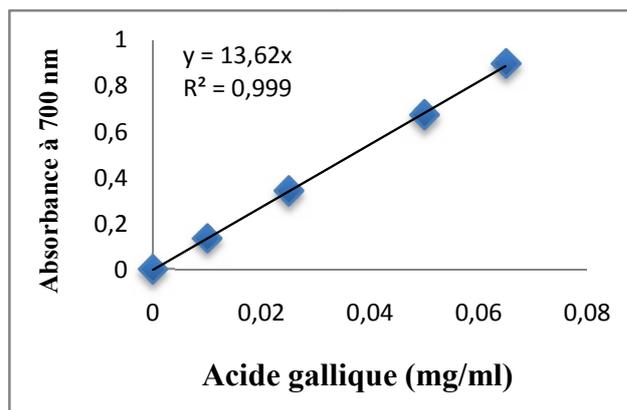


Figure 7: Courbe d'étalonnage du pouvoir réducteur.

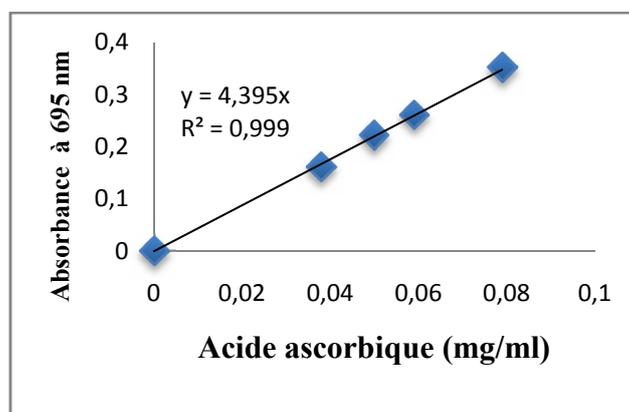


Figure 8: Courbe d'étalonnage au phosphomolybdate.

Annexe 3 : Matrices des corrélations ($p < 0,05$, $p < 0,01$ et $p < 0,001$)

Corrélations (new lyliia.sta) Suite... Corrélations significatives marquées à $p < ,05000$

Variable	HUMID	PH	CONDOC	PROTEI NE	PROLIN E	COULEU R	POLYPH	FLAVNO ID	FLAVON OL
HUMID	1,00	-,55	,37	,02	,26	,11	,24	,02	,28
PH	-,55	1,00	-,32	,32	-,08	-,03	-,01	-,06	-,11
CONDOC	,37	-,32	1,00	,28	-,11	,52	,53	,31	,59
PROTEINE	,02	,32	,28	1,00	-,02	,25	,28	,19	,40
PROLINE	,26	-,08	-,11	-,02	1,00	-,17	-,29	-,20	,02
COULEUR	,11	-,03	,52	,25	-,17	1,00	,79	,83	,81
POLYPH	,24	-,01	,53	,28	-,29	,79	1,00	,76	,70
FLAVNOID	,02	-,06	,31	,19	-,20	,83	,76	1,00	,80
FLAVONOL	,28	-,11	,59	,40	,02	,81	,70	,80	1,00
CAROT	,11	-,07	-,39	-,09	,46	,09	-,13	,24	,06
P_REDUCT	-,53	,43	-,37	,10	-,05	-,22	-,22	-,12	-,27
DPPH	,04	,14	,17	,04	-,23	,56	,73	,68	,54
ABTS	,39	-,14	,59	-,03	-,28	,69	,84	,61	,56
P_MOLYB	-,29	,48	-,71	-,10	,04	-,50	-,61	-,36	-,40
CENDRE	,37	-,31	1,00	,28	-,11	,52	,52	,31	,59
P_ROTATO	-,48	,44	-,46	-,25	,16	-,37	-,33	-,42	-,32

Corrélations (new lyliia.sta) Suite... Corrélations significatives marquées à $p < ,05000$

Variable	FLAVNO ID	FLAVON OL	CAROT	P_REDU CT	DPPH	ABTS	P_MOLY B	CENDRE	P_ROTA TO
HUMID	,02	,28	,11	-,53	,04	,39	-,29	,37	-,48
PH	-,06	-,11	-,07	,43	,14	-,14	,48	-,31	,44
CONDOC	,31	,59	-,39	-,37	,17	,59	-,71	1,00	-,46
PROTEINE	,19	,40	-,09	,10	,04	-,03	-,10	,28	-,25
PROLINE	-,20	,02	,46	-,05	-,23	-,28	,04	-,11	,16
COULEUR	,83	,81	,09	-,22	,56	,69	-,50	,52	-,37
POLYPH	,76	,70	-,13	-,22	,73	,84	-,61	,52	-,33
FLAVNOID	1,00	,80	,24	-,12	,68	,61	-,36	,31	-,42
FLAVONOL	,80	1,00	,06	-,27	,54	,56	-,40	,59	-,32
CAROT	,24	,06	1,00	-,17	-,02	-,29	,24	-,39	,17
P_REDUCT	-,12	-,27	-,17	1,00	-,01	-,24	,31	-,37	,02
DPPH	,68	,54	-,02	-,01	1,00	,72	-,29	,16	-,15
ABTS	,61	,56	-,29	-,24	,72	1,00	-,54	,59	-,33
P_MOLYB	-,36	-,40	,24	,31	-,29	-,54	1,00	-,71	,55
CENDRE	,31	,59	-,39	-,37	,16	,59	-,71	1,00	-,46
P_ROTATO	-,42	-,32	,17	,02	-,15	-,33	,55	-,46	1,00

Corrélations (new lylia.sta)

Suite... Corrélations significatives marquées à $p < ,01000$

Variable	HUMID	PH	CONDOC	PROTEI NE	PROLIN E	COULEU R	POLYPH	FLAVNO ID	FLAVON OL
HUMID	1,00	-,55	,37	,02	,26	,11	,24	,02	,28
PH	-,55	1,00	-,32	,32	-,08	-,03	-,01	-,06	-,11
CONDOC	,37	-,32	1,00	,28	-,11	,52	,53	,31	,59
PROTEINE	,02	,32	,28	1,00	-,02	,25	,28	,19	,40
PROLINE	,26	-,08	-,11	-,02	1,00	-,17	-,29	-,20	,02
COULEUR	,11	-,03	,52	,25	-,17	1,00	,79	,83	,81
POLYPH	,24	-,01	,53	,28	-,29	,79	1,00	,76	,70
FLAVNOID	,02	-,06	,31	,19	-,20	,83	,76	1,00	,80
FLAVONOL	,28	-,11	,59	,40	,02	,81	,70	,80	1,00
CAROT	,11	-,07	-,39	-,09	,46	,09	-,13	,24	,06
P_REDUCT	-,53	,43	-,37	,10	-,05	-,22	-,22	-,12	-,27
DPPH	,04	,14	,17	,04	-,23	,56	,73	,68	,54
ABTS	,39	-,14	,59	-,03	-,28	,69	,84	,61	,56
P_MOLYB	-,29	,48	-,71	-,10	,04	-,50	-,61	-,36	-,40
CENDRE	,37	-,31	1,00	,28	-,11	,52	,52	,31	,59
P_ROTATO	-,48	,44	-,46	-,25	,16	-,37	-,33	-,42	-,32

Corrélations (new lylia.sta)

Suite... Corrélations significatives marquées à $p < ,01000$

Variable	FLAVNO ID	FLAVON OL	CAROT	P_REDU CT	DPPH	ABTS	P_MOLY B	CENDRE	P_ROT ATO
HUMID	,02	,28	,11	-,53	,04	,39	-,29	,37	-,48
PH	-,06	-,11	-,07	,43	,14	-,14	,48	-,31	,44
CONDOC	,31	,59	-,39	-,37	,17	,59	-,71	1,00	-,46
PROTEINE	,19	,40	-,09	,10	,04	-,03	-,10	,28	-,25
PROLINE	-,20	,02	,46	-,05	-,23	-,28	,04	-,11	,16
COULEUR	,83	,81	,09	-,22	,56	,69	-,50	,52	-,37
POLYPH	,76	,70	-,13	-,22	,73	,84	-,61	,52	-,33
FLAVNOID	1,00	,80	,24	-,12	,68	,61	-,36	,31	-,42
FLAVONOL	,80	1,00	,06	-,27	,54	,56	-,40	,59	-,32
CAROT	,24	,06	1,00	-,17	-,02	-,29	,24	-,39	,17
P_REDUCT	-,12	-,27	-,17	1,00	-,01	-,24	,31	-,37	,02
DPPH	,68	,54	-,02	-,01	1,00	,72	-,29	,16	-,15
ABTS	,61	,56	-,29	-,24	,72	1,00	-,54	,59	-,33
P_MOLYB	-,36	-,40	,24	,31	-,29	-,54	1,00	-,71	,55
CENDRE	,31	,59	-,39	-,37	,16	,59	-,71	1,00	-,46
P_ROTATO	-,42	-,32	,17	,02	-,15	-,33	,55	-,46	1,00

Corrélations (new lylii.sta) Suite... Corrélations significatives marquées à $p < ,00100$

Variable	HUMID	PH	CONDOC	PROTEI NE	PROLIN E	COULEU R	POLYPH	FLAVNO ID	FLAVON OL
HUMID	1,00	-,55	,37	,02	,26	,11	,24	,02	,28
PH	-,55	1,00	-,32	,32	-,08	-,03	-,01	-,06	-,11
CONDOC	,37	-,32	1,00	,28	-,11	,52	,53	,31	,59
PROTEINE	,02	,32	,28	1,00	-,02	,25	,28	,19	,40
PROLINE	,26	-,08	-,11	-,02	1,00	-,17	-,29	-,20	,02
COULEUR	,11	-,03	,52	,25	-,17	1,00	,79	,83	,81
POLYPH	,24	-,01	,53	,28	-,29	,79	1,00	,76	,70
FLAVNOID	,02	-,06	,31	,19	-,20	,83	,76	1,00	,80
FLAVONOL	,28	-,11	,59	,40	,02	,81	,70	,80	1,00
CAROT	,11	-,07	-,39	-,09	,46	,09	-,13	,24	,06
P_REDUCT	-,53	,43	-,37	,10	-,05	-,22	-,22	-,12	-,27
DPPH	,04	,14	,17	,04	-,23	,56	,73	,68	,54
ABTS	,39	-,14	,59	-,03	-,28	,69	,84	,61	,56
P_MOLYB	-,29	,48	-,71	-,10	,04	-,50	-,61	-,36	-,40
CENDRE	,37	-,31	1,00	,28	-,11	,52	,52	,31	,59
P_ROTATO	-,48	,44	-,46	-,25	,16	-,37	-,33	-,42	-,32

Corrélations (new lylii.sta) Suite... Corrélations significatives marquées à $p < ,00100$

Variable	FLAVNO ID	FLAVON OL	CAROT	P_REDU CT	DPPH	ABTS	P_MOLY B	CENDRE	P_ROTA TO
HUMID	,02	,28	,11	-,53	,04	,39	-,29	,37	-,48
PH	-,06	-,11	-,07	,43	,14	-,14	,48	-,31	,44
CONDOC	,31	,59	-,39	-,37	,17	,59	-,71	1,00	-,46
PROTEINE	,19	,40	-,09	,10	,04	-,03	-,10	,28	-,25
PROLINE	-,20	,02	,46	-,05	-,23	-,28	,04	-,11	,16
COULEUR	,83	,81	,09	-,22	,56	,69	-,50	,52	-,37
POLYPH	,76	,70	-,13	-,22	,73	,84	-,61	,52	-,33
FLAVNOID	1,00	,80	,24	-,12	,68	,61	-,36	,31	-,42
FLAVONOL	,80	1,00	,06	-,27	,54	,56	-,40	,59	-,32
CAROT	,24	,06	1,00	-,17	-,02	-,29	,24	-,39	,17
P_REDUCT	-,12	-,27	-,17	1,00	-,01	-,24	,31	-,37	,02
DPPH	,68	,54	-,02	-,01	1,00	,72	-,29	,16	-,15
ABTS	,61	,56	-,29	-,24	,72	1,00	-,54	,59	-,33
P_MOLYB	-,36	-,40	,24	,31	-,29	-,54	1,00	-,71	,55
CENDRE	,31	,59	-,39	-,37	,16	,59	-,71	1,00	-,46
P_ROTATO	-,42	-,32	,17	,02	-,15	-,33	,55	-,46	1,00

Questionnaire sur le miel

Conditions d'utilisation: Ce questionnaire restera confidentiel. Certaines informations pourront être utilisées pour enrichir notre base statistique. Ces données statistiques pourront être compilées de manière totalement anonyme.

❖ Cochez la réponse qui vous convient

1- Merci d'indiquer votre nom prénom L'âge

2- Vos coordonnées : adresse et ville

3- Quelle est votre activité professionnelle?

4- Quel est votre niveau académique?

- Néant
- primaire
- Secondaire
- Universitaire
- Autre :

5- Consommez-vous le miel?

- Souvent
- Rarement
- Occasionnellement
- Jamais

6-Connaissez-vous les vertus thérapeutiques du miel ?

- Oui
- Non
- ❖ Si oui, lesquels ?

An empty text input field with a light gray border and a vertical scrollbar on the right side. The field is currently blank.

7-Est-ce que vous utilisez le miel comme remède pour vos soins personnels ?

- Oui
- Non
- ❖ Si oui, indiquez pour quel motif?

An empty text input field with a light gray border and a vertical scrollbar on the right side. The field is currently blank.

❖ Durée du traitement



❖ Mode d'utilisation

- Application cutanée
- voies orales
- Autres (Lesquels) :



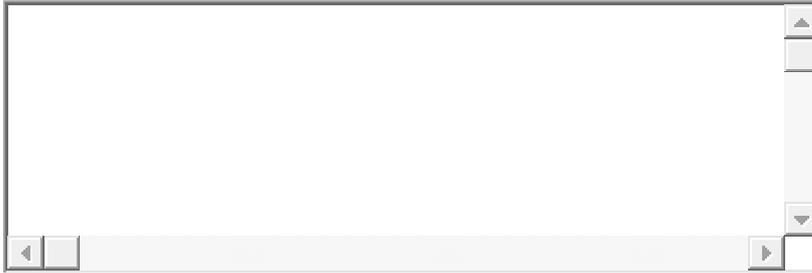
❖ Condition d'utilisation



8- Utilisez-vous le miel?

- Seul
- Sous forme de préparation

- ❖ Si c'est une préparation, avec quoi et pourquoi ?

A large, empty rectangular text box with a light gray border and a vertical scrollbar on the right side, intended for the user to provide details about the preparation.

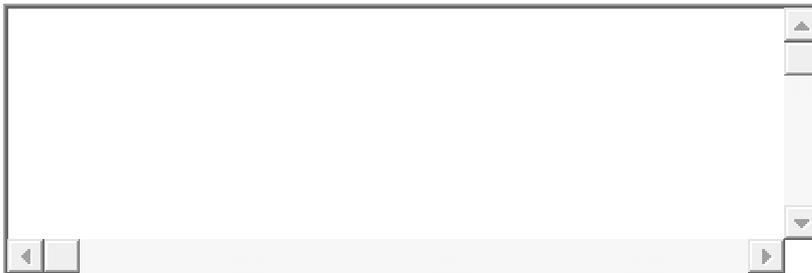
9-Donnez-vous le miel à vos enfants ?

- Oui
- Non

- ❖ Si oui, pour quelle raison et à partir de quel âge?

A large, empty rectangular text box with a light gray border and a vertical scrollbar on the right side, intended for the user to provide reasons and age for giving honey.

- ❖ Si non, pourquoi?

A large, empty rectangular text box with a light gray border and a vertical scrollbar on the right side, intended for the user to provide reasons for not giving honey.

10- Avez-vous été satisfaits des résultats obtenus après utilisation du miel?

- Oui
- Non

11- Avez-vous déjà eu un effet indésirable suite à la consommation ou à l'application du miel ?

- Oui
- Non

❖ Si Oui, indiquez-nous ces effets indésirables ?



12- Ces problèmes de santé ont-ils fait l'objet d'un diagnostic par un professionnel de santé qui les aurait associés à la consommation du miel ?

- Oui
- Non

13- Est-ce que vous utilisez d'autres produits de la ruche ?

- Oui
- Non

❖ Si Oui, lesquels :

- Pollen
- Propolis
- Gelée royale
- Cire

Merci

Annexe 5 : Les différents types de miels avec leurs indications thérapeutiques (Donadieu, 1981)

Plantes	Propriétés organoleptiques	Indications
AUBEPINE (<i>Crataegus oxyacantha</i>)	couleur: blanche arôme: léger et délicat crystallisation: fine	calmant, tonique du cœur; antispasmodique; diminue l'excitation du système nerveux. Indiqué pour artérioscléreux, dyspeptiques; calme troubles nerveux dus à la ménopause.
ACACIA (<i>Robinia pseudoacacia</i>)	couleur: ambrée arôme: doux et floral crystallisation: lente et très fine, cristaux transparents; facilement soluble	émollient des voies digestives, expectorant léger, légèrement sudorifique, antispasmodique, le mieux adapté aux diabétiques.
BRUYERE (<i>Calluna vulgaris</i>)	couleur: ambrée à tonalité jaune orange arôme: persistant et pénétrant, caractéristique de la bruyère saveur: permanente avec arrière-gout légèrement amer crystallisation: fine, régulière; peu soluble	désinfectant des voies urinaires, conseillé dans la cystite des prostatiques ou dans la cystite avec muco-pus; aurait la capacité de dissoudre les calculs urinaires; diurétique et antirhumatismal.
CHATAIG - NIER (<i>Catanea sativa</i>)	couleur: sombre tendant vers le noir arôme: fort et persistant saveur: forte, légèrement salée et amère crystallisation: lente et grossière, difficilement soluble	favorise l'accélération de la circulation sanguine, dégage les muqueuses nasales, diurétique. Action astringente dans certains cas de dysenterie.
CHOU		Affections bronchiques et pulmonaires.
COLZA (<i>Brassica campestris</i>)	couleur: claire et jaunâtre arôme: légère odeur de beurre frais saveur: peu prononcée crystallisation: ténue et serrée; facilement soluble	calme les brûlures d'estomac, facilite le transit intestinal; interviendrait dans le soulagement des hémorroïdes et des varices.
EUCALYPTUS (<i>Eucalyptus globulus</i>)	couleur: ambre clair à foncé selon récolte arôme: touche mentholée et aromatique saveur: prononcée et persistante, légèrement acidulée crystallisation: compacte et fine; facilement soluble	traitement en profondeur des angines saisonnière et de la toux du fumeur; régulation de la flore intestinale; agirait sur la vésicule biliaire. Désinfectant des voies urinaires.
LAVANDE (<i>Lavandula officinalis</i>)	couleur: légèrement ambrée à tendance rosâtre arôme: fin et parfumé saveur: délicate et très persistante crystallisation: rapide et très fine; facilement soluble	excellent antiseptique des poumons et bronches; utilisé dans toux récidivantes, asthme, coqueluche, grippe, laryngite; très tonique, antispasmodique, diurétique et antirhumatismal, céphalique. Recommandé dans faiblesse du cœur et en cas d'entérite ou dysenterie.

LUZERNE (<i>Medicago sativa</i>)	couleur: de blanche à ambre pâle arôme: léger et diffus saveur: légèrement poivré crystallisation: compact et résistante ; gros cristaux transparents ; peu soluble	Facilite la digestion et le transit intestinale; calmant léger en cas d'insomnie; utilisé dans le traitement externe des furoncles et des plaies atones; facilite la production de salive.
ROMARIN (<i>Rosmarinus officinalis</i>)	couleur: orangée arôme: fort et persistant saveur: légèrement piquante et vivace crystallisation: très rapide à cristaux maintenus en groupe; peu soluble	dépuratif et antiseptique; forte teneur en invertine et phéromones; action fortement sédative dans certains cas de dépression et surmenage; favorise fonctions du foie et vésicule (indiqué dans ascites avec gros foie, cirrhose, ictère, engorgements).
SARRASIN (<i>Polygonum fagopyrum</i>)	couleur: sombre tendant vers le gris arôme: pénétrant saveur: prononcée mais fine crystallisation: rapide mais très ténue; soluble	miel très nutritif et reconstituant; action sur système osseux (aide à la constitution de cals après fractures); permettrait d'accroître la vision nocturne; conseillé en cas d'anémie et manque d'appétit.
SARRIETTE (<i>Satureja hortensis</i>)	couleur: ambrée tendant vers orange arôme: très prononcé à tendance balsamique (sent parfois la térébenthine) saveur: persistante et agréable quoique légèrement poivrée crystallisation: très régulière à cristaux moyens; soluble.	tonique et stimulant de l'estomac et des fonctions génésiques; antispasmodique, expectorant et carminatif; favorise l'évacuation des gaz et empêche les fermentations gastriques; combat la mauvaise haleine et les odeurs de pied.
TILLEUL (<i>Tilia platiphylla</i>)	couleur: ambre claire à tendance légèrement verte arôme: particulier au tilleul, fin et pénétrant saveur: fortement parfumée, demeurant en bouche texture: granuleuse, fine crystallisation: lente et irrégulière à cristaux pointus	sédatif, antispasmodique, calmant des affections nerveuses; facilite la digestion en agissant sur la vésicule biliaire; légèrement hypnotique; aurait une action sur les migraines digestives; très reconstituant.
TREFLE (<i>Trifolium repans</i>)	couleur: blanche arôme: délicat et peu prononcé saveur: ténue mais persistante avec une touche acidulée crystallisation: fine à tendance crémeuse	miel calmant, facilite le sommeil ainsi que la circulation de retour; expectorant et émollient; sert de coupage et à la préparation des miels crémeux
THYM et Serpolet (<i>Thymus vulgaris</i>)	couleur: ambrée, sombre arôme: fort et légèrement piquant saveur: forte et musquée crystallisation: irrégulière, très soluble	antiseptique, emménagogue, digestif, tonique; facilite la récupération physique et le tonus musculaire; employé dans le traitement des fatigues nerveuses; utile dans les affections respiratoires.
PIN, SAPIN	couleur: sombre tendant vers le brun foncé avec des nuances vertes arôme: fortement aromatique et balsamique; légère odeur de résine. saveur: douce, peu persistante crystallisation: lente; facilement soluble	particulièrement recommandé dans les affections respiratoires; aide digestion et sommeil; réputé comme antiseptique des bronches et parties aériennes supérieures; aurait influence psychologique bénéfique dans les dépressions nerveuses.

Résumé

Le but de cette étude consiste à la détermination de quelques propriétés physico-chimiques (humidité, pH, conductivité électrique, teneurs en proline et en protéines et couleur), des taux en antioxydants (polyphénols, flavonoïdes, flavonols et caroténoïdes) et des activités antioxydantes (pouvoir réducteur, activités antiradicalaires avec le DPPH et l'ABTS et potentiel antioxydant utilisant le phosphomolybdate) de 24 échantillons de miels Algériens. Plusieurs méthodes colorimétriques sont réalisées pour ces différents dosages. L'humidité et le pH oscillent, respectivement, de 14,37 à 20 % et 3,69 à 4,93, excepté pour le miel M11 qui a une teneur en eau de 21,24 % et M23 qui a un pH de 6,23. La teneur en proline (372,23 à 2627,97 mg/kg) indique que les miels analysés sont probablement authentiques. Le taux en polyphénols totaux et en flavonoïdes varient respectivement, de 6,81 à 60,83 mg EAG/100g et de 6,3 à 34,6 mg EQ/100 g. Les miels analysés possèdent des activités antioxydantes variables. Elles sont comprises entre 9,61 et 77,53 % pour l'activité antiradicalaire avec le DPPH et 9,87 et 106,57 mg ET/100 g pour l'ABTS. Ces variations sont dues à l'origine botanique des échantillons de miels analysés. Des corrélations très hautement significatives sont observées entre les antioxydants et les activités antioxydantes ($r = 0,83$ entre polyphénols/ABTS), ($r=0,75$ entre polyphénols/DPPH), ($r=0,64$ entre polyphénols/phosphomolybdate), idem pour la couleur est les antioxydants ($r = 0,79$, $r = 0,83$ et $r = 0,81$ pour les polyphénols, flavonoïdes et flavonols, respectivement). L'enquête ethnopharmacologique réalisée a permis d'approfondir les connaissances sur les vertus thérapeutiques du miel et la fréquence d'utilisation par les habitants de la wilaya de Bejaïa. Compte tenu des résultats, le miel constitue une source importante en antioxydants et possède de multiples effets thérapeutiques.

Mots clés : Miel, antioxydants, propriétés biologique, enquête ethnopharmacologique.

Abstract

The aim of this study was to determinate some of physicochemical properties (moisture, pH, electric conductivity, contents of proline and proteins and color), of the antioxidant rates (polyphenols, flavonoïdes, flavonols and carotenoids) and the antioxidant activities (reduction, antiradicalaires activities with the DPPH, the antioxidant ABTS and potential using the phosphomolybdate) of 24 Algerian samples honey. Several colorimetric methods are carried out for these various proportionings. Moisture and the pH oscillate, respectively, from 14,37 to 20 % and 3,69 to 4,93, except for the honey M11 which has a water content of 21,24 % and M23 which has a pH of 6,23. The content of proline (372,23 to 2627,97 mg/kg) indicates that analyzed honeies are probably authentic. The rate out of total polyphenols and flavonoïdes varies respectively, from 6,81 to 60,83 mg EAG/100 g and 6,3 to 34,6 mg EQ/100 g. Analyzed honeies have variable antioxidant activities. They lie between 9,61 and 77,53 % for the antiradicalaire activity with the DPPH 9,87 and 106,57 mg ET/100 G for the ABTS. These variations are due at the botanical origin of the analyzed honey samples. Correlations very highly significant are observed between antioxidants and the antioxidant activities ($r = 0,83$ between polyphénols/ABTS), ($r = 0,75$ between polyphénols/DPPH), ($r=0,64$ between polyphenols phosphomolybdate), idem for the color and the antioxidants ($r = 0,79$, $r=0,83$ and $r=0,81$ for the polyphénols, flavonoïdes and flavonols, respectively). The ethnopharmacologic investigation carried out permit to look further into knowledge on the therapeutic virtues of honey and the frequency of use by the inhabitants of the wilaya of Bejaïa. Count held of the results, honey constitutes an important source out of antioxidants and has multiple therapeutic effects.

Key words: Honey, antioxidant, biological proprieties, ethnopharmacologic investigation