

Faculté des Sciences et de la Nature et de la Vie
Département de Biologie Physico-chimique
Filière : Science Biologique
Option : Génétique Appliquée



Réf :.....

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

MASTER

Thème

**Analyses physico-chimiques et activités
antioxydantes de quelques miels de béjaia**

Présenté par :
BOUAZIZ Kahina & DJAALI Saida
Soutenu le : **16 Juin 2015**

Devant le jury composé de :

M^{elle} CHAHER. N	Maitre assistant A, A-Mira, béjaia	Présidente
M^{me} DJEMAA. Y	Maitre assistant A, A-Mira, béjaia	Promotrice
M^r BOUGUEZA. Y	Maitre assistant A, A-Mira, béjaia	Examineur

Année universitaire : 2014 / 2015

Faculté des Sciences et de la Nature et de la Vie
Département de Biologie physico-chimique
Filière science biologique
Option Génétique appliquée



Autorisation de Soutenance

Les étudiantes : BOUAZIZ Kahina et DJAALI Saida sont autorisées à soutenir leurs mémoire de fin de cycle en vue de l'obtention du diplôme de master le :16 juin 2015 à 13h00.

Thème :

Analyses physico-chimiques et activités antioxydantes de quelques miels de Béjaïa.

Devant le jury composé de :

M^{elle} CHAHER.N
M^{me} DJEMAA .Y
M^r BOUGEUZA .Y

MAA President
MAA Encadreur
MAA Examineur

L'encadreur

Le chef de département

Faculté des Sciences et de la Nature et de la Vie
Département de Biologie physico-chimique
Filière science biologique
Option Génétique appliquée



Autorisation de dépôt

Les étudiantes : BOUAZIZ Kahina et DJAALI Saida
sont autorisées à déposer leurs mémoire de fin de cycle en vue
de l'obtention du diplôme de master après vérification des
corrections apportées suite aux recommandations du jury.

Thème :

**Analyses physico-chimiques et activités antioxydantes de
quelques miels de Béjaïa.**

Le président du jury

Le chef de département

Remerciements

Nous rendons grâce à Dieu, le tout puissant et miséricordieux, de nous avoir donné le courage et la patience pour mener à bien et à terme ce modeste travail.

*Nos plus sincères remerciements s'adressent à notre promotrice **M^{me} Djemaa.Y**, pour nous avoir proposé cet intéressant sujet et pour ses précieux conseils et encouragements, sans lesquels cette étude n'aurait pas vu le jour. Merci pour votre confiance, votre disponibilité et vos encouragements.*

*Nous remercions tous particulièrement les membres de jury, en l'occurrence **M^{elle} Chaïher.N** et **M^r Bougueza.Y** d'avoir accepté d'évaluer notre travail et pour l'intérêt qu'ils y portent.*

*Nous adressons aussi nos sincères remerciements à l'ensemble des doctorants et ingénieurs du laboratoire de Biologie Végétale de **M^{me} Bedjou.F** qui nous ont beaucoup aidés à réaliser ce travail dans des bonnes conditions.*

Un grand merci à nos familles, pour leur soutien permanent et indéfectible qui nous ont permis de chercher au plus profond fond de nous même la force, la volonté et la persévérance à même d'arriver à cet instant des plus important de notre vie.

Un merci pudique à nos amis, nos collègues en Master 2 et tous ceux qui ont Contribué de près ou de loin à la concrétisation de cette oeuvre.

Dédicace

Ya pas mieux que de pouvoir partager les meilleurs moments de sa vie avec les êtres qu'on aime.

*Arrivée au terme de mes études, j'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail :
Spécialement A ma très chère mère pour ses sacrifices depuis qu'elle m'a mise au monde,*

A qui je dois énormément et qui a tant cru en moi.

A ma chère sœur Assia et mon cher frère Allae qui m'ont toujours soutenu, encouragé et m'ont poussé à donner le meilleur de moi-même.

A mes meilleurs amis (e) qui m'ont appuyé chacun de leur manière :

*Bahia, Karima, Zohra, Zahia, Sabrina, Mazira, Farida , Mohamed
et plus spécialement a Abdellah.*

Ce travail n'aurait pas pu être finalisé sans la présence de ces personnes dans ma vie.

A ma collègue Kahina et à toute la promo de Génétique Appliquée 2014/2015.

À tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin dans la réalisation de ce travail.

Que dieu vous protège tous

Saida

*D*édicace

Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissance;

*A la mémoire de mon grand frère Yacine .Ton souvenir restera à jamais gravé
dans ma mémoire.*

*A mes parents pour leur amour inestimable, leur confiance, leur soutien, leurs
sacrifices et toutes les valeurs qu'ils ont su m'inculquer.*

*A vous mes chères sœurs, vous qui êtes toujours là pour moi, (Karima, Samira,
Zahia, Fatima et Nassima),*

A mon adorable frère Mazigh

A mes oncles et tantes surtout Nana Hassina

A vous mes chers cousines et cousins

Je le dédie aussi à toutes mes amies (Amel, Zahra, Karima et Fatiha)

A mes chères copines de chambre Sonia, Lamia, Siham

A ma collègue Saida, qui m'a aidé à réaliser ce travail.

A toute la promotion Master II de génétique appliquée 2014/2015

Kahina

Liste des abréviations

Abs	Absorbance
ABTS⁺	Acide 2-2-azinobis -3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique
AGPI	Acides gras polyinsaturés des membranes.
AlCl₃	Chlorure d'aluminium
CAT	Catalase
CE	Conductivité Electrique
DPPH	2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl
EAG	Equivalent Acide Gallique
EQ	Equivalent quercitrine
ERO	Espèces réactives de l'oxygène.
ERN	Les espèces réactives du nitrogène.
GPX	Glutathion peroxydases
GRd- G	Lutation Réductase,
GSSG	Glutathion oxydé
GSH	Glutathion réduit
HMF	Hydroxyméthylfurfural
H₂O₂	Peroxyde d'hydrogène
I.H.C	international honey commission
pH	Potentiel d'hydrogène
PR	Pouvoir réducteur
R	Coefficient de corrélation
SOD	Super Oxyde Dismutase

Liste des tableaux

Tableaux I : Principales différences entre miels de nectar et de miellat.....	3
Tableaux II : Propriétés biologiques du miel	9
Tableaux III : Echantillons de miels analysés (région, état, couleur).....	19
Tableaux IV : Pouvoir rotatoire des miels analysés	29

LISTE DES FIGURES

Liste des figures

Figure n° 1 : Différentes sources d'espèces réactives de l'oxygène (ERO) et leur conséquences moléculaires.....	13
Figure n° 2 : Schéma des réponses antioxydantes de la cellule face aux ROS.....	16
Figure n° 3 : Les cinq Echantillons de miels analysés.....	19
Figure n° 4 : Teneur en eau de chaque variété de miel.....	27
Figure n° 5 : pH des miels analysés.....	28
Figure n° 6 : HMF des miels analysés.....	30
Figure n° 7 : Teneurs en polyphénols totaux des miels étudiés.....	31
Figure n° 8 : Teneurs en flavonoïdes des miels étudiés.....	33
Figure n° 9 : Activités anti-radicalaires avec le DPPH des miels étudiés.....	34
Figure n° 10 : Activités anti-radicalaires avec l'ABTS des miels analysés.....	35
Figure n° 11: Pouvoir réducteur des miels étudiés.....	36

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction

Chapitre I: Synthèse bibliographique

I-1 Généralité sur le miel.....	
I-1-1 Définition	1
I-1-2 Origine et variétés.....	1
I-1-2-1. Miel du nectar.....	1
I-1-2-2. Miel du miellat.....	2
I-1-3 Composition de miel.....	7
I-1-5 Propriétés biologiques.....	9
I-1-6 Précaution relative a la consommation du miel.....	10
I-2 Activité antioxydantes.....	11
I-2-1 Généralité.....	11
I-2-2 Radicaux libres.....	11
I-2-2-1 Origine des radicaux libres.....	11
I-2-3 Stress oxydatif.....	13
I-2-3-1 Définition.....	13
I-2-3-2 Les conséquences moléculaires du stress oxydatif.....	13
I-2-4 les antioxydants.....	14
I-2-4-1 Les Antioxydants Enzymatiques.....	15
I-2-4-2 Les Antioxydants non enzymatiques.....	17

Chapitre II: Matériel et méthodes

II-1 Echantillons de miels.....	19
II-2 Analyses physico-chimiques.....	19
II-2-1 Teneur en eau et l'indice de réfraction.....	20

II-2-2 pH.....	20
II-2-3 Taux Hydroxyméthylfurfural (HMF).....	21
II-2-4 Pouvoir rotatoire.....	21
II-3 Antioxydants et activités antioxydantes.....	22
II-3-1 Antioxydants.....	22
II-3-1-1 Dosage des composés phénoliques totaux.....	22
II-3-1-2 Flavonoïdes.....	22
II-3-2 Activités antioxydantes.....	23
II-3-2-1 Activités anti-radicalaire.....	23
II-3-2-1-1 DPPH.....	23
II-3-2-1-2 ABTS+.....	24
II-3-2-2 Pouvoir réducteur.....	24

Chapitre III: résultats et discussion

III-1 Analyses physico-chimiques.....	26
III-1-1 Humidité.....	26
III-1-2 PH.....	28
III-1-3 Pouvoir rotatoire	29
III-1-4 HMF.....	30
III-2 dosage des Antioxydants.....	30
III-2-1 Antioxydants.....	30
III-2-1-1 Plyphénols.....	30
III-2-1-2 Flavonoïdes.....	32
III-3 Evaluation des activités antioxydant.....	34
III-3-1 pouvoir anti-radicalaire.....	34
III-3-1-1 Activité scavenging de radical DPPH.....	34
III-3-1-2 pouvoir anti- ABTS ⁺	35
III-3-2 Pouvoir réducteur.....	36

Conclusion.....	38
Références bibliographiques.....	40

INTRODUCTION GENERALE

Depuis des temps très reculés, les propriétés médicinales du miel ont été exploitées. L'Homme cultive des abeilles depuis environ 12 000 ans. Il y a 3500 ans, les égyptiens l'utilisaient déjà pour cicatriser les blessures et Hippocrate, le père de la médecine (450 av. J.C) l'utilisait dans de nombreux médicaments (**Bogdanov, 2001**). Malgré toute son efficacité, le miel resta longtemps un remède folklorique, et ce n'est que durant ces dernières années qu'il commença à faire naître des ambitions scientifiques.

La composition du miel dépend essentiellement des sources florales et certains facteurs externes comme les facteurs environnementaux et les méthodes de traitement. Le miel est précieux pour le traitement des maladies cardiovasculaires, le cancer, la cataracte, et plusieurs maladies inflammatoires ainsi que la cicatrisation des plaies (**Terrab et al., 2003**)

Le stress oxydant est défini comme étant une oxydation intracellulaire excessive due à un déséquilibre entre les systèmes antioxydants et les systèmes pro-oxydants en faveur de ces derniers ; impliquant la production d'espèces réactives de l'oxygène. Ces dernières, majoritairement représentées par les radicaux libres, sont à l'origine de nombreuses pathologies humaines allant de l'inflammation au cancer tout en passant par les maladies cardio-vasculaires, l'arthrite rhumatoïde, le diabète et le processus d'apoptose.. Afin de neutraliser leurs effets délétères, diverses stratégies antioxydantes ont été mises en évidence, incluant des systèmes enzymatiques et non enzymatiques.

L'activité antioxydante du miel est la capacité et le potentiel de ce dernier à réduire les réactions oxydatives dans les systèmes de production alimentaire et la santé humaine. Le miel est connu pour être riche en antioxydants enzymatiques et non-enzymatiques, notamment la glucose-oxydase, la catalase, l'acide ascorbique, les acides organiques, les acides aminés, et les protéines (**Dimitrova et al., 2007**).

Dans ce contexte s'inscrit ce présent travail de recherche dont le but est de déterminer quelques caractéristiques physico-chimiques, doser quelques antioxydants (polyphénols totaux et flavonoïdes) présents dans le miel et l'évaluation de l'activité anti-oxydante antiradicalaire (DPPH[•] et ABTS^{•+}) ainsi que son pouvoir réducteur .

I-1 Définition

Le miel est une substance sucrée naturelle produite par les abeilles de l'espèce *Apis mellifera* à partir du nectar des plantes ou des sécrétions provenant de parties vivantes des plantes ou des excréments laissés sur elles par des 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, cette denrée peut être fluide, épaisse ou cristallisée (**Codex Alimentarius, 2001**).

C'est une source d'antioxydants qui jouent un rôle important dans la santé humaine en combattant les dommages causés par les agents d'oxydation (**Ferreira et al., 2009**).

En générale, Le miel a une importance majeure dans la médecine traditionnelle, il a été utilisé depuis l'antiquité et présente un rôle dans le traitement des brûlures, les problèmes gastro-intestinal, l'asthme, les blessures infectées et chroniques, cancer de la peau, des cataractes et d'autre maux d'œil (**Ferreira et al., 2009**).

I-2 Origines et variétés de miel

Il existe, en fonction du produit ayant servi à l'élaboration du miel, deux grandes catégories: miel de nectar et miel de miellat (**Aupy et al., 1994**).

I-2-1 Miel de nectar

Le nectar est une sécrétion sucrée des plantes plus ou moins visqueuse, contient environ 90% de sucres, les plus courants étant le saccharose, le glucose et le fructose. Il est ordinairement sécrété par des glandes nectarifères ou nectaire et sa quantité dépend de très nombreux facteurs, l'origine florale, l'humidité de l'air et le moment de la journée. Dans des bonnes conditions, lorsqu'une espèce végétale produit un nectar en quantité, une colonie peut en récolter jusqu'à 5 Kg par jour. Les abeilles ne récoltent pas celui qui contient moins de 14% de sucre (**Sanz et al., 2008**).

Miels mono-floraux

Comme leur nom l'indique, les miels mono-floraux sont en principe des miels naturels issus d'une seule variété florale bien déterminée, tel que le miel d'Eucalyptus et d'Oranger (**Bogdanov et al., 2004**). Mais dans la pratique, il est impossible de certifier que

les abeilles ont bien butiné le nectar de cette seule et unique variété à 100%, car l'abeille garde toujours sa liberté de butiner où bon lui semble (**Nazarian et al., 2010**).

✚ Miels multi-floraux

Appelés parfois miels toutes fleurs, sont élaborés à partir du nectar provenant de plusieurs espèces végétales, qui sont des mélanges sans prédominance et donc sans origine florale précise, les miels poly-floraux ne sont pas susceptibles d'avoir une appellation florale, ce qui ne les empêche pas de pouvoir prétendre à une excellente qualité (**Bonté et Desmoulière, 2013**).

I-2-2 Miel de miellat

Le Miellat est une substance plus au moins liquide, épaisse et visqueuse, constitué par les excréments liquides des homoptères (psylles, cochenilles et surtout les pucerons). Il est plus dense que le nectar, plus riche en azote, en acides organiques, en minéraux et sucres complexes. Il est récolté par les abeilles en complément ou en remplacement du nectar et produit un miel plutôt sombre, moins humide que le miel de nectar (**Frederic et Alexis, 2013**).

Le miellat tire son nom de la présence d'un mélézitose, qui est un poly-glucose contenu dans le miellat. Il sert à mesurer la présence de miellat dans le miel, si sa teneur est supérieure à 0.5g/100g, on peut admettre que le miel contient du miellat (**Bogdanov, 2005**). Les miels de miellat sont d'origine forestière, récoltés en été, leurs couleurs vont du bleu clair ou brun verdâtre à une teinte presque noire avec un goût agréable et riche en sels minéraux (**Caillas, 1974**). Contrairement aux nectars, les miellats contiennent beaucoup d'éléments indigestes pour l'abeille y compris certains polyholosides (**Schweitzer, 2004**).

Il est signalé qu'il existe aussi du miel de sucre qui est produit par des abeilles nourries à l'aide de sucre (**Apfelbaum et al., 2005**).

Les principales différences entre ces deux types du miel sont rassemblées dans le tableau suivant :

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

Paramètres	Miel de Miellat	Miel de Nectar
pH	4,50	3,90
Minéraux (cendres)	0,58%	0.26%
Fructose+ glucose	61,60%	74%
Autres sucres exprimés en % des sucres totaux		
Mélézitose	86%	0.2%
Raffinose	0,84%	0.03%
Maltose + isomaltose	9,60%	7,80%

I-3 Composition de miel

Le miel est un mélange constitué principalement d'eau et de sucres ; il contient aussi des protéines, des acides organiques, des minéraux et des substances divers (vitamines, enzymes, pollens, polyphénols, pigments, substances aromatiques). Sa composition varié d'une variété a une autre et elle est influencée par de nombreux facteurs: la nature du sol et du végétal, les conditions pratique, le moment et le mode de la récolte, le mode d'extraction et de conservation, la race d'abeille, l'état physiologique des colonies et surtout le type de nourriture, mais les principaux composants sont les même dans tous les miels (Jeffrey et Echazretta ,1996).

I-3-1 Les glucides

Ils représentent la plus grande partie des constituants du miel (95-99% de la matière sèche) ; le fructose et le glucose y sont les principaux. Le miel renferme également des oligosaccharides tel que le maltose, le saccharoseetc. (Da costa Leite *et al.*, 2000).

La plupart de ses sucres ne sont pas trouvés dans le nectar mais ils sont formés durant la maturation et le stockage du miel par l'abeille (Jeffrey et Echazretta, 1996).

Les glucides sont responsables de plusieurs propriétés physico-chimiques du miel tel que la viscosité, et la granulation (Cavia *et al.*, 2007).

I-3-2 L'eau

La teneur en eau est une caractéristique importante des miels, elle conditionne la conservation du produit, son poids spécifique, et dans une certaine mesure sa cristallisation, sa saveur ; et en un seul mot, sa qualité (**Louveau, 1968**).

Selon (**Gonnet, 1982**), Lorsque les abeilles opercules les contenants du miel au niveau des alvéoles, la teneur en eau de celui-ci est de l'ordre de 17 % à 18 %.

I-3-3 Les acides

Les miels contiennent des acides organiques, dont certains volatiles, et des lactones (**Louveau, 1968**). Le plus important est l'acide gluconique. On y trouve également une vingtaine d'acides organiques comme l'acide acétique, l'acide citrique....etc. On y trouve des traces d'acide formique (un des constituants du venin), d'acide chlorhydrique et d'acide phosphorique. D'autres composés, les lactones dont la présence est constante, Ils ont également une fonction acide. Le pH, qui peut varier de 3.2 à 4.5, est égal, en moyenne, à 3.9 (**Huchet et al., 1996**).

I-3-4 Les protéines

Les protides sont présents en faible quantité (1.7 g/ kg de miel soit une teneur de 0.26%) et la teneur en azote est négligeable (de l'ordre de 0.041%). Il s'agit essentiellement de peptones, d'albumines, de globulines et des nucléoprotéines qui proviennent soit de la plante, soit de l'abeille. On y trouve également des acides aminés libres dont la proline, qui provient des sécrétions salivaires de l'abeille (**Emmanuel et al., 1996**).

Selon (**Gonnet, 1982**), certaines recherches ont permis de mettre en évidence dans différents miels la présence de 19 acides aminés libres.

I-3-5 Les matières minérales

La teneur en sels minéraux selon (**White et al., 1962**), est de l'ordre de 0.169 % en moyenne ,elle est donc faible ou très faible.

(**Louveau, 1968**), signale que d'une façon générale, les miels clairs sont nettement moins riches en cendres que les miels foncés. Les études de (**White et al., 1962**) montrent qu'il existe une relation entre la couleur des miels et leur teneur en cendres.

I-3-6 Les enzymes

Le miel contient plusieurs enzymes dont la présence est liée à l'origine double du miel : animal ou végétal, le nectar contient dès sa récolte des enzymes qui agissent sur les sucres ; les sécrétions de l'abeille viennent y ajouter les enzymes secrétés par les glandes pharyngiennes (**Louveau, 1968**). De nombreuses enzymes se retrouvent dans le miel: l'invertase, α -amylase, α -glucosidase et la glucose-oxydase capable de transformer le glucose en acide gluconique. Le miel contient aussi une catalase et une phosphatase. Ces diastases sont détruites par un chauffage exagéré du miel, il y a donc lieu d'éviter ce chauffage de miel si on veut bénéficier de leur action. Ainsi, leur dosage permet de détecter les fraudes liées au chauffage du miel (**Huchet et al., 1996**).

I-3-7 Les vitamines

Selon (**Donadieu, 1984**), il y a un grand nombre de vitamines, dont les quantités sont loin de pouvoir couvrir les besoins journaliers de l'homme. On trouve essentiellement : les vitamines B1, B2, B3, B5, B6, et C, et accessoirement (en quantité négligeable): les vitamines (A, B8, B9, D, K).

I-3-8 Les substances aromatiques

Les substances aromatiques ne sont pas importantes quant à leur poids. On dénombre plus de cinquante substances aromatiques qui peuvent permettre l'identification de l'origine des miels, car elles proviennent presque exclusivement de la plante (**Huchet et al.1996**).

(**Donadieu, 1984**), a ajouté que ces substances donnent l'arôme et le goût spécifique d'un miel déterminé, mais qui ont par ailleurs des vertus thérapeutiques.

I-3-9 Matières pigmentaires

Le miel contient des produits pigmentaires qui lui donnent sa couleur. (**Donadieu, 1984**). (**Louveaux, 1985**) ajoute que c'est probables qu'elles appartiennent aux groupes des caroténoïdes et des flavonoïdes. La coloration est une caractéristique physique très importante des miels car elle est en relation avec l'origine florale et la composition, elle va de l'incolore au noir, en général les miels d'agrumes sont plus clairs que ceux des forêts.

I-3-10 Les lipides

Le miel est pauvre en lipides : ceux qu'on y trouve sont probablement des microparticules de cire qui échappent à la filtration (**Huchet et al., 1996**).

I-3-11 Composés phénoliques

Les polyphénols sont des molécules très diversifiées, constituées d'un ou plusieurs cycles benzéniques portant une ou plusieurs fonctions hydroxyles. Les formes les plus simples sont représentées par deux principaux groupes dont dérivent de nombreux composés: les acides phénoliques et les flavonoïdes. Les formes complexes sont issues de la condensation de certaines formes simples et renferment, entre autre, les tannins (**Bernard, 2009**).

I-3-12 Hydroxy-Méthyl- Furfural (HMF)

L'hydroxy-méthyl-furfural est un composé chimique issu de la dégradation du fructose et le miel brut ne contient pratiquement pas ce produit. Cependant, sa teneur augmente au cours du stockage en fonction du pH et du chauffage prolongé des miels (**Khalil et al., 2012**).

Cet important facteur relatif à la qualité du miel est un indicateur pour la fraîcheur et le sur-chauffage d'où la durée du stockage ainsi que sa température sont les deux paramètres qui rentrent dans sa formation (**Vorlova et Elechovska, 2002**).

L'analyse de la quantité d'HMF est donc une excellente méthode pour apprécier la qualité d'un miel, des valeurs d'HMF supérieures à 40 mg/kg sont révélatrices d'une perte de qualité. Dans les miels à bas pH (le miel de nectar), l'augmentation de la valeur d'HMF est plus rapide que dans les autres miels (**Vorlova et Celechovska, 2002**).

I-4 Propriétés physiques du miel**I-4.1 La couleur**

La teinte a été étudiée dans un but pratique : elle constitue un facteur de classement important au plan commercial (**Huchet et al., 1996**).

La couleur des miels est due aux matières minérales qu'il contient. La teneur en cendres des miels est inférieure à 1%, la moyenne étant 0.1%. La variabilité est grande puisque les miels les plus pauvres en matières minérales contiennent 0.02% de cendres. Il s'agit de miels très clairs; les plus foncés étant les plus minéralisés (**Huchet et al., 1996**).

I-4-2 La viscosité

La plupart des miels se comportent comme des liquides newtoniens; certains d'entre eux, ont du fait de leur composition particulière, des propriétés particulières (**Huchet et al., 1996**).

I-4-3 La densité

La densité du miel est comprise entre 1.39 et 1.44 à 20°C (**Jean- prost et Médori, 2005**).

Les deux propriétés, densité et viscosité, dépendent fortement de la teneur en eau, de la température et à moindre degré de la composition chimique de miel (**Gidamis et al., 2004**)

I-4-4 L'indice de réfraction

L'indice de réfraction est une propriété optique qui caractérise toute substance transparente. Il est en fonction de la teneur en eau et de la température. L'indice de réfraction de miel est d'autant plus élevé que sa teneur en eau est plus basse (**Gonnet, 1982**).

I-4-5 La conductivité thermique et électrique

La conductivité thermique du miel est relativement faible et selon (**Gonnet, 1982**) le miel est un mauvais conducteur de la chaleur, donc un bon isolant thermique.

La conductivité électrique est la propriété d'un corps qui permet le passage du courant électrique. C'est donc l'inverse de la résistivité.

(**Donadieu, 1984**), signale que le miel à une conductivité électrique dans de fortes proportions suivant sa teneur en eau et sa teneur en matières minérales.

I-4-6 L'acidité

Le pH d'un miel est dépendant la quantité d'acide ionisable qu'il renferme (ions H⁺) ainsi que de sa composition minérale (ions OH⁻). Plus le taux de la matière minérale est fort, plus le pH de miel se rapproche de la neutralité (**Gonnet, 1982**). Selon (**Donadieu, 1984**), le miel est acide et son pH est en moyenne entre 3.5 et 6.

I-4-7 Le pouvoir rotatoire

Le Pouvoir rotatoire des miels concerne leur action sur la lumière polarisée. (Jean- prost et Médori, 2005). La majorité des miels font tourner à gauche la lumière polarisée dites lévogyres, mais il existe des miels dextrogyres, qui par conséquent font tourner le plan de polarisation à droite. Le pouvoir rotatoire du miel est une donnée peu significative, car les divers sucres qu'il contient ont tous un pouvoir rotatoire différent (Louveau, 1985).

I-4-8 La Cristallisation

La cristallisation des miels est un phénomène très important car c'est de lui que dépend en partie leur qualité (Huchet *et al.*, 1996). Le miel consiste en une solution sucrée sursaturée. La cristallisation du miel est ainsi un processus naturel. La vitesse de cristallisation dépend surtout de la teneur en glucose du miel. Les miels dont la teneur en glucose est inférieure à 28 g/100 g ou dont le rapport glucose/eau est inférieure à 1,7 restent plus longtemps liquides. Les miels à cristallisation rapide se cristallisent le plus souvent très finement, alors que les miels à cristallisation lente ont tendance à avoir une cristallisation grossière. Une cristallisation fine peut être obtenue par des procédés spéciaux d'ensemencement (Bogdanov, 2005).

I-4-9 Hygroscopie

Le miel tend à absorber l'humidité de l'air et si on le laisse trop longtemps dans une atmosphère humide, cette absorption peut être considérable. Un miel normal, contenant 18% d'eau, peut atteindre, au bout de trois mois, une hygrométrie de 55%, son poids va alors augmenter de 84%. D'autre part, lorsqu'on veut dessécher le miel, il est nuisible de le maintenir en atmosphère rigoureusement sèche, parce qu'il se forme en surface une pellicule dure qui empêche le reste d'eau de s'évaporer (Emmanuelle *et al.* , 1996).

I-5 Propriétés biologiques

Le miel présente de très nombreuses propriétés biologiques, voici les principales représentées dans le tableau suivant :

Tableaux II: Les principales propriétés biologiques du miel.

	Propriétés biologiques	Référence
Propriétés nutritionnelles	Il est souvent utilisé par les sportifs pour sa haute valeur énergétique : 310Kcal/100g.	(Gout, 2009) .
Propriétés anti - inflammatoire	Il a été démontré que l'effet du miel sur les cellules immunocompétentes intervient lors de l'inflammation.	(Tanks , 2001).
Propriétés anti - bactériennes	Il est à noter que ces composés agissent principalement sur les bactéries à gram positif. Finalement, le pH bas et la faible quantité d'eau du miel lui confèrent des propriétés naturelles de bactéricides et de bactériostatiques. Il présente un effet inhibiteur autour de 60 espèces de bactéries.	(Bogdanovet <i>al.</i> , 1997) (Mandal et mandal, 2011).
Propriétés anti - oxydante	L'action des antioxydants consiste à neutraliser les radicaux libres, molécules hautement réactives causant des dommages importants aux protéines, à l'ADN cellulaire et aux membranes cellulaires. Une grande production des R.L induit ce qu'on appelle un stress oxydatif, qui est la cause majeure de certaines pathologies comme, le cancer, les maladies de cœur, déficits immunitaire, cataracte et les différents processus inflammatoires	(Ferreira et <i>al.</i> , 2009) (Bertonceljet <i>al.</i> , 2007)

I-6 Précaution relative à la consommation du miel

Bien que le miel présente des propriétés thérapeutiques importantes, il y a quelques précautions qu'il faut prendre en considération qui sont les suivantes :

I-6-1 Boutulisme infantile

C'est une maladie rare causée par l'ingestion des spores prévenues des bactéries *Clostridium botulinum*. Vu que la flore microbienne intestinale d'un enfant de moins

d'un an est immature, elle ne lui permet pas une digestion suffisamment rapide de ces spores pour en empêcher la germination. Cette germination dans l'intestin permet la production d'une neurotoxine qui cause divers symptômes pouvant aller jusqu'à la mort de l'enfant (Nevas *et al.*, 2005).

I-6-2 Les caries dentaires

Comme tous les produits contenant des glucides, le miel a un pouvoir cariogène important. En effet, il peut causer des caries dentaires au même titre que le cola ou le sucre blanc. Comme il peut causer en plus de ces caries, de l'érosion sur l'email, ce qui augmente la sensibilité des dents et le risque des caries.

I-6-3 L'allergies

Les symptômes de l'allergie au miel sont variés: urticaires généralisées, les angio-œdèmes, symptômes digestifs à type de douleur abdominale et /ou de diarrhée, anaphylaxie aigüe (karakaya, 1999).

I-2 Activité antioxydante

I-2-1 Généralité

Nos cellules et tissus peuvent être soumis à une grande variété d'agression physiques (traumatisme, irradiation, hyper ou hypothermique), chimiques (acidose, toxines) et métaboliques (exposition à des xénobiotiques, privation d'un facteur hormonal ou facteur de croissance). La plupart de ces agressions débouchent sur une expression commune appelée stress oxydant, dû à l'exagération d'un phénomène physiologique, normalement très contrôlé, la production de radicaux dérivés de l'oxygène (**Walker et al ., 1982**).

L'action des antioxydants consiste à neutraliser les radicaux libres, molécules hautement réactives causant des dommages importants aux protéines, à l'ADN cellulaire et aux membranes cellulaires (**Tomczak, 2010**).

Les antioxydants présents dans le miel sont : oxydases du glucose, catalases, acide ascorbique, flavonoïdes, acides phénoliques, caroténoïdes, acides organiques, acides aminés et protéines (**Anso, 2012**).

I-2-2 Radicaux libres

les radicaux libres sont des espèces d'atomes ou des molécules caractérisées par une instabilité et /où un pouvoir oxydant fort, elles se différencie par la présence d'un électron non apparié sur la couche électronique la plus externe qui leur confère une grand réactivité sur les constituants organiques (**Favier, 2003**). Elles sont représentées par les espèces réactives de l'oxygène (ERO) et les espèces réactives du nitrogène (ERN) qui sont des produits du métabolisme cellulaire normal (**Dastmalchi et al.,2007**).

I-2-2-1 Origine des radicaux libres

Les cellules utilisant l'oxygène, produisent différentes espèces réactives de l'oxygène ou du nitrogène, impliquées dans des milliers de réactions chimiques qui accompagnent l'activité métabolique cellulaire. Les agents et stimuli endogènes ou exogènes à l'organisme induisant la production de substances pro-oxydantes hautement cytotoxiques sont nombreux.

I-2-2-1-1 Les sources endogènes

Les radicaux étant très réactifs ont une durée de vie courte. Il est donc difficile d'étudier leur métabolisme, si bien que les connaissances concernant leur production dans des conditions physiologiques et pathologiques sont encore limitées.

Le métabolisme cellulaire (respiration oxydative mitochondriale, dégradation de composés étrangers par le système cytochrome P450...) l'action d'enzyme, de cytokines et de mitogènes, la réponse immunitaire, l'exposition excessive à des facteurs environnementaux (xénobiotiques, sels métalliques, irradiation ionisantes, pathogènes, ect.) génèrent des radicaux libres (**Fortuno et al., 2005**).

La formation des radicaux libres s'effectue au niveau de divers organites cellulaires à des fins de défenses, pour la transduction des signaux et sont impliqués dans plusieurs processus physiologiques. Parmi ses organites : Mitochondries, le cytosol, le peroxyosome et le réticulum endoplasmiques (**Gardés et al., 2003 ; Fridovich, 1983 ; Thannickal et Fanburg, 2000 ; Gutierrez, 2000**).

I-2-2-1-2 Les sources exogènes

La génération des radicaux libres apparaît donc essentiellement intracellulaire, mais elle peut être d'origine extracellulaire. Bien que les sources soient nombreuses on peut citer les sources exogènes suivantes : pro-oxydants environnementaux tels que les pesticides, les métaux lourds, la fumée de cigarettes, les polluants, la poussière (d'amiante, de silice), et les composés induits par la prise de certains médicaments comme la phénacétine (anti-inflammatoire non stéroïdienne), la détoxification de certaines drogues comme les antiseptiques (métronidazole) ou par le rayonnement électromagnétique (radiation ionisante, lumière ultraviolette), ou bien lors d'un coup de chaleur.

La réactivité varie d'un radical libre à un autre et dépend de l'environnement où ils sont présents, sont pour la plupart des radicaux chimiques dérivés de l'oxygène. La Figure 1 résume les principales sources des espèces réactives d'oxygène et leur impact moléculaire.

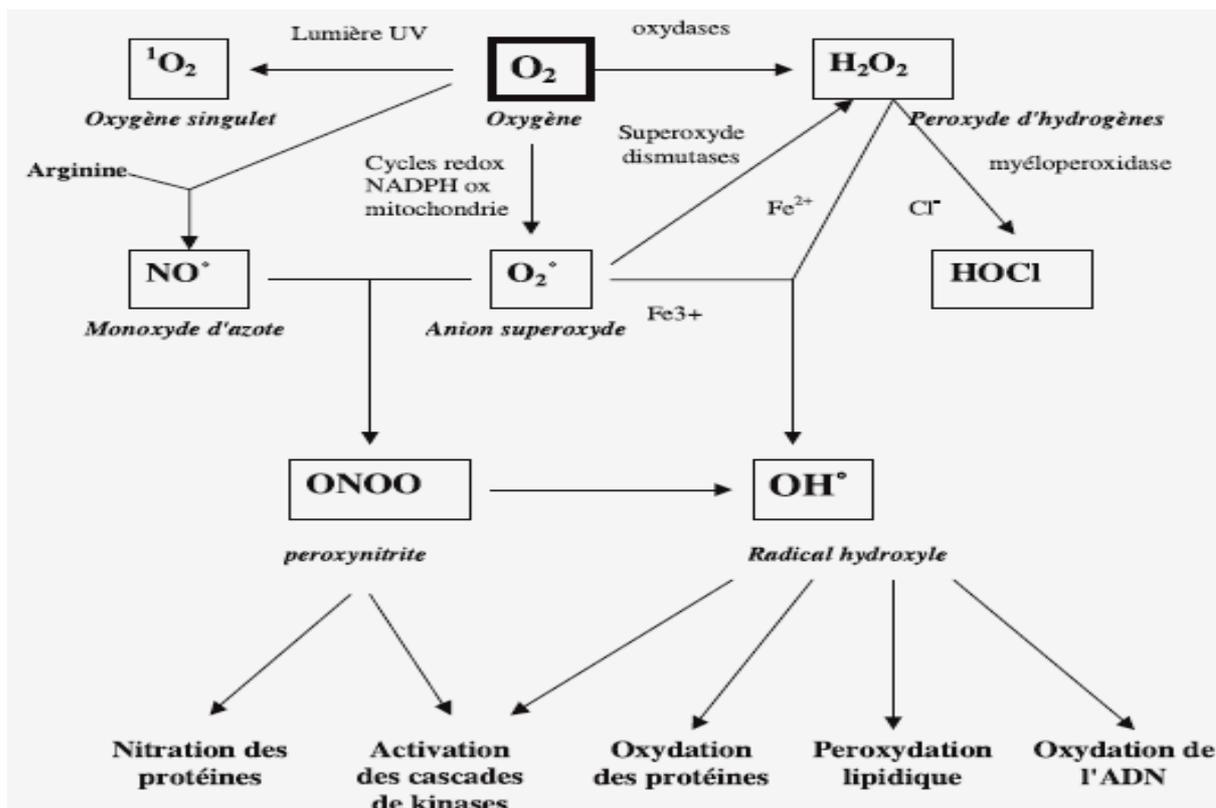


Figure 1: Différentes sources d'espèces réactives de l'oxygène (ERO) et leur conséquences moléculaires (Favier, 2003).

I-2-3 Stress oxydatif

I-2-3-1 Définition

Le stress oxydant se produit lorsqu'il y a un déséquilibre entre la production des radicaux libres et les défenses antioxydantes. Il est produit soit par déficit en antioxydants ou par une production accrue des radicaux libres (Favier, 2003).

I-2-3-2 Les conséquences moléculaires du stress oxydatif

La production excessive des radicaux libres provoque des lésions directes de molécules.

Les premières molécules biologiques qu'elles rencontrent sont particulièrement : les acides nucléiques, les acides aminés et les lipides (Favier, 2003).

I-2-3-2-1 L'oxydation de l'ADN

Le radical hydroxyle OH[·] oxyde les constituant de l'ADN et provoque ainsi la mutagenèse, la carcinogénèse et a la mort cellulaire (**Krippel-Drews et al., 1994**).

I-2-3-2-2 L'oxydation des protéines

L'action des radicaux libres a lieu sur les chaînes latérales de certains acides aminés de protéines ; les plus sensibles sont les acides aminés aromatiques ou bien ceux ayant un noyau imidazole comme l'histidine, sur lequel le radical libre s'additionne et provoque un changement de conformation de la protéine. Comme ils sont également responsables de la formation de ponts disulfures qui modifient aussi la conformation des protéines et nuisent à leur activité biologique (activité enzymatique, transduction d'un signal ou système de transport) (**Jacques et André, 2004**).

I-2-3-2-3 L'oxydation des lipides

Les lipides sont les constituant essentiels des membranes cellulaire et des lipoprotéines, les acides gras polyinsaturés des membranes (AGPI) sont la cible privilégiée du radical hydroxyle capable de lui arracher un électron, pour former un radical acide polyinsaturé qui va très vite évoluer en un radical diène conjugué, plus stable et par fixation d'oxygène va former un radical peroxyde . Après propagation y'aura création d'un nouveau radical carboné (**Emerit et al., 1991**).

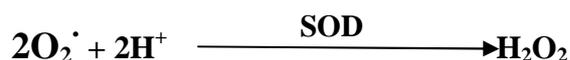
I-2-4 les antioxydants

Les antioxydants sont définis comme l'ensemble des molécules susceptibles d'inhiber directement à faibles doses la production ou limiter la propagation des ERO ou bien leurs destructions total (**Favier, 2003**). Les systèmes antioxydants peuvent être divisés en deux catégories : les antioxydants enzymatiques et les antioxydants non enzymatiques.

I-2-4-1 Les Antioxydants Enzymatiques

L'organisme humain possède un système enzymatique activé suite à l'induction d'un stress oxydant, constitué principalement de trois enzymes qui sont de véritables armes naturelles fabriquées par notre organisme et qui ont chacune leur lieu et leur mode d'action, tout en agissant de manière complémentaire : les superoxydes dismutases (SOD), la catalase (CAT) et les glutathions peroxydases et réductases (GPx,GR), qui catalysent les réaction suivantes :

- La Super Oxyde Dismutases (SOD) est une enzyme qui existe sous deux formes : une cytoplasmique nécessite, comme cofacteur, les ions de cuivre et de zinc (CuZnSOD), et une autre mitochondriale utilisant le manganèse comme cofacteur (MnSOD) (**Jacques et André, 2004**). Cette enzyme assure l'élimination de l'anion superoxyde, première espèce toxique formée à partir de l'oxygène. Elle assure ainsi la première ligne de défense contre le stress oxydant :



-Les catalases sont des enzymes qui permettent d'éliminer les déchets issus des réactions d'oxydation (peroxyde d'hydrogène en particulier) (**Jacques et André, 2004**).



-La glutathion peroxydase est une enzyme qui constitue l'un des plus importants systèmes enzymatiques de protection car elle est capable non seulement de la détoxification de peroxyde d'hydrogène, mais aussi d'autres hydro-peroxydes résultant de l'oxydation du cholestérol ou des acides gras.

Le peroxyde d'hydrogène est réduit par la glutathion peroxydases avec formation du glutathion sous sa forme oxydée.



La glutathion sous sa forme oxydée est régénéré en glutathion par la GSH réductase (enzymes de globule rouge) qui utilise le NADPH.



Les glutathions peroxydases sont constituées d'acides aminés (la glutamine, la cystéine et la glycine) que l'on trouve dans les protéines animales ou végétales. ces trois acides aminés sont indispensables à la synthèse de glutathion qui contribue au bon fonctionnement du système de défense anti-radicalaire (Jacques et André, 2004).

La défense enzymatique contre les ERO fait appel a trois enzymes principales qui sont représentées dans la figure 2 .

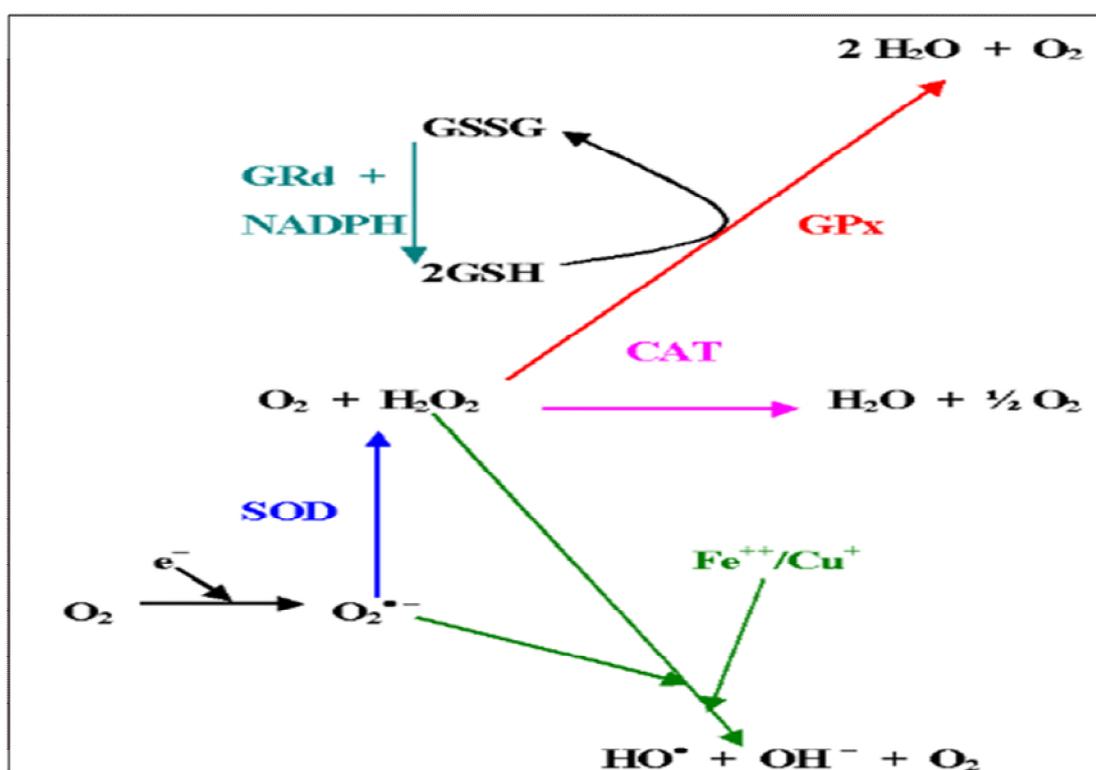


Figure2 : Schéma des réponses antioxydantes de la cellule face aux ROS : GRd – Glutathion Réductase, GPx - Glutathion Peroxydase, CAT - Catalase, SOD - Superoxyde Dismutase, en vert - Réaction de Fenton, GSSG - Glutathion oxydé, GSH - Glutathion réduit (Carriere et al., 2006).

I-2-4-2 Les Antioxydants non enzymatiques

La plupart des antioxydants non enzymatiques comprennent des molécules qui sont apportés par l'alimentation (exogènes) que les molécules dont dispose l'organisme (endogènes).

Les antioxydants exogènes sont ceux que nous consommons tous les jours dans notre régime alimentaire, notamment ceux contenus dans les fruits et légumes.

I-2-4-2-1 Les vitamines**I-2-4-2-1-1 Vitamine A**

La vitamine A est le plus puissant des antioxydants de l'organisme. Elle protège les membranes cellulaires et les lipoprotéines et forme un facteur important de prévention des cancers et des maladies cardio-vasculaires. Présente entre autres dans les amandes, les noix et les noisettes.

I-2-4-2-1-2 la vitamine E

La vitamine E est un antioxydant liposoluble, s'incorpore facilement dans les membranes cellulaires. Consommée en quantité suffisante, elle pourrait y stopper les réactions en chaîne amorcées par les radicaux libres. Sa prise sous forme de supplément en gélules doit être utilisée avec prudence, car elle peut causer des accidents vasculaires (**Diallo, 2005**).

I-2-4-2-1-3 Vitamine C

Autres grande vitamine antioxydant, la vitamine C, ou acide ascorbique, est capable de piéger les divers radicaux libres, et de régénérer la vitamine E. Elle a aussi son rôle immunostimulant. On a pu établir une relation entre ses propriétés antioxydantes et immunostimulantes et ses effets anti- cancérogènes. Sans oublier son éventuel effet bénéfique sur le système vasculaire, lié à sa capacité à augmenter le HDL cholestérol. (**Lecerf et al., 1994**).

I-2-4-2-2 Les Oligo-éléments

Ces oligo-éléments interviennent comme cofacteurs d'enzymes indispensables dans la lutte contre les radicaux libres. Parmi ces oligo-éléments, le zinc, le sélénium et le manganèse qui ont une action définie :

- ✚ le zinc ainsi que le cuivre jouent un rôle structural, antioxydant pour les superoxydes dismutases.
- ✚ Le sélénium est connu pour ses propriétés antioxydantes. Il entre dans la constitution de la glutathion peroxydase (GPx).
- ✚ Le manganèse appartient au superoxyde dismutase (SOD) mitochondriale. Cette enzyme fait partie du système de défense antioxydant endogène de l'organisme (Favier, 2003).

I-2-4-2-3 Composés phénoliques

Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires dont les principales sources sont les sécrétions végétales. Des acides phénoliques (acides benzoliques et cinnamiques), flavonoïdes (flavones et flavonones) sont identifiés en proportions très variables dans des miels (Al-Mamary *et al.*, 2002). Ces substances sont dotées d'une activité antioxydante (Marquele *et al.*, 2005). Les flavonoïdes possèdent des propriétés anti-oxydantes très intéressantes, car ils participent à la neutralisation des radicaux libres de l'organisme.

Selon Bogdanov. (2011), la quantité et le type de flavonoïdes varient selon la source florale. Les phénols interviennent sur la coloration par l'intermédiaire des flavonoïdes susceptibles de contribuer à la coloration jaune du miel (Amiot *et al.* , 1989).

Par ailleurs, 30 composés phénoliques ont été identifiés dans des miels algériens (Ouchemoukh, 2012).

II-1 Echantillons de miels

Notre étude a été réalisée sur cinq échantillons de miel récoltés en 2015 dans différentes régions de la wilaya de Bejaia (Tableau III) , conservés dans un flacon en verre stérile couvert avec l'aluminium, hermétiquement fermé et gardés à la température ambiante, cette technique est utilisée pour protéger les composés sensibles à la chaleur et à la lumière.

Tableau III: Echantillons de miels analysés (région, état, couleur)

Echantillons de miel	Origines géographique	Etat	Couleur
13b4	Ibdjen	Liquide	Jaune
7b4	Seddouk	Cristallisé	Marron
6b4	Seddouk(Bouhamza)	Cristallisé	Marron foncé
4b4	Akbou	Cristallisé	Jaune
3b4	Akfadou	Cristallisé	Jaune

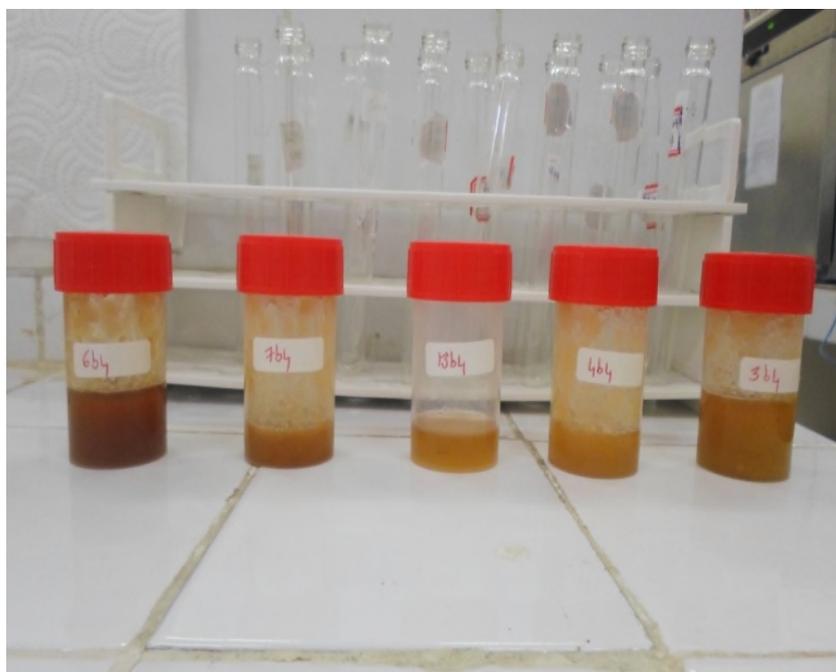


Figure 3: les cinq Echantillons de miels analysés.

II-2-2 Caractéristiques physico-chimiques

Cinq paramètres physico-chimiques sont déterminés : la teneur en eau, l'indice de réfraction, le pH, le taux d'HMF et le pouvoir rotatoire.

II-2-2-1 Teneur en eau et l'indice de réfraction

✚ Principe

La teneur en eau du miel est le critère de qualité qui détermine la capacité du miel à rester stable et à résister à la détérioration par fermentation de la levure : la teneur en eau influe sur la fermentation du miel pendant le stockage, cette dernière est mesurée avec le réfractomètre d'Abbé. (Le réfractomètre est réglé à 20 °C, il est étalonné avec de l'eau distillé).

✚ Mode opératoire

L'échantillon du miel est placé dans un flacon fermé après homogénéisation, le flacon est placé dans un bain marie à 50 °C jusqu'à ce que les cristaux des sucres sont dissous, il faut assurer la propreté du prisme du réfractomètre, la surface de ce dernier est couvert par une goutte du miel, l'indice est affiché après quelques secondes. La teneur en eau est obtenue par correspondance à la table de CHATWAY (I.H.C, 2002) (Annexe 1).

➤ Relation entre la teneur en eau et l'indice de réfraction

La relation entre la teneur en eau et l'indice de réfraction est montrée d'après la formule développée par Wedmore :

$$W = 1.7319 - \log (R.I - 1) / 0.002243$$

W (water) : contenant d'eau en g dans 100 g du miel.

R.I : indice de réfraction.

II-2-2-2 pH

Les étapes de calcul du pH selon la méthode rapportée par **Bogdanov et al. (1999)** sont :

- Dissolution de 2.5 g du miel dans 25 ml d'eau distillée.
- L'échantillon est remué par un agitateur magnétique, le pH est relevé par des électrodes de pH-mètres déposées au niveau de l'échantillon.

II-2-2-3 Taux d' Hydroxyméthylfurfural (HMF)

Selon la méthode de **Bogdanov et al., (1997)**. Une quantité de 5 g de miel est dissoute dans 25 ml d'eau distillé. 2 ml de solution de Carrez I (solution d'hexacyanoferrate de potassium à 15%) et de Carrez II (solution d'acétate de zinc à 30 %) y sont additionnées. Le mélange est transféré dans une fiole de 50 ml puis le volume est ajusté avec de l'eau distillée. Quelques minutes après, le mélange est filtré avec du papier filtre Whatman et les 10 ml du premier filtrat sont écartés. Ensuite, 5 ml du filtrat sont introduits à chaque tube à essai, 5 ml de bisulfate de sodium sont additionnés à la solution de référence et 5 ml d'eau distillée sont ajoutés à la solution d'échantillon. Après homogénéisation l'absorbance de la solution d'échantillon est lue contre celle de référence à 284 nm et à 336 nm. La teneur en HMF est calculée selon la formule suivante :

$$[\text{HMF}](\text{mg/kg}) = (A_{284} - A_{336}) \times 149,7 \times 5 / W$$

A_{284} : absorbance à 284 nm

A_{336} : absorbance à 336 nm

W : masse en grammes de l'échantillon de miel

5 = poids nominal théorique de l'échantillon

II-2-2-4 Pouvoir rotatoire**✚ Principe**

Le pouvoir rotatoire est une méthode simple, basée sur la mesure directe par un polarimètre (Polaser-SI) de solution aqueuse du miel claire et filtrée.

✚ Mode opératoire

Une masse de 12 g de miel est dissoute dans de l'eau distillée. Un volume de 3 ml de la solution d'hexacyanoferrate de potassium (15%) et 3 ml de la solution d'acétate de zinc (30%) y sont ajoutés. Le volume est ajusté à 100 ml avec de l'eau distillé et après 24h les solutions sont filtrées. Le filtrat est versé dans le polarimètre (Polaser-SI) ayant un tube de 10 cm de longueur. La valeur affichée sur l'appareil à l'échelle de la solution de saccharose et à température de 20 °C donne la valeur du pouvoir rotatoire (**Bogdanov et al., 1997**).

II- 3- Antioxydants et activités antioxydantes

II-3-1 Antioxydants

II-3-1-1 Dosage des phénols totaux

✚ Principe

La teneur en composés phénoliques est évaluée selon la méthode décrite par **Naithani *et al.*, (2006)**. Cette méthode est basée sur la réaction colorée des composés phénoliques avec le réactif de Folin Ciocalteu, qui est utilisée pour déterminer le taux des phénols totaux dans l'échantillon. Lors de la réaction avec des phénols, le réactif le Folin-Ciocalteu est réduit à un oxyde de couleur bleue (de tungstène et de molybdène), l'intensité de cette dernière est proportionnelle au taux de composés phénoliques présents dans la solution (**Ribéreau-Gayon *et al.*, 1982**).

✚ Mode opératoire

Un volume de 200 µl de la solution de miel (0,1 g /ml) est additionné de 200 µl de réactif de Folin – Ciocalteu (50%) et de 4 ml de carbonate de sodium (2 %). Après 30 min à l'obscurité, l'absorbance est lue à 750 nm et les taux en composés phénoliques sont déterminées en se référant à la courbe d'étalonnage réalisée avec de l'acide gallique. Les résultats sont exprimés en mg équivalent acide gallique par 100 g de miel (mg EAG/100 g) (**Annexe 2, figure 1**).

II-3-1-2 Flavonoïdes

✚ Principe

Le dosage des flavonoïde est effectué suivant le protocole de **Al *et al.*, (2009)** avec quelques modifications. Le principe de cette méthode repose sur la capacité des flavonoïdes à chélater des métaux (chlorure d'aluminium $AlCl_3$) et de former ainsi un complexe de coloration jaunâtre .L'intensité de la couleur dont l'absorbance maximale est de 510nm est proportionnelle à la quantité de complexes formés.

✚ Mode opératoire

1 ml de la solution du miel à concentration (0.5g/l) est mélangé avec 300µl de nitrite de sodium (5%). Après 5 minutes un volume équivalent de chlorure d'aluminium (10%) est additionné après 6 minutes, puis l'ajout de 2ml de soude (1M).

L'absorbance est lue à 510nm. Les résultats sont exprimés en mg d'équivalent quercétine par 100g du miel (mgEAG/100 g) (**Annexe 2, figure 2**).

II-3-2 Activité antioxydante

L'activité antioxydante des miels a été déterminée selon deux méthodes, la première est l'estimation de pouvoir réducteur qui mesure la capacité des extraits à réduire les ions métallique (fer ferrique en fer ferreux) et la deuxième évalue le pouvoir anti radicalaire en mesurant le pourcentage de neutralisation des radicaux (DPPH et ABTS) par les extraits de miels.

II-3-2-1 Activités anti-radicalaire

II-3-2-1-1 Activité anti- DPPH

principe

Le DPPH (2,2-diphényle-1-picrylhydrazyl) est définie comme radical libre stable par la vertu de la délocalisation de l'électron disponible qui provoque la couleur violette profonde, caractérisée par une absorption. Il réagit avec des groupements amine, les phénols et les acides. Quand la solution de DPPH est mélangée à celle d'une substance qui peut donner un atome d'hydrogène ou un électron, alors ceci provoque la forme réduite (DPPH₂) avec la perte de la couleur violette et l'apparition d'une couleur jaune pâle due à la présence de groupement picryl et l'absorbance est lue à 517 nm (**Epifano et al., 2007**).

Mode opératoire

L'évaluation de la capacité antioxydante est réalisée selon la méthode décrite par **Gulcin et al. (2003)** : 1 ml d'une solution méthanolique de DPPH (6*10⁻² mM) est mélangé avec 0,5 ml de l'échantillon de miel (0,025 g/ml). Le mélange obtenu est ensuite gardé à l'abri de la lumière à la température ambiante pendant 20 min. Puis l'absorbance est mesurée à 517 nm contre un témoin composé de 1 ml de la solution de DPPH et de 0,5 ml de l'eau distillée. La préparation des échantillons et du témoin est réalisée dans les mêmes conditions opératoires.

La décroissance de l'absorbance est mesurée au spectrophotomètre et le pourcentage d'inhibition est calculé suivant la formule suivante :

$$\text{Activité anti radicalaire (\%)} = (\text{Abs}_b - \text{Abs}_e / \text{Abs}_b) \times 100$$

Dont :

Abs_b : absorbance du blanc.

Abs_e : absorbance de l'échantillon.

II-3-2-1-2 Activité anti- ABTS+

✚ Principe

Le radical cation ABTS⁺, (acide 2-2-azinobis 3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique) est formé par l'oxydation de l'ABTS incolore avec différents composés, comme le peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) ou le persulfate de potassium (**Re et al., 1999**). Le composé à tester est ajouté au radical préformé et l'absorbance résiduelle du radical ABTS⁺ est lue à 734 nm (**Schlesier et al., 2002**).

✚ Mode opératoire

L'activité scavenging du radical ABTS⁺ des miels est déterminée selon la méthode rapportée par **Re et al. (1999)**. Un volume de 0,5 ml de la solution de miel (0,025 g/ml) est mélangé avec 1 ml de la solution d'ABTS (7 mM). L'absorbance du mélange est lue après 7 min à 734 nm. La différence d'absorbance entre la solution d'ABTS 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 :

$$\text{Activité anti radicalaire (\%)} = (Abs_b - Abs_e / Abs_b) \times 100$$

Abs_b : absorbance du blanc

Abs_e : absorbance de l'échantillon

II-3-2-2 Pouvoir réducteur

✚ Principe

Le pouvoir réducteur est estimé par l'aptitude des antioxydants présents dans les solutions de miel à réduire le fer ferrique (Fe₃) en fer ferreux (Fe₂) en présence d'un chromogène, le ferricyanure de potassium [FeCl₃/K₃Fe(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 (**Wang et al., 2008**).

✚ Mode opératoire

Le pouvoir réducteur des miels a été déterminé selon la méthode décrite par **Benhammou *et al.* (2009)** :

- ✚ 0.5 ml de chaque solution du miel à concentration 0.05g/ml a été mélangé avec 0.5ml de la solution tampon phosphate (0.2 M, pH 6.6), et 0.5 ml de ferricyanure de potassium (1%).
- ✚ après agitation, les mélanges ont été incubés à 50 °C pendant 20 minutes, puis 0.5ml d'acide trichloracétique (10%) a été ajouté pour arrêter la réaction.
- ✚ après 0.5ml du mélange a été transféré dans un tube à essai et additionné à 0.8ml d'eau distillé, ensuite 0.1 ml de la solution de chlorure ferrique FeCl₃ (0.1%) fraîchement préparé est ajoutée.
- ✚ l'absorbance a été lue à 700 nm.
- ✚ les résultats sont exprimés en mg équivalent d'acide gallique par 100 g d'extrait (mg EAG/100g) (**Annexe 2, figure 3**).

III-1 Analyses physico-chimiques

III-1-1 Humidité

La teneur en eau est un élément important d'évaluation du degré de maturité du miel et de sa durée de stockage. Elle est étroitement liée à la qualité du miel, sa viscosité, sa cristallisation, sa fermentation et sa saveur (Nombre *et al.*, 2010).

Généralement une quantité d'eau élevée provoque la fermentation de miel, la perte de saveur et la perte de sa qualité. Elle pourrait aussi accélérer la cristallisation de certains types de miel et accroître son activité d'eau à des valeurs où certaines levures pouvant se développer (Doukani *et al.*, 2014).

Le taux d'humidité nous renseigne sur les variations de teneur en eau de chaque variété de miel collectée. Les résultats obtenus sont représentés par la figure 4.

L'humidité des échantillons de miels testés varie de $16.66 \pm 0.30\%$ (13B4) à $19.63 \pm 0.61\%$ (7B4) avec une moyenne de 18.52%, ce qui correspond à des indices de réfraction de 1,4845 et 1,4775, respectivement. Qui se retrouve dans les normes internationales selon le **Codex Alimentaire, (2001)** et ces résultats indiquent que ces miels sont bien mûrs.

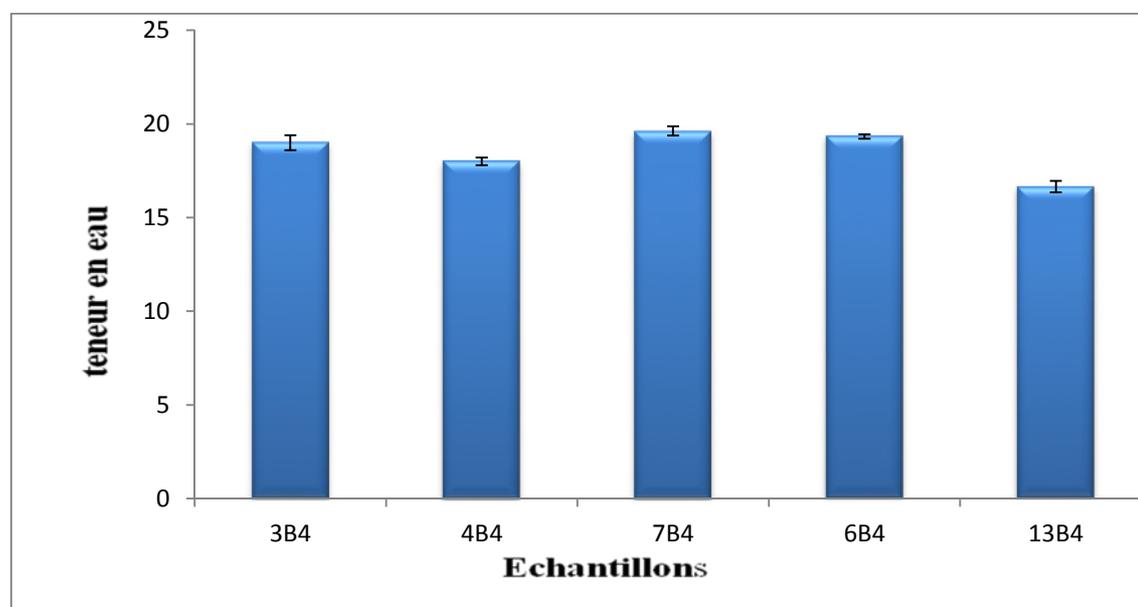


Figure 4: Teneur en eau de chaque variété de miel.

Les valeurs d'humidité obtenues sont inférieures à 20 % , la limite autorisée par l'union européenne (2002) et le codex alimentaire (2001) ce qui indique que le risque de fermentation est très faible pour ces miels.

Le taux d'humidité le plus faible était $16.6 \pm 0.30\%$ dans l'échantillon (13B4); ce miel est polyfloral et provient de la région d'IBDJEN qui est caractérisée par un climat chaud et sec. Ce là confirme que le risque de fermentation est plus faible dans cet échantillon.

On conclut que ces échantillons peuvent être conservés sans risque d'altération de leurs propriétés physico-chimiques.

Les humidités obtenues dans cette présente étude sont similaires à celles rapportés par (Djossou et al., 2013).

La variation de la teneur en eau peut être due aux différentes conditions environnementales telles que : le climat, l'origine florale des échantillons du miel, la teneur en eau des nectars (Bogdanov et al., 2004) et les techniques de traitement et les conditions de stockage (Ozcan et al., 2006) .

III-1-2 PH

Le pH est un critère de qualité qui figure dans les normes internationales .Les valeurs de pH des variétés de miel étudiées obtenues représentées par la figure 5.

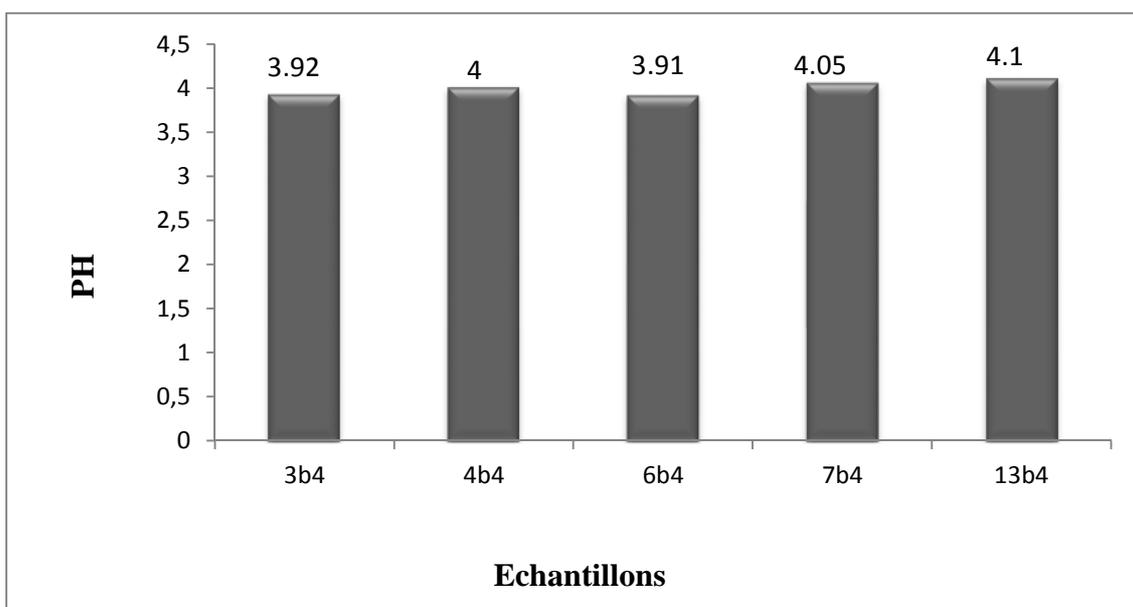


Figure 5: pH des miels analysés.

Le pH des miels étudiés est compris entre 3,91 et 4,05 avec une moyenne de 3,99. Donc tous les miels analysés ont un caractère acide.

Ces résultats sont conformes avec ceux rapportés par **Doukani et al. (2014)**, qui ont signalé que les miels issus de nectar ont un pH compris entre 3,5 et 4,5, ainsi que ceux de **Djossou et al. (2013)** (3,57 à 5,30).

Aucun de ces échantillons étudiés ne dépassait la limite permise, ce qui peut être considéré comme un indice de fraîcheur. On conclut que nos échantillons sont tous des miels de nectar.

Ibrahim Khalil et al. (2012), indiquent que le miel est naturellement acide indépendamment de son origine géographique, qui peut être due à la présence d'acides organiques qui contribuent à sa saveur et sa stabilité contre la détérioration microbienne. Le pH des échantillons du miel est important au cours du processus d'extraction, car elle affecte la texture, la stabilité et la durée de stockage. Le pH du miel est suffisamment bas pour ralentir ou empêcher la croissance de nombreuses espèces de bactéries (**Malika et al., 2005**).

III-1-3 Pouvoir rotatoire

Les miels de nectars possèdent un pouvoir négatif lévogyre alors que c'est l'inverse pour les miels de miellat qui sont dextrogyres. Donc le pouvoir rotatoire est un excellent moyen pour différencier les deux types de miels (**Bogdanov, 2011**).

Les résultats du pouvoir rotatoire des 5 échantillons de miels varient entre $-8 \pm 0,09$ (7B4) et $-6,5 \pm 0,01$ (3B4) (**Tableaux VI**).

Le miel de (7B4) est très lévogyre par rapport aux autres miels et cela peut être dû à la nature des sucres qui le composent.

On conclue encore une fois par ces résultats que ces miels sont tous d'origine de nectar.

Ces résultats sont similaires à ceux rapportés par **Ouchemoukh. (2012)**.

Tableau IV : Pouvoir rotatoire des miels analysés

Echantillons de miel	Pouvoir rotatoire
3B4	-6.5 ± 0.01
4B4	-7.5 ± 0.04
6B4	-7.9 ± 0.12
7B4	-8 ± 0.09
13B4	-6.55 ± 0.06

III-1-4 HMF

L'hydroxyméthylfurfural est un composé chimique issu de la dégradation du fructose et le miel brut ne contient pratiquement pas ce produit. Cependant, sa teneur augmente au cours du stockage en fonction du pH et du chauffage prolongé des miels (Khalil *et al.*, 2012).

La teneur en HMF varie de 0.0499 (13B4) à 3.3493 (6B4) mg/kg pur les miels d'ibdjén et Bouhamza respectivement (Figure 6). Ces résultats sont en accord avec la limite fixée par l'union européenne et sont de bonne qualité. Cet intervalle est largement bas à ceux obtenus par, Muli *et al.* (2007), Tandlich *et al.* (2011) sur les miels de Cotonou, Sud Afrique respectivement.

Tous les échantillons présentent un taux d'HMF inférieure à 3.5 mg/kg.

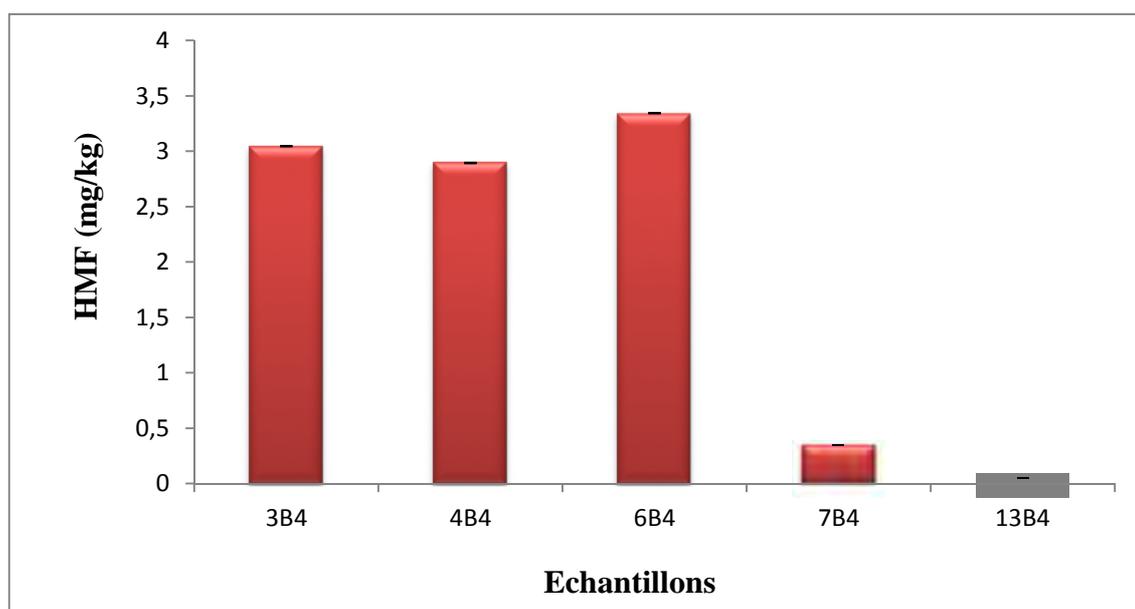


Figure 6: HMF des miels analysés.

III-2 Dosage des Antioxydants

III-2-1 Antioxydants

III-2-1-1 Polyphénols

La teneur en polyphénols est estimée par une méthode utilisant le réactif de Folin Ciocalteu malgré son interférence avec les composés non phénoliques comme : les protéines, les acides aminés, l'acide ascorbique et quelques sucres. Cependant, elle reste la méthode la plus utilisée pour la détermination de la concentration des polyphénols (Ouchemoukh,2012).

Les résultats obtenus ont montré que la teneur en polyphénols enregistrée dans les miels varient considérablement entre $44,24 \pm 0.06$ (3b4 et 4b4) et $77,28 \pm 0.04$ (7b4) mg EAG/100g de miel ainsi qu'il ressort de la figure 7.

Ces valeurs varient selon les types de miel et cela s'explique par l'origine botanique ou géographique différentes (Cimpoiu et al., 2012, Liu et al., 2013)

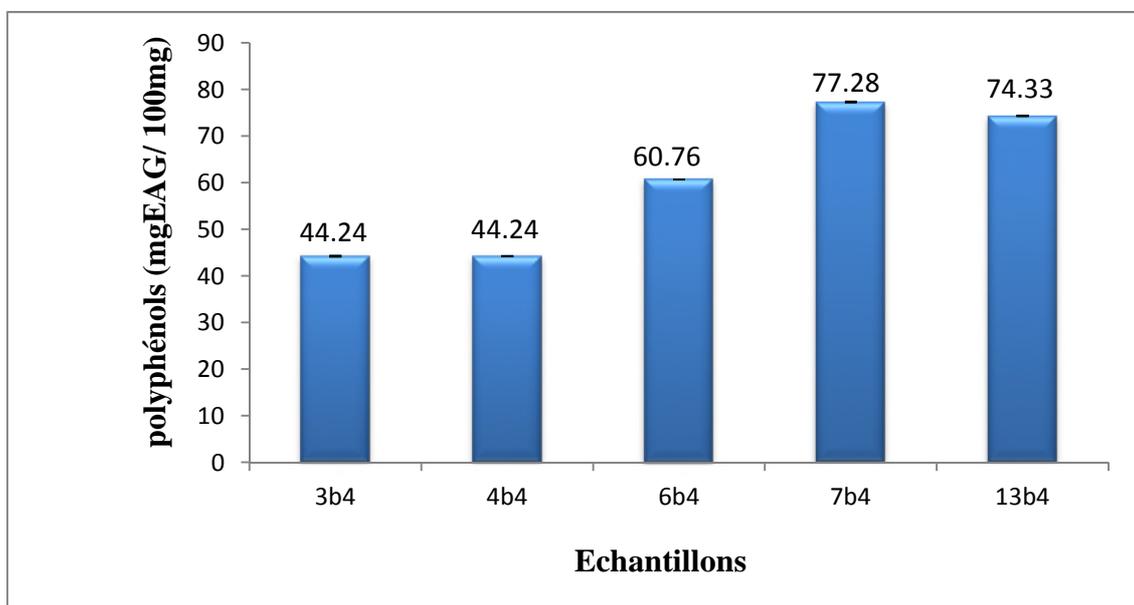


Figure 7: Teneurs en polyphénols des miels étudiés.

La valeur la plus faible a été enregistrée dans les échantillons (3b4, 4b4) ($44,24 \pm 0,06$ mg GAE /100g de miel) et la plus forte concentration de polyphénols a été établie à ($77,28 \pm 0,04$ mg GAE /100g de miel) pour l'échantillon (7b4).

Ces résultats sont différents de ceux obtenus par **Habib et al. (2013)**, et **Wilczynska. (2014)**.

Ils sont supérieurs à ceux obtenus par **Ertürk et al. (2014)**, ces derniers montrent que la valeur de contenu phénolique total du miel varie entre (5,8 – 39,6 mg EAG/100 g) pour 9 échantillons de miels récoltés en Turquie, **Maurya et al. (2014)** sur les miels provenant d'Inde (4,48 – 48,22 mg EAG/100g).

Par contre, **Doukani et al. (2014)** a rapporté des valeurs fortement supérieures à celles qu'on a obtenue, dont le contenu de polyphénols est de (166,11 – 427mg EAG/100g).

La teneur en polyphénols des miels analysés par ordre décroissant est comme suit : $7b4 > 13b4 > 6b4 > 4b4=3b4$.

Généralement, la teneur des miels clairs en composés phénoliques est inférieure à celle des miels foncés (**Berreta et al., 2005**). En effet, ceci a été constaté dans la présente étude pour les miels (3b4) et (4b4) qui sont les plus clairs et ils contiennent la plus faible concentration en polyphénols ; les échantillons (7b4) et (6b4) ayant une couleur plus sombre renferme la quantité la plus forte en ces substances.

Toute-au-fois, la caractéristique de miel (13b4) est légèrement différente de celle de la bibliographie puisque malgré qu'il soit d'une couleur très clair il a une concentration très élevée en polyphénols totaux !!. Cela peut être expliqué par le fait que ce miel est composé de composés phénoliques qui sont seuls responsables de la couleur des miels !

La détermination de la teneur en composés phénoliques totaux est également considérée comme une méthode prometteuse pour étudier les origines florales du miel (**Alvarez-Suarez et al., 2010**).

III-2-1-2 Flavonoïdes

Le dosage des flavonoïdes a été réalisé selon la méthode au trichlorure d'aluminium basée sur la formation de complexe jaunâtre suite à la chélation de métaux Al^{3+} , utilisés sous forme de chlorure d'aluminium ($AlCl_3$), par les groupement hydroxyles des

flavonoïdes. La coloration formée est proportionnelle aux taux des flavonoïdes dans le mélange (Bahorun *et al.*, 1996).

La quercitrine est utilisée comme standard et les résultats de la teneur en flavonoïdes (figure 8) des miels étudiés sont exprimés en mg équivalent quercitrine par 100 gramme de miel (Annexe 2, figure 2)

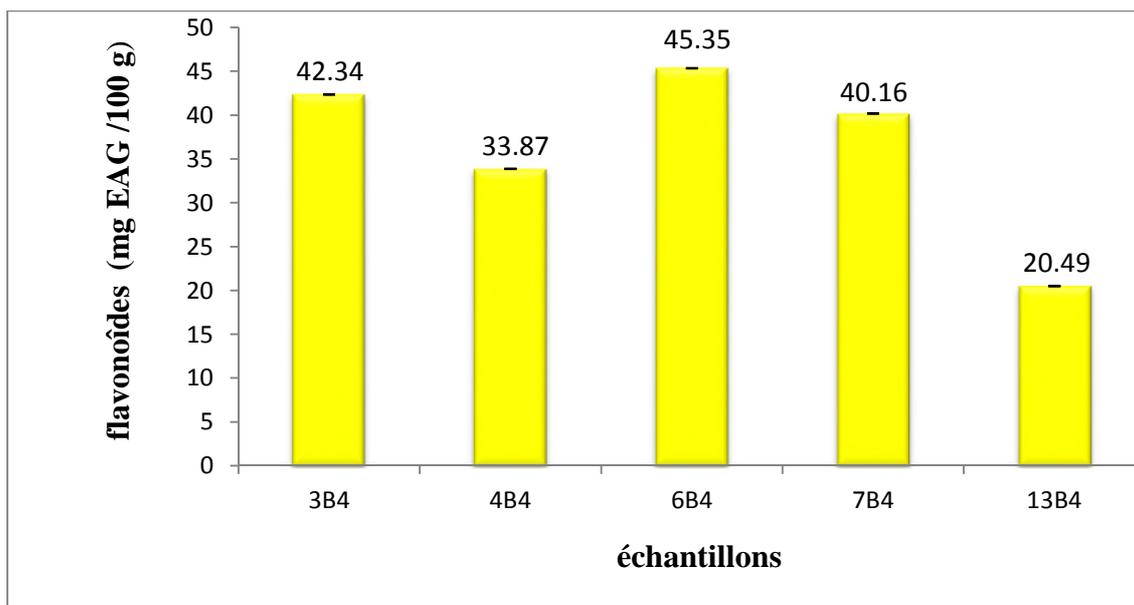


Figure 8: Teneurs en flavonoïdes des miels étudiés.

Le taux des flavonoïdes des différents miels analysés est compris entre $20,49 \pm 0,01$ (13b4) et $45,35 \pm 0,04$ (6b4) mg EQ/100 g avec une moyenne de $36,44 \pm 0,05\%$. Le miel (6b4) est considéré comme le plus riche suivie respectivement par les miels (3b4), (7b4), (4b4) et (13b4). Ces résultats sont différents de ceux obtenus par **Liberato *et al.* (2011)** et **Khalil *et al.* (2012)** (1,7 à 8,35 mg EQ/100g, de 2,7 à 5,4 mg EQ/100 g respectivement).

Selon **Ibrahim Khalil *et al.* (2012)**, les flavonoïdes sont des composés phénoliques de faible poids moléculaire qui sont des éléments essentiels pour l'arôme et propriétés antioxydantes du miel. Ils ont déterminé une valeur moyenne de $5,42 \pm 0,62$ mg EQ/Kg, ce qui est très faible par rapport à nos résultats.

Les résultats de la présente étude sont supérieurs à ceux de la bibliographie, cette différence peut être due à plusieurs facteurs dont les méthodes d'analyse, l'origine floral, géographique, les condition de récolte et de stockage (**Lianda *et al.*., 2012**).

Les flavonoïdes sont reconnus par leurs hautes activités pharmacologiques comme piègeurs de radicaux. L'intérêt récent pour ces substances a été stimulé par les avantages potentiels pour la santé découlant de leurs activités antioxydantes et anti-radicalaires contre les maladies coronariennes et le cancer (Saba *et al.*, 2011).

III-3 Evaluation des activités antioxydantes

L'activité antioxydante des différents échantillons de miels étudiés est évaluée par deux méthodes. Entre autre le teste anti-radicalaire (anti -DPPH et anti-ABTS) et le teste de pouvoir réducteur au ferricyanure de potassium.

III-3-1 pouvoir anti-radicalaire

III-3-1-1 Activité scavenging de radical DPPH

Le radical DPPH est l'un des substrats les plus utilisés pour l'évaluation rapide et directe de l'activité antioxydante en raison de sa stabilité en forme radicalaire et la simplicité de l'analyse (Bozin *et al.*, 2008).

Les résultats de l'activité anti-radicalaire déterminée à l'aide de test de DPPH sont représentés dans la figure 9.

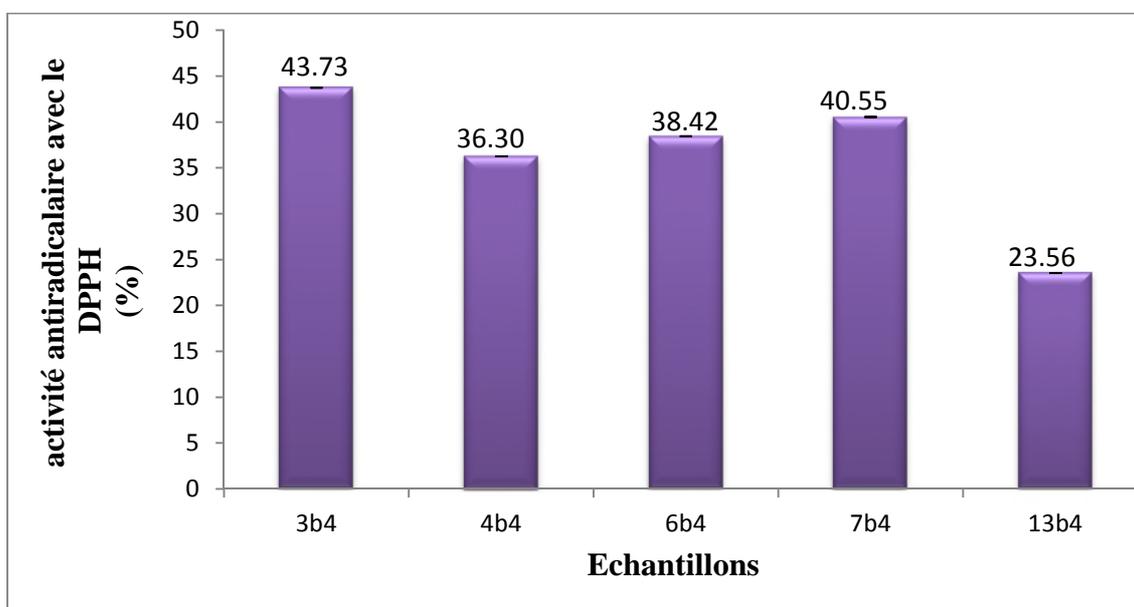


Figure 9: Activités anti -radicalaires avec le DPPH des miels étudiés

L'activité anti-radicalaire des différents miels étudiés varie de $23,56 \pm 0,006\%$ (13b4) à $43,73 \pm 0,008\%$ (3b4) avec une moyenne de $36,51 \pm 2,65\%$. Le meilleur pouvoir anti-radicalaire des échantillons du miel vis-à-vis du radical DPPH⁺ à une concentration (0,025 g/ml) est attribuée pour le miel (3b4), suivie (7b4), (6b4), (4b4) et puis le miel (13b4) qui représente le pouvoir anti-radicalaire le plus faible. Cette activité anti-DPPH est probablement due à la teneur des miels en flavonoïdes d'où la présence d'une corrélation positive ($R=0,92$) entre ces deux effets.

La moyenne de l'activité anti-radicalaire enregistrée est largement supérieure à celle obtenue par **Ouchemoukh (2012)** et **Habib et al. (2013)**. Cependant, elle est inférieure à celle obtenus par **Maurya et al. (2014)**.

Les composés du miel, tel que l'acide ascorbique, acides aminés libres, et les composés phénoliques libres sont probablement les principales sources d'activité anti-radicalaires (**Alisi et al., 2013**), donc on peut dire que ces variations entre les différents résultats sont expliquées par la composition de chaque échantillon.

III-3-1-2 pouvoir anti- ABTS^{•+}

Le pourcentage d'inhibition du radical ABTS^{•+}, par des extraits de miel étudiés, est représenté dans la figure 10.

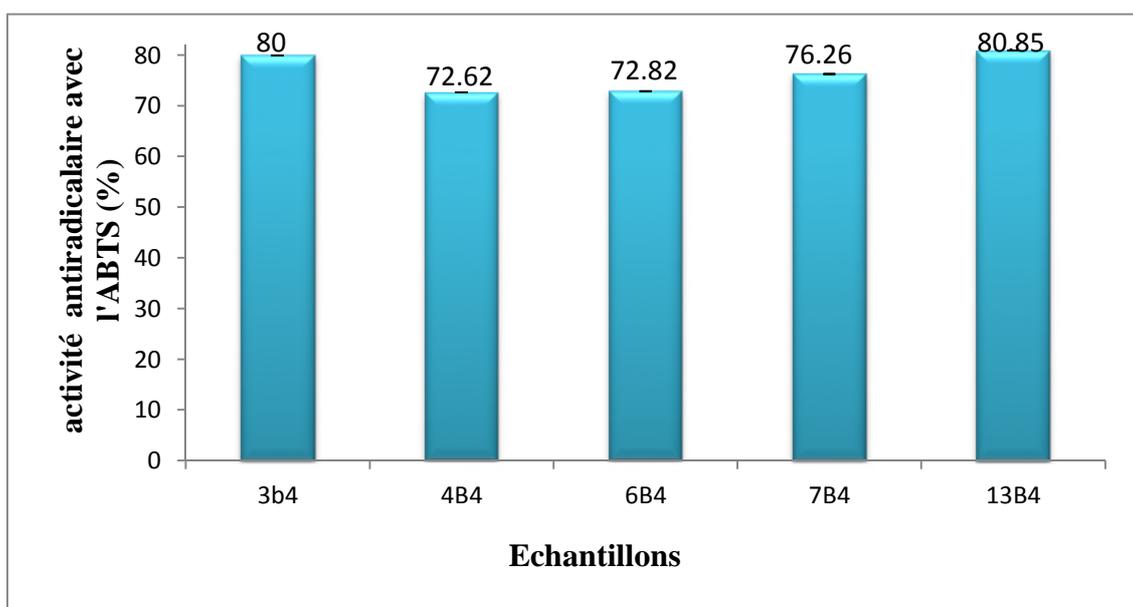


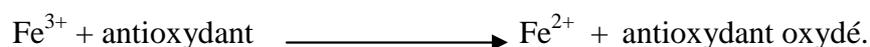
Figure10: Activités anti-radicalaires avec l'ABTS^{•+} des miels analysés

D'après les résultats obtenus dans la présente étude, le pouvoir anti-radicalaire des échantillons de miels étudiés varie de $72,62 \pm 0,99\%$ (4B4) à $80,85 \pm 0,01\%$ (3B4) (figure 10). Dont le miel (13B4) présent le meilleur pouvoir anti-radicalaire avec un taux d'inhibition d'environ $80,85 \pm 0,01\%$. Ce potentiel antioxydant important est dû probablement à la qualité des polyphénols et flavonoïdes qu'ils renferment, Le miel (4B4) a le plus faible pouvoir anti-radicalaire avec un taux d'inhibition $72,62 \pm 0,99\%$.

Ces résultats sont largement supérieurs à ceux rapporté par **Wilczyńska. (2010)** (2 - 31.51%) concernant 34 échantillons des miels récoltés en Pologne. Cette variation dans leur potentiel antioxydant peut être expliquée par l'origine botanique des miels testés ou par leurs teneurs en composés phénoliques.

III-3-2 Pouvoir réducteur

Le teste du pouvoir réducteur est un bon indicateur de la capacité antioxydante qui détermine le potentiel de réduction de fer ferrique en fer ferreux (**Kuçuk et al., 2007**) selon la réaction suivante :



Les résultats de test du pouvoir réducteur par le ferricyanure de potassium sont présentés dans la figure 11.

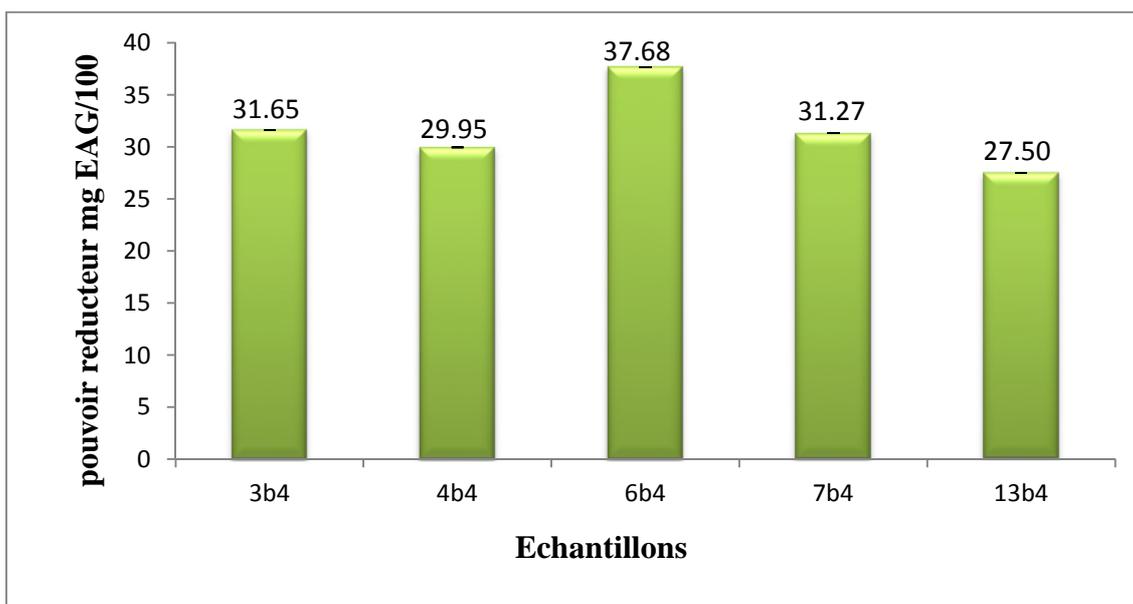


Figure 11: Pouvoir réducteur des miels étudiés.

D'après les résultats de la présente étude, le pouvoir réducteur des 5 échantillons des miels étudiés varie de $27.50 \pm 0.01\%$ (13B4) à $37.68 \pm 0.06\%$ (6B4).

Le pouvoir réducteur des miels peut être attribué à leur flavonoïdes d'ailleurs une bonne corrélation ($R = 0.82$) a été établie entre les deux paramètres.

Ces miels sont classés par ordre croissant comme suit : $6B4 > 3B4 > 7B4 > 4B4 > 13B4$.

Al-Mamary *et al.* (2002), montre que l'activité antioxydante est variable d'un miel à autre selon la source botanique, la présence de différents composés antioxydants dont les composés phénoliques qui sont des piègeurs efficaces des radicaux libres.

CONCLUSION ET PERSPECTIVE

Le présent travail est mené dans le but de déterminer quelques caractéristiques physico-chimiques, doser quelques antioxydants (polyphénols totaux et flavonoïdes) présents dans le miel et l'évaluation de l'activité anti-oxydante DPPH[•], ABTS^{•+} et pouvoir réducteur (réduction de FeCl₃) des miels récoltés dans différentes régions de la wilaya de Bejaia : Ibdjen(13B4), Seddouk (7B4), Bouhamza (6B4), Akbou (4B4), Akfadou (3B4)

L'humidité des échantillons de miel analysés varié entre $16.66 \pm 0.305\%$ d'Ibjen et $19 \pm 0.4 \%$ d'Akfadou. Le PH est acide, oscille entre de 3.91 et 4.05, cela signifie que ces échantillons sont tous de nectar. Le pouvoir rotatoire permet de déduire que tous les miels analysés sont lévogyres et cela s'explique par leur origine florale, la teneur en HMF varié entre 1.63 et 30.51mg/kg.

Les résultats physico-chimiques obtenus ont permis de déduire que tous ces miels analysés s'accordent avec les normes établis par le codex alimentaire chacun des paramètres analysés contribuent à une indication précise sur la qualité du miel. Ainsi, ils peuvent être classés en trois groupes : ce qui détermine la maturité (la teneur en eau), l'origine florale (PH et le pouvoir rotatoire) et la fraîcheur (HMF).

Les résultats du dosage des polyphénols totaux montre que le miel de seddouk (7B4) présentes la teneur la plus élevé qui est égale a 77.28 ± 0.04 mg EAG/100 g, tandis que la quantité la plus faible a été enregistré dans le miel de Akbou et Akfadou (3B4, 4B4) qui est de 44.24 ± 0.06 mg EAG/100 g. Le taux en flavonoïdes oscille est de 20.49 ± 0.01 d'Ibdjen à 45.35 ± 0.04 mg EAG/100 g de Bouhamza, dont les miels riches en ces antioxydants 6B4 et 7B4 présentes la couleur la plus sombre tandis que les miels pauvre 4B4 en ces antioxydants sont les plus claires.

Les résultats de l'activité antioxydante des miels étudiés ont été comme suit : L'activité scavenging de radical DPPH varie entre $23,56 \pm 0,006\%$ (13b4) à $43,73 \pm 0,008\%$ (3b4) qui est proportionnelle a la teneur en flavonoïdes avec une corrélation positive égale à $R=0.92$. L'ABTS des échantillons varie de $72,62 \pm 0,99\%$ (4B4) à $80,85 \pm 0.01\%$ (3B4). Ainsi que le pouvoir réducteur varie de $27.50 \pm 0.01\%$ (13B4) à $37.68 \pm 0.06\%$ (6B4), et cela peut être attribué aux flavonoïdes qui présentes d'ailleurs une bonne corrélation ($R = 0.82$) entre ces dernières.

CONCLUSION ET PERSPECTIVE

La variation de l'activité antioxydante est certainement liée à la qualité et la quantité des polyphénols et les flavonoïdes.

Ces résultats confirment la bonne qualité thérapeutique du miel étudié, et cela grâce à son puissant potentiel antioxydant.

En termes de perspective et dans le but de compléter ce travail il serait intéressant :

- ✚ Effectué des analyses physico-chimiques sur une large gamme d'échantillon de miel afin de préciser des normes pour les miels spécifiques de Bejaia et détecter les miels contrefait sur le marché ainsi que d'améliorer la production locale.
- ✚ Il serait intéressant de séparer des composés antioxydant entrant dans l'activité antioxydantes par HPLC.
- ✚ Approfondir l'étude de l'activité antioxydante.
- ✚ Étudier d'autres propriétés biologiques (antiviral, anti-inflammatoire, anti-cancérogènes ...).
- ✚ Il est aussi important de suivre cette étude par des applications in-vivo afin d'évaluer l'effet des miels sur l'organisme vivant et pour traiter les différentes maladies.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A

Al ,M.L., Daniel, D., Moise, A., Bobis, O., Laslo, L. et Bogdanov, S. (2009). Physic-chemical and bioactive properties of different floral origin honeys from Romania. *Food Chemistry*.

Alisi, C.S., Ojiako, O.A., Igwe, C.U., Ujowundu, C.O., Anugweje, K. et Gloria, N. (2012). Okwu Antioxidant Content and Free Radical Scavenging Activity of Honeys of *Apis mellifera* of Obudu Cattle Ranch. *International Journal of Biochemistry Research and Review*, 2(4): 164-175.

Al.Mamary, M., Almeeri, A. et Al.Habori, M. (2002). Antioxidant activities and total phenols of different type of honey. *Nutrition Research*, 22: 1041-1047.

Alvarez-Swartz, J.M., Tulipani, S., Diaz, D., Estevez, Y., Romandini, S., Giampien, F., Damian, E., Astolfi, P., Bompdra, S., et Batino, M. (2010). Contribution of honey in nutrition and human health . A review .*Mediterranean journal of nutrition and metabolism* 3 :15.23.

ANSO, J. (2012). Du miel à volonté. Dur à avaler, N°.1, p23.

Apfelbaum ,M., Romon, k et Dubus ,M. (2005). Diététique et nutrition. 7^{ème} édition, Masson. Paris . 338.

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

B

Benhamou, N., Bekkara, F.A., et Kadifkova Panovska, T. (2009). Antioxydant activity of methanolic extract and some bioactive compound of *Atriplex halimus*. *Comptes Rendus chimie*, 12(12):1259-1266.

Bentoncelj, J., Dobersek, U., Jamnik, M., Golob, T. (2007). Evaluation of the phenolic content antioxidant activity and color of Slovenian honey. *Food Chemistry*.105(2): 822-828.

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

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bogdanov, S. (2011). Honey composition. in : The honey book. Bee Product Science, 1-10.

Bogdanov, S., Bieri, K., Kilchenman, V. et Gallmann, P. (2005). schweizer sortenhonige. ALP forum 23 d, 3-55.

Bogdanov, S., Lüllman, C., Marttin, P., Von Der Ohe, W., Russmann, H., Vorwohl, G., Persano-Oddo, L., Sabatini, A.G., Marcazzan, G. L., Piro, R., Flamini, C., Morlot, M., Heritier, J., Borneck, R., Marioleas, P., Tsigouri, A., KerKvliet, J., Ortiz, A., Ivanov, T., D'Arcy, B., Mossel, B. et Vit, P. (1999). Honey quality and international regulatory standard: review by the international honey commission. Bee World, 71: 20-26.

Bogdanov ,S., Marttin, P., Lüllman, C., Borneck, R., Morlot ,M., Heritier ,J., Vorwohl ,G., Russmann ,H., Persano-Oddo, L., Sabatini ,A. G., Maecazzan ,G. L., Marioleas P., Tsigouri, A., KerKvliet ,J., Ortiz ,A. et Ivanov, T.(1997). Harmonised Methods of The European Honey Commission. Apidologie. (Extra issue), 1-59.

Bogdanov, S., Ruoff, K. et Persano Oddo, L. (2004). Physico- chemical methods for characterisation of unifloral honeys, *A review Apidologie*, 35 (1) : 4-17.

Bogdanov, S., Vit, P. et Kilchenmann, V. (1996). Sugar profiles and conductivity of stingless bee honeys from Venezuela. *Apidologie*, 27: 445-450.

Bonté F et Désmolière, A. (2013). Le miel, quel intérêt en cicatrisation?. *Le miel origine et composition*. Actualités phamaceutiques, 18-21.

Bozin, B., Mimica-Duric, N., Samojlik, I., Goran, A. et Igetic, R.,(2008). Phenolics as antioxydants in garlic (*Allium sativum*L. Alliaceae). *Food Chem* , 111: 925-929.

C

Cavia, M.M., Fernandez-Muino, M.A., Alonso Torre , S. R.,Huidobro, J.F. et Sancho, M.T. (2007). Evolution of acidity of honneys from continental climates : Influence of induced granulation. *food chemistry*, 100 : 1728-1733.

Codex Alimentarius. (2001). Revised coctex standard for honey. *Revue*, 2: 1-7.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Commission Européenne. (2002). Directive 2001/110/EC du 20 décembre 2001 relative au miel. Journal Officiel des Communautés Européennes, 10 : 47-52.

Cimpoi, C., Hosu, A., Miclaus, V. et Puscas, A. (2012). Determination of the floral origin of some Romanian honeys on the basis of physical and biochemical properties. *Spectrochimica Acta. Part A, Molecular and Biomolecular Spectroscopy* , 10 :1010-1016

. D

Dastmalchi, K., Dorman, H.J.D., Kosar, M., Hiltunen, R. (2007). Chemical composition and in vitro antioxidant evaluation of a water soluble Moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.) extract. *Lebens Wissen un Technol*, 40 : 239–248.

Diallo, A. (2005). Etude de la phytochimie et des activités biologique de *syzygium guineese* willd.(MYRTACEAE). Thèse de Doctorat .Mali.

Djossou, J.A., Tchobo, F.P., Yédomonhan, H., Alitonou, A.G. et Soumanou, M.M.(2013). Evaluation des caractéristiques physico-chimiques des miels commercialisés à Cotonou. *Tropicultura*, 31(3) : 163-169.

E

Emerit, J., Klein, J.M., Coutelier, A., Coney, F. (1991). Radicaux libres et peroxydation lipidique en biologie cellulaire : perspectives physiopathologiques. *pathologie-journal*, 39 : 3 16-327.

Emmanuelle, H., Julie, C. and Laurent, G. (1996). Les constituants chimiques du Miel. *Science et Medecine*, 4 : 1-7.

Epifano, F., Genovese, S., Menghini, L. et Curini, M. (2007). Chemistry and pharmacology of oxyprenylated secondary plant metabolites. *Phytochemistry* , 68: 939 - 953.

Ertürk, Ö., Şahin, H., Kolayl, S. et Ayvaz, M .Ç. (2014). Antioxidant and antimicrobial activity of East Black Sea Region honeys. *Turkish Journal of Biochemistry*, 39 (1): 99–106.

F

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Favier, A. (2003). Le stress oxydant. Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. *L'actualité chimique*. pp: 108-115.

Ferreira, I .C.F.R., Aires, E., Barreira, J.C.M. et Estevinho, L.M. (2009). Antioxydant activity of Portuguese honey samples : Different contribution of the entire honey and phenolic extract *Food Chemistry*. 114(4):1438-1443.

Foruno, A., san José, G., Moreno, M. U., Diez, J., Zalba, G. (2005). Oxidative stress and vascular remodeling. *Experimental physiology* 90(4) : 457-66.

Frédéric, B. et Alexis Desmoulières, (2013). Le miel : origine et composition. *Actualité pharmaceutique* N° 531,10-15.

G

Ganther, H.E. (1999). Selenium metabolism, selenoproteins and mechanisms of cancer prevention: complexities with thioredoxinreductase. *Carcinogenesis*. 20 (19) : 1657- 1666.

Gardès-Albert, M., Bonnefont-Rousselot, D ., Zohreh Abedinzadeh , Z et Daniel, J.D. (2003). Espèces réactives de l'oxygène: Comment l'oxygène peut-il devenir ? *L'actualité chimique*. pp: 91-96.

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

Gidamis, A.B., Love, N.B., Shayon, N.B., Neko, S.A. et Bangu, N.T. (2004). Quality evaluation of honey harvested areas in Tanzania with special emphasis on hydroxy methyl furfural (HMF) levels. *Plant Food for Human Nutrition*.59 : 129-132.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Gonnet, M. (1982). Le miel : composition, propriétés et conservation. Ed OPIDA : 1-30.

Gout, J. (2009). Le miel. Edition Jean- Paul. Gisserot, Paris, 64.

Gulcin, I., Buyukokuroglu, M E., Oktay, M., Kufrevioglu, I.O. (2003). Antioxidant and analgesic activities of turpentine of *Pinus nigra* Arn. Subsp. *Pallsiana* (Lamb.) *Holmboe Journal of Ethnopharmacology*, 86: 51-58.

H

Harmonised methods of the international honey commission (I.H.C). (2002). International Honey Commission, Swiss Bee Research Centre, 62 p.

Habib, H.M., Al Meqbali, F.T., Kamal, H., Souka, U.D. et Ibrahim, W.H. (2014).

Bioactive components, antioxidant and DNA damage inhibitory activities of honeys from arid regions. *Food Chemistry*, 153 :28–34.

Hartmann, T. (2007). From waste Products to eco chemicals: Fifty years research of plant secondary metabolism. *Phytochemistry* , 68: 2831-2846.

Hennebelle, T., Sahpaz, S. et Bailleul, F. (2004). Polyphénols végétaux, sources, utilisations et potentiel dans la lutte contre le stress oxydatif. *Phytothérapie*, 1: 3-6.

Huchet, E., Coustel, J. et Guinot, L. (1996). Les constituants chimiques du miel : Méthodes d'analyse chimiques. Département science de l'aliment. 2^{ème} édition. OPIDA ,18-19 :168-172.

J

Jacques, B. et André, R. (2004). Biochimie métabolique. Ed ellipses .Paris. pp: 217-219-220-223-225.

Jean-Prost, P., Médori , P. et le conte, Y. (2005). Miel. In : Apiculture. Edition TEC Doc, 7e édition, 698.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Jeffery, A.E ., Echazaretta, M. (1996). Medical use of honey Rev Biomed 7:43-49.

K

Karakaya, G., et Fuat kalyoncu, A. (1999). Honey allergy in practice. Allergol immunopathol (Madr), 27: 27-12.

Khalil , M.I., Moniruzzaman, M., Boukraâ ,L., Benhanifia, M., Islam , M.A., Islam, M.N., Sulaiman ,S .A. et Gan, S.H. (2012). Physicochemical and antioxidant properties of Algerian honey. Molecules, 17(9):11199–11215.

Khan , M.K. (2010) . *Polyphénols d'Agrumes (flavanones): extraction de glycosides de la peau d'orange, synthèse de métabolites chez l'homme (glucuronides) et étude physico-chimique de leur interaction avec le sérum albumine*. Thèse de doctorat, Univ. Marrakech, p.169 .

Krippeit-Drews ,P., Lang, F., Haussinger ,D. et Drews , G. (1994). H₂O₂ induced hyperpolarization of pancreatic B-cells . *Pflugers Arch*, 426:552-554.

Küçük, M., Kolaylı, S., Karaoğlu, Ş., Ulusoy, E., Baltacı , C. et Candan, F. (2007). Biological activities and chemical composition of three honeys of different types from Anatolia. *Food Chemistry*, 100: 526–534.

L

Lecerf, J.M., Luc, G. et Fruchart, J.C. (1994). Vitamine E, anti oxydant et athérosclérose. *Revue Médecine science Interne*. 15 : 641-649.

Liberato, M.C.T.C., Morais, S.M., Siqueira, S.M.C., Menezes ,J.E.S.A., Ramos., D.N., Machado, L. K. A. and Magalhães, I.L. (2011). Phenolic Content and Antioxidant and Antiacetylcholinesterase Properties of Honeys from Different Floral Origins. *Journal of Medicinal Food*, 14 : 658-663.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Liu, J.R., Ye, Y.L., Lin, T.Y., Wang, Y.W. et Peng, C.C. (2013). Effect of floral sources on the antioxidant, antimicrobial, and anti-inflammatory activities of honeys in Taiwan. *Food Chem* ,13 :146-174.

Louveaux, J. (1968). Propriétés et technologie du miel. *Traité de biologie de l'abeille*. Edition Masson et Cie, Paris : 277-308.

Louveaux , J. (1985). Les produits du rucher. In : *Les abeilles et leur élevage* .Ed. OPIDA : Berger le vaut. 35 : 165-199.

M

Malika, N., Mohamed, F. et Chakib, E. (2005). Microbiological and Physico-Chemical Properties of Moroccan Honey. *International Journal of Agriculture and Biology*, 5: 773–776.

Mandal, M.D. et Mandal, S. (2011). Honey: its medicine property and antibacterial activity. *Asian pacific journal of tropical biomedicine*, 1(2): 154-150.

Maurya, S., Kushwaha, A.K., Singh, S. et Singh, G. (2014). An overview on antioxidative potential of honey from different flora and geographical origins. *Indian Journal of Natural Products and Resources*, 5(1): 9-19.

N

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

Nazarian, H., Taghavizad, R. et Majd, A. (2010). Origin of honey proteins and method for its quality control. *Pakistan Journal of Botany*, 42(5): 3221-3228.

Nevas, M., Lindstrom, M. et al. (2005). Prevalence and diversity of clostridium butulinum types A, b, E and F in honey produced in the Nordic countries. *International Journal of Food Microbial November 25*, 105(2): 145-151

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Nombré, I., Schweitzer, P., Boussim, J.I. et Rasolodimby, J.M.(2010). Impacts of storage conditions on physico-chemical characteristics of honey samples from Burkina Faso. *African Journal of Food Science*, 4(7) : 458- 463.

O

Ouchemoukh, S. (2012). *Caractérisation physicochimique, profils polliniques, glucidiques et phénoliques et activités antioxydantes de miels Algériens*. Thèse de Doctorat. Université Abderrahmane Mira de Béjaia, P. 162.

Ozcan, M.D. et Arslam, D.A. (2006). Phenolic profiles and antioxidant capacities of Chinese unifloral honeys from different botanical and geographical sources. *Food Chem* , 99 :24-27.

R

Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. et Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology & Medicine*, 26: 1231–1237.

Ribereau-Gayon, P. (1968). *Les composés phénoliques des végétaux*.Ed. Dunod. Paris, p. 254.

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

S

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

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Schlesier, K., Harwat, M., Bohm, V. et Bitsch, R. (2002). Assessment of antioxidant activity by using different in vitro methods. *Free Radical Research*, 36(2) : 177–187.

Schweitzer, P. (2004). Le monde des miellats. Revue l'abeille de France N°908. Laboratoire d'analyse et d'Ecologie Apicole. 02p.

T

Tanks, A. (2001). Stimulation of TNF- α release in monocytes by honey. *Cytokine*, 14(4): 240-242.

Terrab, A., Diez, M.J . et Heredia, F.J. (2003). Palynological, Physicochemical and color characterization of Moroccan honeys : Orange (*Citrus sp*) honey . *International Journal of Food Science and Technology*, 38: 387-394.

V

Van Der Berg, A. J. J., Van Der Worm, E., Quarles Van Ufford, H.S., Halkes, S.B., Hoekstra, M. J. et Benkelman, C. J. (2008). An invitro examination of the antioxidant and anti-inflammatory proprieties buckwheat. *Journal of Wound Care* , 17(4):172-178.

Vorlova, L et Celechovska, O. (2002). Activity of enzymes and trace element content in bee honey. *Acta veterinaria Brno*, 71:375-378.

W

Walker, H.G., Kohler, G.O.,Garett, W.N. (1982). Comparative feeding value of alfalfa press cake residues after mechanical extraction of protein. *J. Anim. Sci*, 55(3):498-504.

Wang , H., Zhao , M., Yang, B., Jiang, Y., et Rao, G. (2008). Identification of polyphenols in tobacco leaf and their antioxidant and antimicrobial activities. *Food Chemistry*. 107: 1399-1406.

White, J. (1962). Composition of American honey. Techn. Bull. No. 1261. US Department of Agriculture.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Wilczyńska , A. (2010). Phenolic content and antioxidant activity of different types of polish honey a short report. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 60(4): 309-313.

Z

ANNEXE

Annexe 1 : Table de CHATAWAY

Indice de réfraction (20°C)	Teneur en eau (%)	Indice de réfraction (20°C)	Teneur en eau (%)	Indice de réfraction (20°C)	Teneur en eau (%)
1,5044	13.0	1,4935	17.2	1,4835	21.2
1,5038	13.2	1,4930	17.4	1,4830	21.4
1,5033	13.4	1,4925	17.6	1,4825	21.6
1,5028	13.6	1,4920	17.8	1,4820	21.8
1,5023	13.8	1,4915	18.0	1,4815	22.0
1,5018	14.0	1,4910	18.2	1,4810	22.2
1,5012	14.2	1,4905	18,4	1,4805	22.4
1,5007	14.4	1,4900	18.6	1,4800	22.6
1,5002	14.6	1,4895	18.8	1,4795	22.8
1,4997	14.8	1,4890	19.0	1,4790	23.0
1,4992	15.0	1,4885	19.2	1,4785	23.2
1,4987	15,2	1,4880	19.4	1,4780	23.4
1,4982	15.4	1,4875	19.6	1,4775	23.6
1,4976	15.6	1,4870	19.8	1,4770	23.8
1,4971	15.8	1,4865	20.0	1,4765	24.0
1,4966	16.0	1,4860	20.2	1,4760	24.2
1,4961	16.2	1,4855	20.4	1,4755	24.4
1,4956	16.4	1,4850	20.6	1,4750	24.6
1,4951	16.6	1,4845	20.8	1,4745	24.8
1,4946	16.8	1,4840	21.0	1,4740	25.0
1,4940	17.0				

Annexe 2 : courbes d'étalonnages

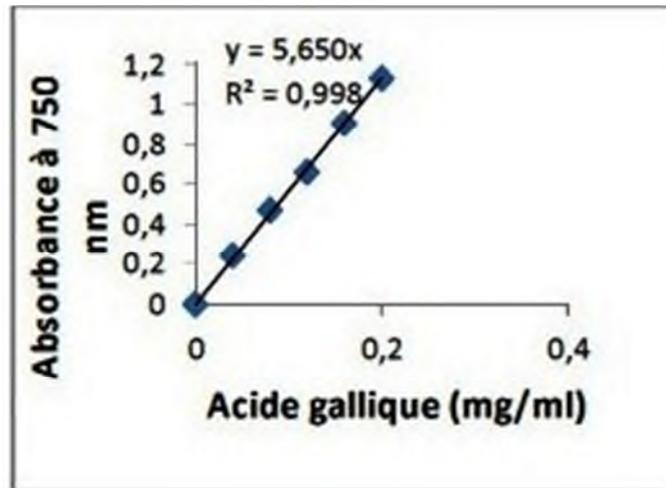


Figure 1 : courbe d'étalonnage des polyphénols

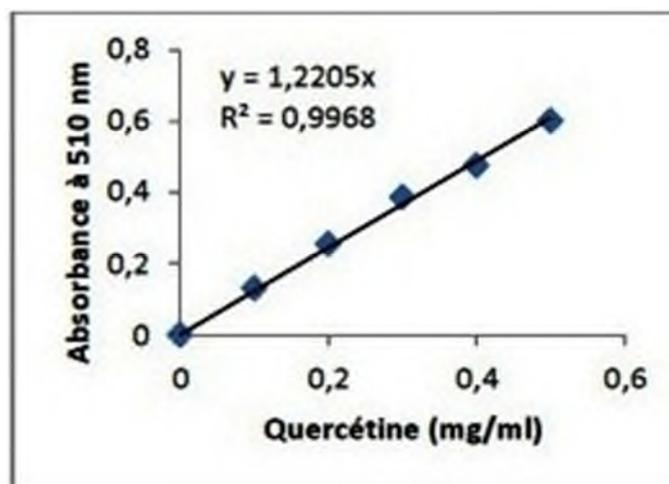


Figure 2 : courbe d'étalonne des flavonoïdes

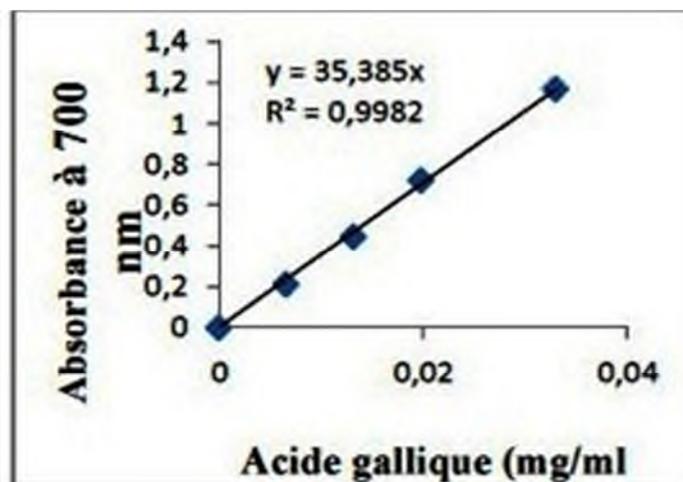


Figure 3 : courbe d'étalonnage du pouvoir réducteur

Annexe 3 : Courbes de corrélation

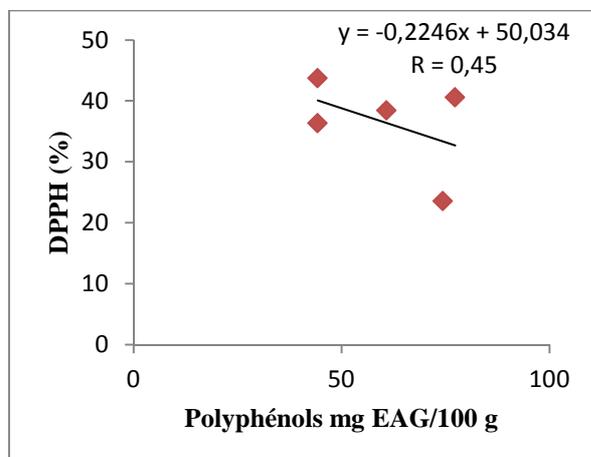


Figure 1 : courbe de corrélation entre le pourcentage d'inhibition de DPPH et la teneur en polyphénols.

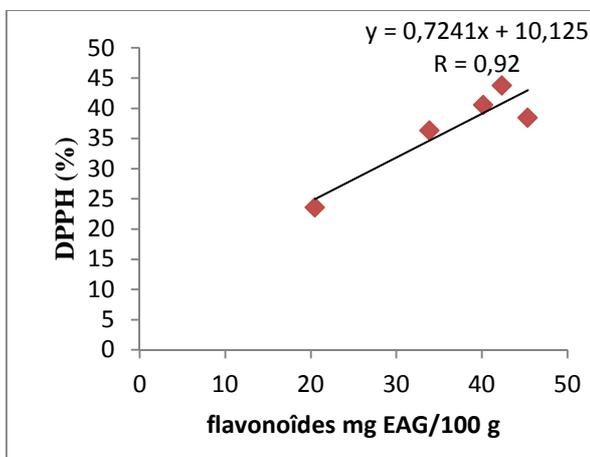


Figure 2: courbe de corrélation entre le pourcentage d'inhibition de DPPH et la teneur en flavonoïdes

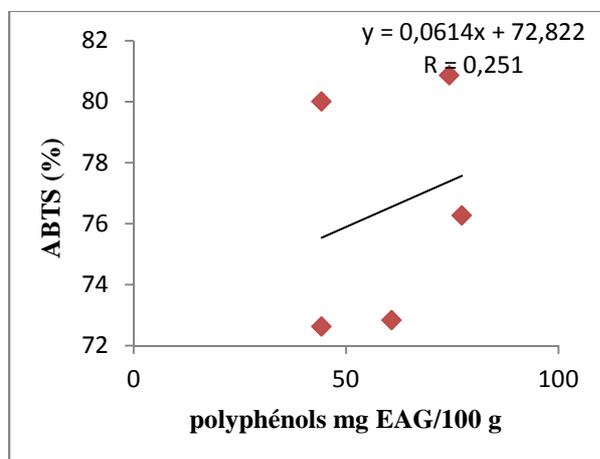


Figure 3 : courbe de corrélation entre le pouvoir inhibiteur d'ABTS et les polyphénols.

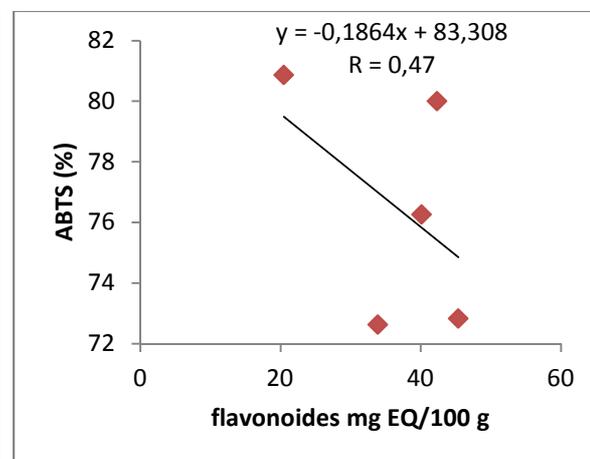


Figure 4: courbe de corrélation entre le pouvoir inhibiteur d'ABTS et les flavonoïdes.

ANNEXES

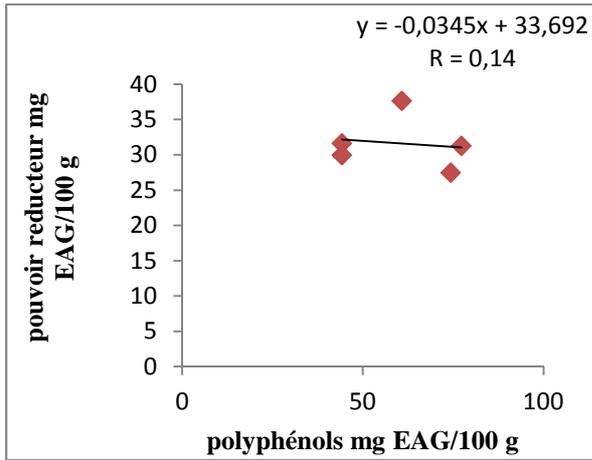


Figure 5 : courbe de corrélation entre le pouvoir réducteur et les polyphénols.

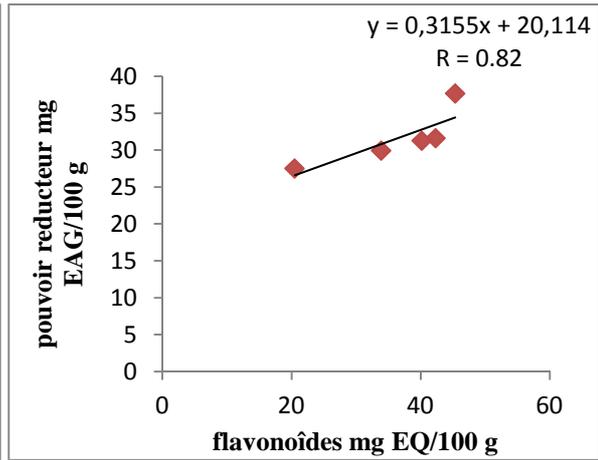


Figure 6: courbe de corrélation entre le pouvoir réducteur et les flavonoïdes.

ANNEXES

Annexe IV : Matériels et réactifs utilisés

Matériels	Réactifs
<p>-Bain marie (MEMMERT)</p> <p>-Balance de précision (BP 310 P)</p> <p>-Etuve (BINDER , MEMMERT, BD53)</p> <p>-PH mètre (HANNA pH211)</p> <p>-Spectrophotomètre UV-VIS (SHIMADZU, mini 1240</p> <p>- Refractomètre (Abbé)</p> <p>-Polarimètre (Polaser-SI)</p> <p>-Agitateur magnétique avec plaque chauffante (DAIHAN Lab Tech Co.,LTD, Multi-Position LMS-3003),</p> <p>-papier filtre Whatman,</p>	<p>-Réactif de Folin-Ciocalteu (50%)</p> <p>-Carbonate de sodium (Na₂CO₃)</p> <p>-Chlorure d'aluminium (AlCl₃)</p> <p>-Hydroxyde de sodium (NaOH)</p> <p>-Méthanol</p> <p>-Solution de carrez I (solution d'hexacyanoferrate II de potassium à 15%)</p> <p>-Solution de Carrez II (solution d'acétate de zinc à 30 %)</p> <p>-Bisulfate de sodium</p> <p>-Carbonate de sodium (2 %)</p> <p>-Nitrite de sodium (5%)</p> <p>-Soude (1M)</p> <p>-Chlorure ferrique FeCl₃d'acide trichloracétique</p> <p>-Ferricyanure de potassium (1%)</p> <p>-Solution tampon phosphate</p> <p>-Solution d'ABTS⁺</p> <p>-Solution méthanolique de DPPH</p> <p>-Soude (1M)</p> <p>-Nitrite.</p> <p>-Standard utilisé : acide gallique.</p>

Glossaire

Angio-œdème : connu aussi sous le nom d'œdème de Quincke et l'ancien terme œdème angioneurotique (en réalité angio-œdème_héréditaire), est le gonflement (œdème) rapide de la peau, des muqueuses et des tissus sous-muqueux. En dehors de la forme courante, due à une allergie, il a été observé parmi les effets indésirables de certains médicaments, et notamment les IEC (Inhibiteur de l'enzyme de conversion)

Cataracte: est l'opacification partielle ou totale du cristallin, lentille convergente située à l'intérieur de l'œil. Cette opacification est responsable d'une baisse progressive de la vue, au début accompagnée de gêne à la lumière (photophobie). Cette baisse de la vision peut être rapide (quelques semaines) à cause d'un traumatisme.

HPLC : La chromatographie en phase liquide à haute performance (CLHP) mais on trouve plus fréquemment l'abréviation anglaise HPLC (high performance liquid chromatography) depuis les années 1990 — est une technique de séparation analytique et/ou préparative de molécules présentes dans un mélange. Cela permet d'adapter les méthodes chromatographiques usuelles (voir Colonne) sur un montage haute pression.

Liquides newtoniens : est un liquide dont la viscosité ne dépend ni de sa vitesse ni de cisaillement (analogue à la vitesse d'écoulement dans un tuyau), ni du temps pendant lequel le est cisailé : l'eau, par exemple, a une viscosité qui reste constante (pour une température donnée), quelle que soit son débit dans un tuyau et le temps qu'elle y circule.

Réfractomètre d'abbé : c'est un instrument de précision qui permet de mesurer l'indice de réfraction d'un liquide subit par un rayon lumineux. Inventé par Ernest Abbe, il est composé de prismes qui enferment le liquide

Résumé

Une grande partie de l'intérêt des recherches actuelles porte sur l'étude de molécules antioxydantes d'origine naturelle, ce présent travail est basé sur l'analyse de 5 échantillons de miel récoltés de différentes régions de la Wilaya de Bejaia afin de déterminer ; quelques caractéristiques physico-chimique (l'humidité, PH, pouvoir rotatoire, et l'HMF), la contenance en antioxydants (polyphénols totaux et les flavonoïdes) et de l'activités antioxydantes : pouvoir anti-radicalaire avec le (DPPH et L'ABTS) et le pouvoir réducteur par FeCl₃.

Les résultats obtenus au cours de cette analyse sont, de 16.66 ± 0.30 à $19.63 \pm 0.61\%$ pour l'humidité, 3.91 à 4.05 pour le PH, 0.049 et 3.349 mg/kg de HMF, 77.28 ± 0.04 et 44.24 ± 0.06 mg EAG/100 g polyphénols totaux, et de 20.49 ± 0.01 et 45.35 ± 0.04 mg EAG/100 g pour les flavonoïdes. L'évaluation de l'activité antioxydante par le pouvoir anti-radicalaire DPPH varient entre 23.56 et 43.73%, et pour l'ABTS de 72.62 à 80.85 %; et le pouvoir réducteur qui présente des valeurs entre 27.50 et 37.68 %. Ces variations sont dues à l'origine botanique des échantillons de miels analysés. de nombreuses corrélations sont observées entre les antioxydants et les activités antioxydantes. Cette étude a montré que les miels de Bejaia étudiés sont de bonne qualité (frais et bien conservés) comme ils sont doués d'une activité antioxydante appréciable.

Mots clés : Miel, propriétés physico-chimiques, polyphénols, flavonoïdes, activités antioxydante.

Summary

Much of the current research interest focuses on the study of antioxidant molecules of natural origin, this work is based on an analysis of five honey samples collected from different parts of the of Bejaia to determine; some physico-chemical characteristics (humidity, pH, specific rotation, and the HMF), the content of antioxidants (total polyphenols and flavonoids) and antioxidant activities: antiradical power with the (DPPH and L ' ABTS) and the reducing power by FeCl₃.

The results obtained in this analysis are from 16.66 ± 0.30 to $19.63 \pm 0.61\%$ for humidity, 3.91 to 4.05% for PH, 0.049 to 3.349 mg / kg for HMF, 44.24 ± 0.04 mg AEG / 100g for polyphenols total, and 20.49 ± 0.01 to 45.35 ± 0.04 mg AEG / 100 g for flavonoids. Assessing the antioxidant activity by the anti-radical power DPPH vary between 23.56 and 43.73%, the ABTS 72.62 to 80.85%; and reducing power which has values between 27.50 and 37.68%. These variations are due to the botanical origin of honey samples analyzed. Many correlations are observed between antioxidants and antioxidant activities. This study confirmed that honey has powerful properties by trapping free radicals, and showed good therapeutic quality of these honeys.

Keywords: Honey, physicochemical properties, polyphenols, flavonoids, antioxidant activity.