

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche scientifique
Université A. MIRA - Bejaia

Faculté des Sciences et de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Alimentaires
Filière : Sciences Alimentaires
Option: Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire



Réf :.....

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

MASTER

Thème

Activité antioxydante du miel additionné de pollen

Soutenu le :14/09/2022

Elaboré par :
MEZAHM Kahina & SADELLI Lylia

Membre de Jury :

Mme OUKIL N.	Professeur	President
Mme TAFININE Z.	MCA	Encadreur
Mme OUCHEMOUKH N.	MCA	Examineur

Année universitaire : 2021 / 2022

Remerciements

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

Nos profonds remerciements s'adressent particulièrement à notre promotrice M^{me} Tafinine pour son aide, ses conseils qu'elle nous a prodigués tout au long de ce travail et pour sa disponibilité.

Aux membres de jury M^{me} Oukil et M^{me} Ouchemoukh, merci pour le temps que vous avez accordé à la lecture et l'évaluation de ce travail.

Merci à tout le personnel du laboratoire d'analyse physico-chimique de l'université de Bejaia qui nous a soutenus, encouragé et motivé tout au long de la période pratique.

Nous remercions profondément nos très chers parents pour leur soutien moral durant nos études.

Enfin, à toute personne ayant contribué directement et indirectement à la réalisation de ce modeste travail, ainsi que tous ceux qui nous ont accompagné durant tout notre cursus universitaire, vous avez toute notre gratitude.

Dédicaces

Je dédie le fruit de ce modeste travail comme un geste de gratitude à :

*Mes très chers parents, qui m'ont soutenu, encouragé pour que je
puisse*

mener à bien mes études, et qui attendu ce jour avec patience.

****Mes sœurs et mes frères*

****Mon binôme : Lylia*

****Mes enseignants et à toute la promotion de Qualité des Produit et
Sécurité Alimentaire (2021-2022).*

A tous mes ami(es) en particulier : Meriem.

A tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail.

Kahina

Dédicaces

Je dédie ce travail :

D'abord à mes parents pour leur soutien inébranlable et leur encouragement incessant au fil de mes années d'études, et leur confiance. Je leur dédie ce mémoire comme symbole de mon affection et de ma reconnaissance pour les sacrifices consentis .Que DIEU vous bénisse et de vous garder en bonne santé.

Je dédie ce mémoire à :

*** *Mes frères et mes soeurs*

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

**** A mes chères amies que j'aime beaucoup, avec qui j'ai passé des moments inoubliable, en particulier à : Amel , Sabrine ,Celia .
Mes dédicaces vont également à la promotion de Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire 2021/2022.*

Lylia

Liste des abréviations

Abs : Absorbance.

DPPH : 2, 2-diphényl-1-picrylhydrazyl.

EAG : Equivalent en Acide Gallique.

E β C : Equivalent β Carotène.

EQ : Equivalent en Quercétine.

HMF : 5-HydroxyMéthyl-2-Furfuraldéhyde.

HO : radicaux hydroxyles.

Kcal : Kilocalorie.

NaCO₃: Carbonate de sodium.

pH : potentiel d'hydrogène.

μ m : micromètre.

Liste des figures

Figure	Titre	Page
1	Origines du miel.	03
2	Composition du miel.	04
3	Structure du grain de pollen.	11
4	Composition moyenne du pollen d'abeille.	12
5	Principales catégories de polyphénols.	18
6	Structure de base des Flavonoïdes.	19
7	Teneur en composés phénoliques des échantillons.	25
8	Teneur en flavonoïde des échantillons.	26
9	Teneur en caroténoïdes des échantillons.	27
10	Pouvoir réducteur des échantillons.	28
11	Activité antiradicalaire des échantillons.	29

Liste des Tableaux

Tableaux	Titre	Page
I	Vitamines dans le miel, en mg/100 g.	06
II	composition en vitamines du pollen.	14
III	Propriété thérapeutique du pollen.	16
IV	Code et Origine géographique des échantillons.	21

Table des matières

Liste des figures et tableaux

Introduction..... 01

Synthèse bibliographique

Chapitre I

I. Miel..... 02

I.1. Définition..... 02

I.2. Origine..... 02

I.2.1. Nectar..... 02

I.2.2. Miellat..... 02

I.3. la récolte..... 03

I.4.Composition Chimique 03

I.4.1. Eau..... 04

I.4.2. Glucides..... 04

I.4.3. Acide 05

I.4.4.Lipides..... 05

I.4.5. Protéines..... 05

I.4.6. Enzymes..... 05

I.4.7. Matière minérale..... 05

I.4.8.Vitamines 06

I.4.9. Hydrox- méthyl-furfural (HMF)..... 06

I.4.10. Substances aromatiques..... 06

I.4.11. Composés phénoliques.....	07
I.4.12. Constituants divers	07
I.5. Compositions biologiques du miel.....	07
I.5.1. Propriétés antioxydants	08
I.5.2. Propriétés thérapeutiques.....	08
I.5.3. Propriétés antimicrobiennes	08
I.5.4. Propriétés nutritionnelles	09

Chapitre II

II.Pollen.....	10
II.1. Définition et origine	10
II.2. Structure et forme de pollen.....	10
II.3. Composition biochimique du pollen d'abeille.....	11
II.3.1.L'eau.....	12
II.3.2. Protéines.....	12
II.3.3. Lipides.....	13
II.3.4. Glucides.....	13
II.3.5. Vitamines.....	14
II.3.6.Minéraux.....	14
II.3.7. Les enzymes et les coenzymes.....	15
II.3.8. Autres composants.....	15
II.4. Propriétés thérapeutiques.....	15

Chapitre III

III. L'activité antioxydant du miel et de pollen.....	17
III.1. Définition.....	17
III.2. Les composés phénoliques.....	17
III.3. Les flavonoïdes.....	18

III.4. Les caroténoïdes..... 19

Matériel et Méthodes

I. Les échantillons..... 21

II. Méthode d'analyse..... 21

II.1.Extraction..... 21

II.2. Dosage des antioxydants..... 21

II.2.1. Dosage des polyphénols..... 21

II.2.2. Dosage des flavonoïdes..... 22

II.2.3. Dosage des caroténoïdes..... 22

II.3. Activité antioxydante..... 22

II.3.1. Le pouvoir réducteur 22

II.3.2. L'activité antiradicallaire DPPH 23

II.4. Analyse statistique..... 23

Résultats et discussion

I.Teneur en antioxydants 24

I.1. Les composés phénoliques..... 24

I.2. Les flavonoïdes..... 25

I.3. Les caroténoïdes..... 26

II. Activité antioxydante..... 27

II.1. Le pouvoir réducteur..... 27

II.2. L'activité antiradicallaire..... 28

Conclusion..... 30

Références bibliographiques

Annexes

Introduction

Introduction

Les produits de la ruche comprennent le miel, le pollen, la gelée royale, la propolis, la cire et le pain d'abeille. Ils ont, depuis toujours, suscité beaucoup d'intérêt grâce à leurs propriétés thérapeutiques et diététiques. De nos jours, l'usage par l'homme de ces produits à des fins médicales constitue un domaine d'études à part entière qui est l'apithérapie (**Fratellone et al., 2016**).

Ainsi, le miel est depuis des millénaires exploité par l'homme. Il a toujours été apprécié, d'une part pour ses qualités gustatives et d'autre part, pour ses nombreuses vertus thérapeutiques démontrées à plusieurs reprises par des études scientifiques. Ses usages empiriques ont traversé les siècles mais l'avènement de la chimie moderne les a progressivement fait tomber dans l'oubli (**Jones, 2009**).

Un autre produit de la ruche connaît de plus en plus un intérêt dans l'apithérapie, il s'agit du pollen. Ce dernier est la nourriture protéinique des colonies d'abeilles (**Bogdanov et al., 2006**). Il est très riche en composants chimiques (protéines, lipides, glucides, vitamines hydrosolubles et liposolubles...) (**Campo et al., 2008**). Il contient tous les acides aminés essentiels que l'organisme ne peut synthétiser et compense donc parfaitement les insuffisances que nous impose notre alimentation moderne déséquilibrée (**Campo et al., 2010**). Il est considéré comme une source d'antioxydants qui sont des substances de protection pour l'organisme (**Percie de sert, 2009**).

Aujourd'hui, de nombreux travaux redécouvrent les bienfaits thérapeutiques du miel et du pollen. Cependant, leur usage reste limité à la médecine traditionnelle et peine à s'imposer comme une alternative crédible auprès du corps médical (**Molan, 199**).

Le travail est basé sur une étude de l'activité antioxydante du miel additionné de pollen. Ce document est partagé en trois parties. La première partie synthétise les données bibliographiques sur le miel ; le pollen et aussi un aperçu simplifié sur l'activité antioxydante. Une deuxième partie concerne l'approche expérimentale qui a pour but d'évaluer l'activité antioxydante de quatre échantillons de miel et un échantillon de pollen, en fin les résultats et discussions sont rassemblés dans la troisième partie.

Chapitre I
Le Miel

I. Le miel**I.1. Définition**

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

I.2. Origines**I.2.1. Nectar**

Le nectar est un liquide sucré et mielleux, il se produit à la surface des parties spéciales appelés nectaires, qui sont en forme de turgescences, situés soit sur les feuilles, appelés nectaires extra floraux, soit sur les fleurs, (sépalés, pétales, carpelles) appelés nectaires floraux, retrouvés par exemple chez la plante de Thym. Pour recueillir un litre de nectar, on estime qu'il faut entre 20000 et 100000 voyages des abeilles (**Louveaux, 1968 ; Ziegler, 1968 ; Gonnet, 1982**).

I.2.2 Miellat

Le miellat est un produit plus complexe que le nectar faisant intervenir un intermédiaire, généralement un puceron, qui pique la végétale, se nourrit de sa sève et rejette l'excédent de matière sucrée sous forme de gouttelettes que les abeilles récupèrent sur les feuilles des plantes qui hébergent les pucerons. Les abeilles ramènent ce miellat à la ruche et le traitent exactement comme le nectar (**Gonnet, 1982**). Certains auteurs considèrent aussi comme miellat, une exsudation sucrée naturelle des feuilles (**Goût et Jardel, 1998**) (figure 1).

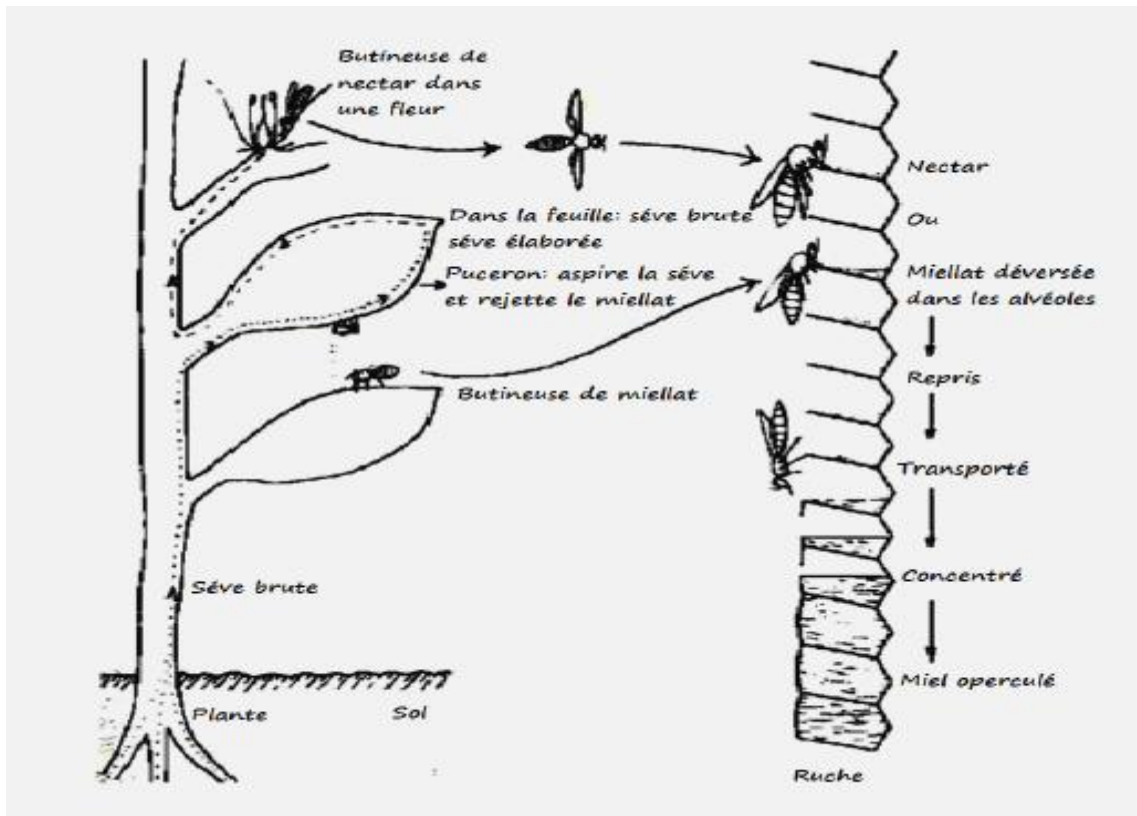


Figure 01 : Origines du miel (Prost, 2005).

I.3. La récolte

La récolte du miel peut se pratiquer dès la fin de la miellée quand les cadres des hausses sont remplis de miel operculé. La période idéale est généralement le mois d'août qui correspond à la fin de la saison de culture (Hoyet, 2005).

I.4. Composition chimique

Le miel est un mélange biochimique complexe. Sa composition varie suivant l'origine des plantes butinées par les abeilles (Ouchemoukh *et al.*, 2007) ; et par le procédé d'élaboration dont cette dernière demande plusieurs étapes et chacune d'entre elles a une influence sur la composition, le miel contient approximativement 181 composés biochimiques (Al-Mamary *et al.*, 2002) (figure 02).

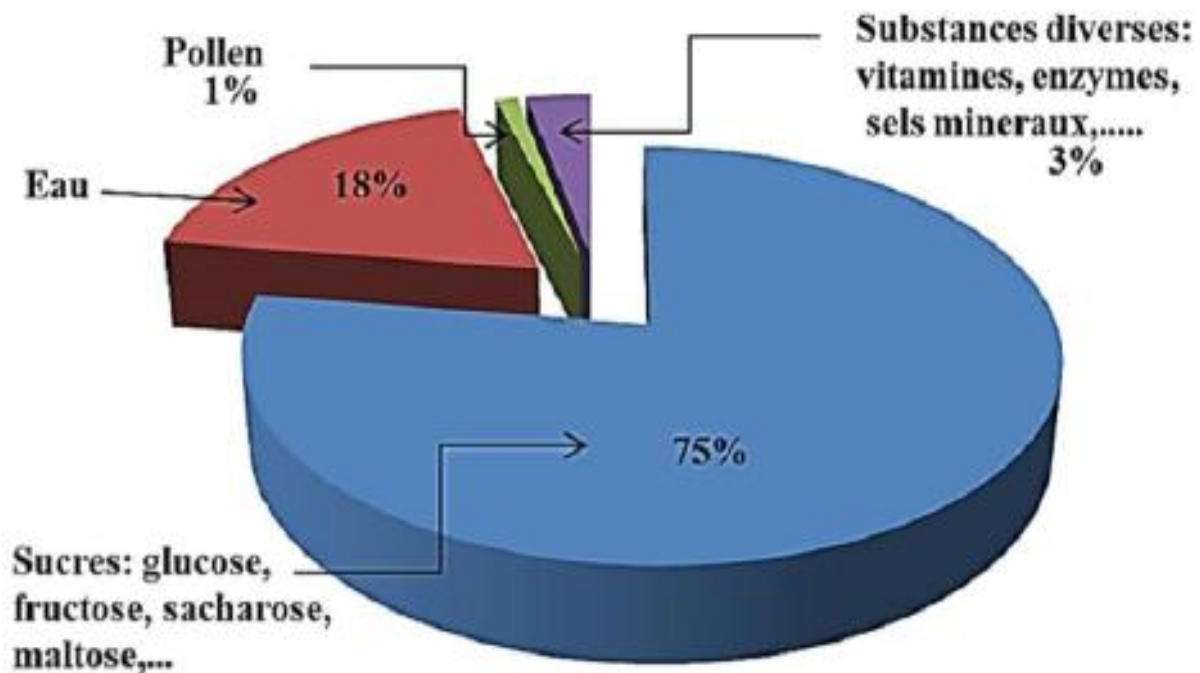


Figure 02 : Composition du miel d'après (Louveaux, 1985).

I.4.L'eau

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

I.4.2 Glucides

Les sucres représentent de 95 à 99 % de la matière sèche des miels. Chaque miel est susceptible de contenir une bonne dizaine de sucres ce sont des mono, di, tri, ou polysaccharides représentaient les 80% du poids total du miel. Deux d'entre eux ; le glucose et le fructose, dominent nettement et représentent près de 80% (Amri, 2016).

I.4.3 Acides

Les miels contiennent des acides organiques (dont certains sont volatiles), ainsi que des lactones. Leur provenance est diverse : certains sont issus du nectar directement, d'autres sont le fruit des réactions enzymatiques et de fermentations. Les acides identifiés dans le miel sont : l'acide gluconique (constituant acide majoritaire, issu du glucose), les acides butyriques, l'acide acétique, l'acide formique, l'acide lactique, l'acide succinique, l'acide proglutamique, l'acide malique et l'acide citrique (**Bogdanov, 2006**).

I.4.4 Lipides

Ils sont présents en faibles quantités, on y retrouve majoritairement des stérols, des triglycérides et des acides gras. Leur présence pourrait être expliquée par le besoin important du métabolisme des abeilles en lipides (**Hamoutene et Achit, 2018**).

I.4.5 Protéines

Les protéines sont présentes en faible quantité (1,7 gramme par kilogramme de miel, soit une teneur de 0,26%). Il s'agit essentiellement de peptones, d'albumines, de globulines et de nucléoprotéines qui proviennent soit de la plante, soit de l'abeille (**Huchet et al., 1996**).

I.4.6 Enzymes

De nombreuses enzymes se retrouvent dans le miel : l'invertase qui provoque la scission du saccharose en fructose et en glucose, la diastase, la glucosidase et la glucose-oxydase capable de transformer le glucose en acide gluconique, la catalase et la phosphatase, l'invertase et l'amylase sont importantes pour l'appréciation du miel et sont employés comme indicateurs de la fraîcheur de miel (**Huchet et al., 1996 ; Bogdanov et al., 2004**).

I.4.7 Matière minérale

Les matières minérales ou cendres représentent une teneur inférieure à 1%, elle est en général de l'ordre de 0,1%. Les miels foncés en contiennent plus que les miels clairs et les miels de fleurs contiennent 0,1g à 0,35g de sels minéraux et d'oligoéléments pour 100g de miel, tandis que les miels de miellat contiennent jusqu'à 1g /100g de miel (**Huchet et al., 1996 ; Bogdanov et al., 2004**). Selon **Bogdanov et al. (2004)**, la substance minérale principale est le potassium (0,2-1,5mg/kg), on retrouve également du calcium (40-300mg/kg), du sodium (16-170mg /kg, du magnésium (7-130 mg/kg), du cuivre (0,2-6mg/kg), du chlore, du magnésium (7-130mg/kg) et une trentaine d'oligo-éléments.

I.4.8 Vitamines

Les vitamines sont présentes en infimes quantités mais on y retrouve plusieurs, essentiellement des vitamines du groupes B : acide panthothénique (B5), acide folique (B9), acide nicotinique (B3). On y retrouve aussi de la vitamine C, ainsi que les vitamines A, D et K (Hoyet ,2005 ; Sana ,2017).

Tableau I : Vitamines dans le miel, en mg/100 g (Bogdanov, 2006).

Thiamine (B1)	0,00-0,01
Riboflavine (B2)	0,02-0,01
Pyridoxine (B6)	0,01-0,32
Niacine	0,10-0,20
Acide panthothénique	0,02-0,11
Acide ascorbique (vitamine C)	2,2-2,5
Phyloquinone (vitamine K)	env. 0,025

I.4.9 L'HydroxyMéthylFurfural (HMF)

L'HMF est un composé issu de la dégradation du fructose (sucre), sa concentration va augmenter dans le temps et avec la température. La teneur en HMF reflète donc l'âge et le passé thermique du miel. Un miel naturel, récolté sans chauffage particulier, ne contient pas plus de 5 mg d'HMF par kg (Bruneau, 2005).

Pendant le stockage, l'HMF se forme plus ou moins rapidement à partir du sucre sous l'influence des acides et en fonction de la valeur du pH et de la température du miel (Bogdanov *et al.*, 2003).

I.4.10 Substances aromatiques

Les substances aromatiques sont comme leur nom l'indique à l'origine de l'arôme du miel. On retrouve : l'anthranilate de méthyle, le diacétyle, le formaldéhyde, l'acétaldéhyde, l'acétone et l'isobutyraldéhyde (Lequet , 2010).

I.4. 11 Composés phénoliques

Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires dont les principales sources sont les sécrétions végétales (propolis, nectar et pollen) (**Can et al., 2015**). Parmi les structures identifiées dans le miel ,on retrouve les acides phénoliques (acides benzoliques et cinnamiques), les flavonoïdes (flavones et les flavonones) en proportions très variables selon la source florale (**Collin et Crouzet, 2011**). Selon Sarmiento Silva et al. (2013), les phénols interviennent sur la couleur par l'intermédiaire des flavonoïdes susceptibles de contribuer à la couleur jaune. En règle générale, plus les miels sont foncés (comme ceux issus du tournesol, du sarrasin et du miellat), plus ils sont riches en flavonoïdes. Ces derniers possèdent de fortes propriétés antioxydantes très intéressantes, car ils participent à la neutralisation des radicaux libres de l'organisme. Les flavonoïdes sont synthétisés par les plantes lors de l'invasion microbienne, il est par conséquent logique, qu'ils agissent comme substances antimicrobienne (**Lachman et al., 2010 ; Wilczynska, 2014**).

D'autre part, les flavonoïdes les mieux représentés dans le miel sont la chryusine, l'apigénine, l'héspertine, la pinocembrine, la pinobanksine et la galangine (**Collin et Crouzet, 2011**).

I.4.12 Constituants divers

Le miel regroupe également des facteurs antibiotiques naturels, des alcools et des esters, des levures, des substances aromatiques, des matières pigmentaires spécifiques à chaque miel qui lui donnent sa couleur et enfin des grains de pollen (**Meda, 2005**).

Un certain nombre de micro-organismes ont été répertoriés dans le miel. Cette présence s'explique par une contamination via pollen, le contenu digestif des abeilles, la poussière, l'air, les fleurs (**Snowdon et al., 1996**).

I.5 Propriétés biologiques du miel

Le miel est un aliment-médicament car il possède maintes propriétés biologiques (nutritionnelles, antibactériennes, antioxydantes et thérapeutiques).

Ces propriétés sont dues essentiellement à sa composition qui est variable en fonction des plantes butinées, des conditions climatiques et environnementales (**Lobreau-Callen et al., 1999**).

1. Propriétés antioxydants

De puissants antioxydants figurent dans la composition du miel: la pinocembrine, la pinobanksine, la chryisine et la galagine. La pinocembrine est un antioxydant présent uniquement dans le miel. Ils réduisent le risque de cancer, de maladie cardio-vasculaires, d'Alzheimer et d'autres troubles dus à l'âge (**Bacha, 2005**)

Vu son caractère antioxydant le miel est utilisé en agroalimentaire pour le décaillage des jus de fruits, pour la conservation des denrées alimentaires (évite le brunissement) et enfin comme additif dans de nombreux produits alimentaires (produits laitiers, pâtisseries, confitures) (**Bogdanov et al., 2006**).

2. Propriétés thérapeutiques

Depuis des millénaires déjà, le miel a été utilisé dans la médecine populaire dans de nombreux domaines et Aristote le recommandait pour soulager divers maux (**Bogdanov et Blumer, 2001 ; Paulus et al., 2012**).

Les propriétés cicatrisantes du miel tiennent à ses caractéristiques physiques, chimiques et enzymatiques. Le miel, par sa saturation en sucres entretient une pression osmotique trop élevée pour inhiber la croissance des microbes (**Candiracci et al., 2012**).

Administré par voie buccale, le miel peut guérir ou soulager l'insomnie, les maux de gorge et certaines infections gastriques. Il augmente aussi la teneur du sang en hémoglobine et la vigueur musculaire (**jean-prost., 2005**).

3. Propriétés antimicrobiennes

Dans un contexte où un nombre croissant de souches bactériennes sont résistantes aux antibiotiques, le miel est de plus en plus apprécié pour son activité anti bactérienne. De nombreuses publications ont permis la mise en évidence de ses pouvoirs bactéricide et bactériostatique (**Cooper, 2007 ; Kwakman et al., 2010**).

Tous les miels n'ont pas la même activité antibactérienne. Cette dernière dépend de la présence combinée de plusieurs facteurs qui peuvent voir une activité redondante être mutuellement dépendante, ou avoir une activité additive ou synergique selon l'espèce bactérienne ciblée (*Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*...) (**Rossant, 2011**).

4. Propriétés nutritionnelles

Le miel est un aliment glucidique à haute valeur énergétique (320 calories par 100 grammes de miel) assimilable par l'organisme par sa haute teneur en glucose et fructose (**Gonnet, 1982**).

D'autre part, le miel est source de différentes matières minérales comme le calcium, le magnésium, le soufre et phosphore qui sont utiles au métabolisme. Différentes études ont révélé l'action bénéfique des sucres des miels, favorisant l'assimilation et la fixation par l'organisme des sels et notamment du calcium (**Chauvin, 1987**).

De par sa richesse en éléments biologiques, le miel intensifie les capacités du système immunitaire. Le miel contribue aussi à l'élévation du taux d'hémoglobine dans le sang. Ainsi, il peut être introduit dans certains régimes alimentaires. Par conséquent, il est adapté aux personnes âgées, les sportifs et les enfants. Mais il n'est pas un aliment complet car il est pauvre en protides, lipides et vitamines (**Gonnet, 1982**).

Chapitre II
Le Pollen

II .Le pollen

II.1. Définition et origine

L'appareil sexuel mâle des fleurs possède plusieurs étamines, chacune étant constituée de deux parties, le filet et l'anthere qui contient des grains de pollen. Les grains de pollen représentent les gamètes mâles chez les plantes supérieures (**Frédéric et Alexis., 2013**). Le mot pollen, qui est d'origine latin, signifie farine de fleur, il se présente sous forme microscopique de tailles très variables, porté dans les fleurs par les anthères des étamines. Le pollen peut avoir des couleurs différentes suivant les espèces de plantes ; du blanc le plus pâle au noir le plus intense ; mais en majorité, le pollen est jaune ou marron clair (**Biri, 1999 ; Jean-Prost et Medori, 2005**).

Le pollen est la seule source naturelle protéique de la ruche, il sert à la colonie d'abeilles de source d'alimentation pour le couvain. Il est récolté par les butineuses qui le mettent dans des poches spécifiques pour former des petites pelotes, sur la 3ème paire de pattes (**Romano, 2009**).

II.2. Structure et forme de pollen

Les grains de pollen ont une morphologie très variable selon les espèces végétales (**Andrada et al., 2005 ; Krassilov et al., 2007**).

En général, le grain de pollen est entouré de deux couches protectrices : l'intine et l'exine. L'intérieur du grain est constitué par le cytoplasme contenant deux noyaux : végétatives et reproducteurs, et d'organites chargés de réserves utilisées au moment de la germination. Le cytoplasme est très appauvri en eau et très enrichi en matière sèche (**Misset et al., 1989**).

La couche externe, connue sous le nom d'exine, est très résistante et faite de sporopollénine (**Rowley, Claugher, et Skvarla., 1999**). Elle offre une résistance chimique et préserve les composés bioactifs.

Il faut noter que l'exine ne présente pas la même structure sur tout le pourtour du grain de pollen. Il existe en effet des zones différenciées appelées apertures. Ces apertures sont des zones de moindre résistance qui permettront la sortie du tube pollinique lorsque le grain de pollen sera au contact d'un stigmate compatible (**Misset et al., 1989**).

La couche interne est appelée l'intine. Elle est constituée de cellulose et est structurellement similaire à une paroi cellulaire végétale (Blackmore, Wortley, Skvarla, et Rowley, 2007). Elle est composée, aussi, de pectines (Chauzat et al., 2005). De plus, dans les cavités du sporoderme ou à la surface du grain, existent des substances plus ou moins fluides, appelées tryphine et pollenkitt, ce sont des substances physiologiquement actives.

La tryphine et le pollenkitt constituent un manteau pollinique, le pollencoat, qui intervient dans les réactions de reconnaissance entre pollen et stigmate lors de la fécondation qui se fait d'une manière proche de celle d'une réaction immunitaire (Dobson et al., 2000). Ce manteau permet l'adhésion des grains sur le corps de l'insecte (Roulston et al., 2000) (Figure 03).

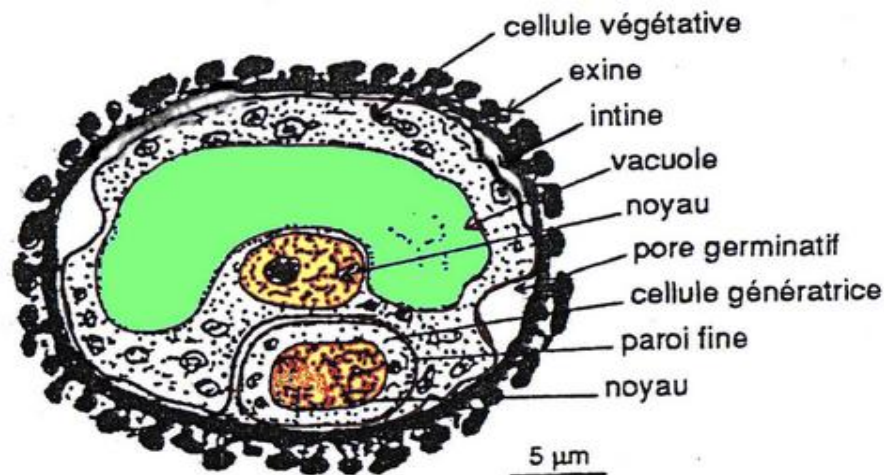


Figure 03 : Structure d'un grain de pollen (Laaidi et al., 1997).

II.3. Composition biochimique du pollen d'abeille

La composition biochimique du grain de pollen dépend, tout comme pour le miel, des spécificités géobotaniques des fleurs visitées, les conditions environnementales (lieux, saisons et années), l'âge et l'état nutritionnel de la plante (lorsque le pollen est en développement) zczesna et al., (2002).

Après la récolte du pollen par les butineuses, il subit certains ajouts, notamment de la salive, du miel ou du nectar pour constituer les pelotes. Le pollen est une source de nourriture dont la synthèse est complexe pour la plante, mais dont la composition est avantageuse pour de nombreux animaux. C'est un aliment diététique complet et de haute valeur biologique, en

renfermant de précieux éléments nutritifs (Caillas, 1957 ; Nigelle, 1972 ; Rabiet, 1984 ; Philippe, 1999).

Les techniques modernes d'analyses permettent d'avoir une idée assez précise de la composition des pollens d'abeilles, tant qualitativement que quantitativement. Les principaux constituants du pollen récolté par l'abeille sont rapportés sur la figure 04.

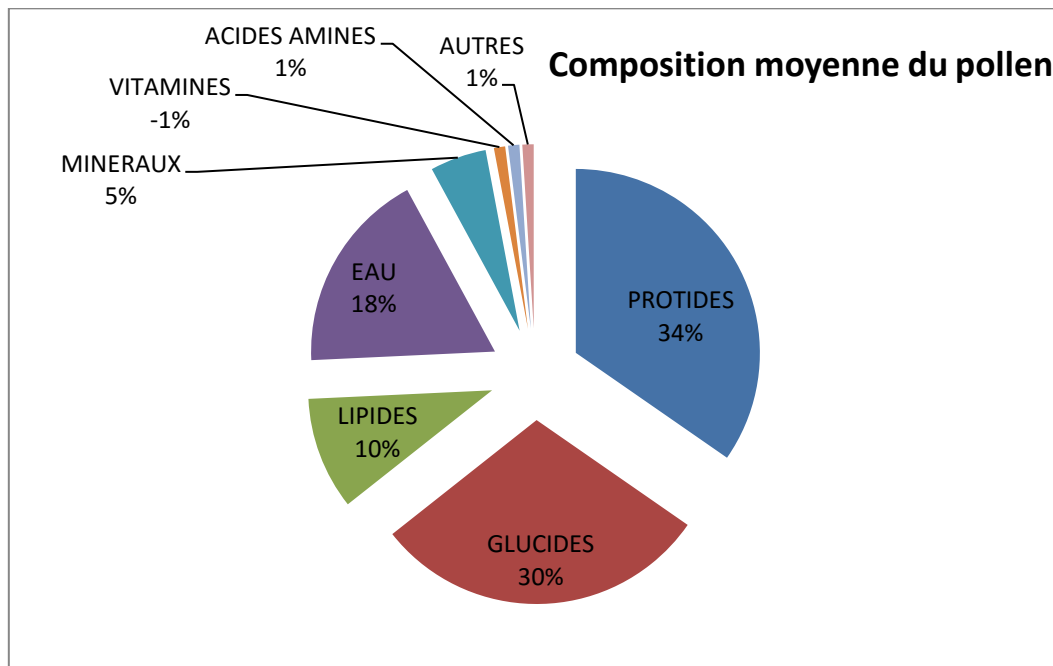


Figure 04 : Composition moyenne du pollen d'abeille (Berry, 2015).

3.1. L'eau

Elle est de 10% en moyenne sur la fleur, entre 10 à 40% pour le pollen frais et 4% pour le pollen séché. Un taux de 5% représente en général la limite supérieure à ne pas dépasser pour assurer une bonne conservation à température ordinaire. Elle varie selon l'espèce botanique (Prost et Le conte, 2005).

3.2. Protéines

Les protéines sont essentiellement présentes dans le cytoplasme du grain de pollen (Chausat, 2005).

La teneur en protéines de pollen fluctue entre 8 à 40% selon l'origine florale, avec une moyenne de 25%. On y trouve 20 acides aminés sur les 22 existants (5 à 6% de la masse totale du pollen) (**Phillipe, 1991**), parmi eux on trouve les acides aminés indispensables et les acides aminés accélérateurs de croissance : Arginine, la lysine, la leucine, la proline, l'acide aspartique, l'acide glutamique (**Cherbulier, 2001**). Ces acides aminés se trouvent quasiment dans les différents types de pollen (**Roulston et Cane, 2000**).

3.3. Lipides

La teneur en lipides du pollen varie de 1 à 20% du poids sec (**Prost et Le conte, 2005**). Cette quantité varie selon qu'il provient de plantes anémophiles pauvres en lipides (environ 2% dans le pollen des pins) ou de plantes entomophiles (de l'ordre de 14% dans le pollen de pissenlit) (**Clement, 2002**).

La fraction lipidique est constituée principalement de l'acide palmitique, suivi des acides linoléiques (19 à 56% de la totalité des acides gras insaturés), oléiques, linoléiques, stéariques, etc. (**Shawer et al, 1987 ; Muniategui et al, 1989 ; Krell, 1996**). Elle est composée aussi de vitamines, de pigments, d'alcools supérieurs, de stérols qui se présentent en quantités mineures (moins de 0,5%), et de composés hydrocarbonés saturés (**Winston, 1993**).

3.4. Glucides

La teneur en sucre s'étend de 15 à 50%, avec une valeur énergétique de 270 Kcal pour 100g de pollen et la teneur en amidon est très élevée (jusqu'à 18%) dans quelques herbes (**Schmidt et Buchman, 1992**). Le fructose, le glucose et le saccharose sont les plus abondants et forment environ 90% de la totalité des sucres (**Serra-bonvehi et al, 1997 ; Qiana et al 2008**). Le pollen contient une grande quantité de sucres réducteurs dérivés du miel (**Silva et al, 2006**).

Il faut noter que la proportion des différents sucres contenus dans le pollen diffère d'une espèce à une autre (**Campos et al, 2008**).

La teneur en fibres contenues dans le pollen est comprise entre 7 à 16g/100g de pollen (**Bell et al 1983**) ; dans laquelle les fibres insolubles (cellulose et callose) constituent la proportion la plus importante (**Stamler, 1994**).

3.5. Vitamines

Le pollen est riche en vitamines hydrosolubles et pauvre en vitamines liposolubles (**Roulston et al., 2000**). Il contient différentes vitamines (tableau II) telles que la vitamine B1, B2, B3, C, H, acide folique et tocophérol (**Campos et al., 2008**), D et K (**Roulston et al., 2000**). A noter que le pollen ne contient pas de la vitamine A mais il contient des carotènes qui sont transformés au niveau intestinal par l'organisme pour produire la vitamine A (**Cherbuliez, 2001**).

Tableau II : composition en vitamines du pollen (**Campos et al , 2008**).

Vitamines	Teneur (mg /Kg)
β-carotène	10-200
Thiamine (B1)	6-13
Riboflavine (B2)	6-20
Niacine (B3)	40-110
Acide pantothénique (B5)	5-20
Pyridoxine (B6)	2-7
Acide ascorbique (C)	70-560
Biotine (H)	0.5-0.7
Acide folique	3-10
Tocophérol (E)	40-320

3.6. Minéraux

Le taux de cendres contenu dans le pollen est, généralement, compris entre 2 et 4% du poids du pollen (**Human et al., 2006 ; Almeida-Muradian et al., 2005**).

La composition minérale du pollen récolté par l'abeille dépend non seulement de l'origine botanique (**Campos et al., 2008**), mais également des conditions climatiques (sol, origine géographique) (**Serra-Bonvehi et al., 1997**).

Parmi les éléments minéraux que contient le pollen, il y a le Fer, Calcium, Zinc, Potassium, Sodium, Cuivre, Magnésium, Phosphore et Manganèse (**Serra-Bonvehi et al., 1997 ; Bell et al., 1983**). L'élément minéral principal dans le pollen est le Potassium (environ

60% de la totalité des minéraux), suivi par le Magnésium (env. 20%) et le sodium, ainsi que le Calcium (10%) (**Campos et al., 2008**).

3.7. Les Enzymes et coenzymes

Les enzymes sont additionnés par les abeilles lors de la confection de la pelote de pollen, contenant : l'amylase, l'invertase, le saccharase, l'amylase, le diaphorèse, la catalase et la pectase, la diastase, certaines phosphatases, des transférases et de nombreux cofacteurs enzymatique tel que les biotines, le glutathion, ainsi que certains nucléosides (**Herbert et al., 1992 ; Cherbuliez, 2001**).

3.8 Autres composants

On peut trouver d'autres constituants non négligeables, tel que :

- Les facteurs de croissance : un glycoside nommé rutine, pigment qui augmente la résistance capillaire (**Nigelle, 1972**).
- La fraction phénolique du pollen se compose principalement de glycosides, de flavonol. Cette composition est liée aux propriétés thérapeutiques (antibiotique, antioxydant) du pollen (**Campos et al, 2003**).
- Le pollen d'abeille contient des flavonoïdes, des produits de métabolismes des plantes qui présentent plusieurs structures phénoliques.
- Il faut noter que les flavonoïdes sont des composés qui peuvent être employés comme marqueurs biochimiques pour retrouver l'origine botanique du pollen.
- Les flavonoïdes sont connus pour leur effet anti-inflammatoire et l'inhibition de la production des cytokines pro inflammatoire.
- Des substances antibiotiques que le pollen peut recéler lui-même qui sont complétés par l'abeille, qui les ajoute lors de la confection de la pelote. Ces substances confèrent au pollen une action bactériostatique.

II.4. Propriétés thérapeutiques

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

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

Tableau III : Propriété thérapeutique du pollen.

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

Chapitre III
Activité
antioxydante

III. Activité antioxydante du miel et du pollen

III.1. Définition

L'activité antioxydante d'une molécule est sa capacité à diminuer ou empêcher l'oxydation d'autres substances chimiques. Ces réactions d'oxydation peuvent produire des radicaux libres qui, s'ils se trouvent en excès dans notre organisme, peuvent dégrader nos cellules et entraîner des réactions en chaîne destructrices susceptibles de provoquer différentes maladies. Les antioxydants sont des molécules capables d'interagir sans danger avec les radicaux libres et de mettre fin à la réaction en chaîne avant que les cellules ne soient endommagées (Massaux, 2012). De ce fait, l'activité antioxydant du miel joue un rôle dans les effets thérapeutiques (Meda et al., 2005 ; Bertoncelj et al., 2007).

Le miel et le pollen sont riches en antioxydants notamment les flavonoïdes, les acides phénoliques, l'acide ascorbique, les enzymes (catalase et peroxydase), les caroténoïdes, les peptides et les acides organiques (Gheldof, 2002 ; Bouyahya, 2017).

Des études ont montré que la grande majorité des composés bioactifs dans le miel sont des molécules ayant des structures phénoliques, telles que les acides phénoliques, les flavonoïdes, les procyanidines et les anthocyanines (Küçük et al., 2007 ; Sahin, 2011; Tezcan, 2011).

Une étude concernant l'effet du miel sur l'activité antioxydant du plasma de sujets adultes a révélé une augmentation de la teneur en composés phénoliques et de l'activité antioxydant du plasma suite à la consommation du miel (Schramm et al., 2003). D'autres études ont signalé que les miels de couleur foncée ont des activités antioxydants plus élevées, qui proviennent des flavonoïdes qu'ils contiennent (Jasicka-Misiak et al., 2012; Alvares et al., 2013; Can et al., 2015).

III.2. Les composés phénoliques

Les polyphénols proviennent des sécrétions de bourgeons et des exsudats de divers organes des plantes, et constituent un groupe important de substances naturelles présentes dans le règne végétal (Massaux, 2012). Ce sont des substances qui ont la capacité de neutraliser, de piéger et de réduire la formation des radicaux libres produits au cours des réactions oxydatives. Ils agissent par plusieurs voies réactionnelles, comme donation

d'hydrogène, chélation d'ions métalliques et comme substrat pour les radicaux libres tels que les anions super oxyde et l'hydroxyle (Mouhoubi, 2007).

Différents polyphénols sont présents dans le miel et peuvent jouer un rôle dans sa capacité anti-oxydante. Les flavonoïdes et les acides phénoliques sont reconnus comme étant parmi les principaux responsables de l'activité antioxydant développée par un miel (figure 05) (Yao et al., 2003 ; Massaux, 2012).

La teneur en composés phénoliques dans le miel est fortement affectée par la source florale et l'origine géographique, ainsi que par le climat et les caractéristiques du site de collecte (Ouchemoukh et al., 2016).

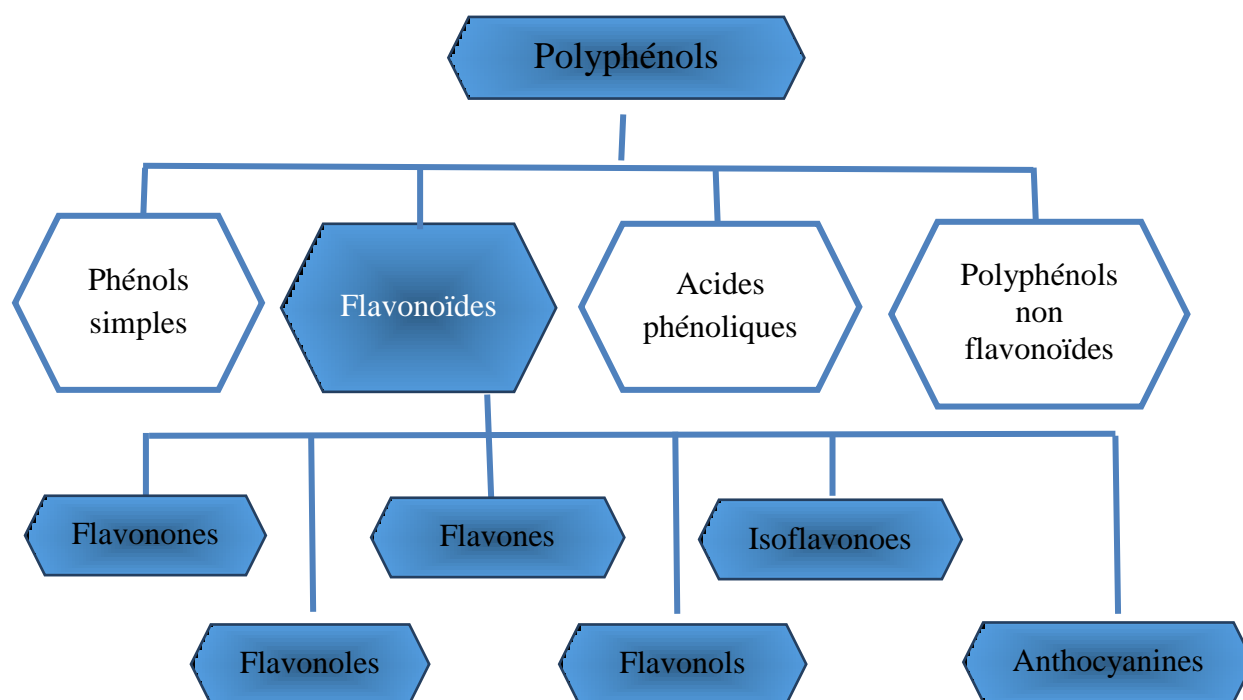


Figure 05 : Principales catégories de polyphénols (Massaux, 2012).

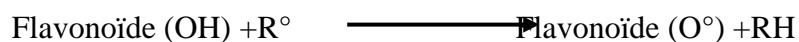
III.3. Flavonoïdes

Les flavonoïdes constituent le principal groupe des polyphénols. Ces molécules possèdent toutes un squelette chimique commun illustré dans la figure 06 (Massaux, 2012).

Ils peuvent être subdivisés en treize classes, y compris les flavonols, les flavanones, les flavones, anthocyanidines et Isoflavonoès (**Robards, 1999 ; Ouchemoukh, 2016**).

Les principaux flavonoïdes retrouvés dans le miel sont : l'apigénine, pinocembrine, pinobanksine, kaempférole, quercétine, galangine, chrysrine, lutéoline (**Gasic, 2014 ; Ouchemoukh, 2016**).

Les flavonoïdes sont les principaux composants fonctionnels du miel. Ils peuvent contribuer de manière significative à l'activité antioxydante totale du miel, apportant des effets bénéfiques pour la santé humaine (**Alvarez et al., 2012**). L'activité antiradicalaire dépend de la structure de ces composants. La présence de groupement hydroxyle et de doubles liaisons leur confère la capacité d'agir comme donneur d'hydrogène selon la réaction ci-dessous (**Havsteen, 2002 ; Atmani et al., 2009**).



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

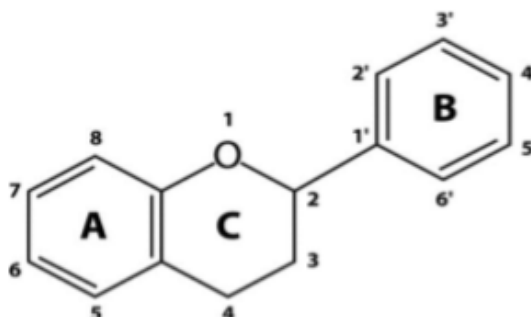


Figure 06 : Structure de base des Flavonoïdes (**Massaux, 2012**).

III. 4. Caroténoïdes

Les caroténoïdes constituent une famille de pigments liposolubles largement répandus dans le règne végétal, responsable de la couleur jaune, orange ou rouge des fruits et légumes (**Muntean et al., 2008 ; Rodrigez-Amaya, 1997**), ils se retrouvent également au niveau des produits de la ruche, étant donné qu'ils sont fabriqués à partir du nectar et des sécrétions des plantes (**Rodriguez et Costa 2006 ; Dias et al., 2009**). Grâce à leur longue chaîne carbonée,

riche en double liaisons, ils sont d'excellents piègeurs de radicaux peroxydes et d'oxygène singulet (**Goudable et Favier, 1997**).

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



Matériel et Méthodes

Matériel et méthodes

I. les échantillons

L'étude est réalisée sur 4 échantillons de miel (M) récoltés au niveau de différentes régions de la willaya de Bejaïa durant l'année 2021. D'autre part un échantillon de pollen (P) récolté à Adekar a été également analysé (Tableau IV).

Tableau IV : Code et origine géographique des échantillons.

Echantillon de miel	Origine géographique
MA	Adekar
MI	Iakouren
MB	Bejaïa
MT	Tichy
P	Adekar

II. Méthodes d'analyses

II.1. Extraction

L'extraction des polyphénols est réalisée avec du méthanol 50%. Une quantité de 5g de miel ou de 2g de pollen est mélangée avec 50 ml du solvant. Un mélange de 10g de chaque miel et 1g de pollen est préparé puis incubé pendant 24h, 5g de ce mélange sont ajoutées a 100ml de solvant, après agitation pendant 20 minutes à température ambiante, les extrais sont récupérés par filtration.

II.2. Dosage des antioxydants

II.2.1. Dosage des polyphénols

La teneur en composés phénoliques est évaluée selon la méthode décrite par **Naithani et al. (2006)**. Un volume de 1ml d'extrait est additionné par 1 ml du réactif de folin-Ciocalteu (0,1 %), puis 2 ml de la solution de carbonate de sodium (NaCO₃) à 2% sont ajoutés au mélange. Après 30 minutes à l'obscurité, l'absorbance est lue à 760 nm. Les concentrations en composés phénoliques sont déterminées en se référant à la courbe d'étalonnage (Annexe I) et

les résultats sont exprimés en milligramme équivalent d'acide gallique /100 g d'échantillon (mg EGA/100g).

II.2.2. Dosage des flavonoïdes

La quantité des flavonoïdes est déterminé selon la méthode de **Blasa *et al.* (2007)** ; un volume de 1 ml d'extrait est mélangé avec 2ml d'AlCl₃ (2% dans l'eau distillée), après 30 minutes d'incubation, l'absorbance est lue avec un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 415nm.

Les concentrations en flavonoides sont estimées en se référant à une courbe d'étalonnage établie avec la quercétine ; elle est exprimés en mg équivalents quercétrine/100g d'échantillons (mg EQ/100g) (Annexe I).

II.2.3. Dosage des caroténoïdes

La quantification des caroténoïdes est réalisée suivant la méthode de **Sass-Kiss *et al.* (2005)**. 15 ml du mélange hexane, éthanol, acétone (2, 1, 1) sont ajoutés à une quantité de 5g de miel, et a 1g de pollen. Une agitation pendant 3 heures est réalisée, puis l'absorbance de la phase hexanique est lue à 450 nm.

Les teneurs en caroténoïdes sont estimées en se référant à la courbe d'étalonnage (Annexe I) et les résultats sont exprimés en milligramme d'équivalent β -carotène /100 g d'échantillon (mg E β C/100g).

II.3. Activité antioxydante

II.3.1. Le pouvoir réducteur

Le pouvoir réducteur est estimé selon la méthode décrite par **Yildirim *et al.*, (2001)**. Un volume de 1 ml de l'extrait est ajouté à 2,5 ml du tampon phosphate (0,2M ; pH 6,6) et à 2,5 ml de ferricyanure de potassium [K₃Fe(CN)₆] (1%). Après agitation, le mélange est incubé pendant 20 minutes à 50°C, puis 2,5 ml d'acide trichloroacétique TCA (10%) sont additionnés à la solution. Un volume de 1,25 ml est prélevé et additionné de 1,25 ml d'eau distillée et 0,25 ml du chlorure ferrique FeCl₃(0.1%). L'absorbance est mesurée à 700 nm après 10 minutes d'incubation.

II.3.2.L'activité antiradicalaire DPPH

Le pouvoir antiradicalaire des extraits méthanoliques est déterminé selon la méthode décrite par **Liviu al et al. (2009)**. Un volume de 2 ml de la solution du DPPH est ajouté à 1 ml de l'extrait méthanolique. Après 10 minutes d'incubation à température ambiante, l'absorbance est lue à 515 nm. Un témoin est réalisé en parallèle en mélangeant 1ml méthanol 50 % avec 2ml de la solution DPPH.

Le pourcentage de réduction de DPPH est calculé comme suit :

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

La teneur en antioxydants à activité anti-radicalaire est déterminée à partir des courbes d'étalonnage réalisées avec l'acide gallique (annexe I).

II.4.Analyse statistique

Les paramètres : moyennes et écarts types ont été calculés à l'aide de logiciel *Microsoft Excel 2007*. Les données obtenues sont la moyenne des trois essais. Une analyse de la variance suivi du test LSD (La plus petite différence significative) a été appliqué à l'aide du logiciel Statistica 5,5 afin de mettre en évidence les différences significatives au seuil $p < 0,05$ entre les échantillons pour chaque paramètre. Les résultats sont classés par ordre croissant : a<b<c<d<e<f<g<h<i<j<k ...

Résultats et Discussion

Résultats et discussion

I. Teneur en antioxydants

I.1. Les composés phénoliques

L'ensemble des résultats obtenus concernant le dosage des polyphénols des échantillons étudiés sont représentés sur la figure 1, qui montre que la concentration en polyphénols enregistrée dans les quatre échantillons de miel varient considérablement de 203 à 438 mg EAG/100g. Sur la base des taux de ces composés, les échantillons sont classés selon l'ordre croissant : MA < MB < MT < MI. Le miel d'Adekar enregistre la teneur la plus faible, tandis que le miel d'Iakouren enregistre la valeur la plus élevée.

Ces résultats sont supérieures à ceux obtenus par **Boussaid *et al.*, (2018)** sur les échantillons de miels de la Tunisie de différentes variétés [32,17 à 119,42 mg EAG /100g] et à ceux rapporté par **Mouhoubi *et al.*, (2016)** sur des miels Algériens [15,84 à 61,63 mg /100g].

D'après **Bueno-costa *et al.*, (2016)**, la teneur en composés phénoliques est plus élevée dans les miels de couleur foncé en comparaison avec les miels de couleur claire. La composition phénolique du miel est fortement affectée par l'origine florale, le climat et la zone géographique (**Pyrzynska et Beisagan , 2009**).

La teneur en polyphénols du pollen est de 1743,66 mg EAG /100g. Ce résultat est supérieur aux résultats rapportés par **Carpes *et al.* (2007)** [109 à 660 mg EAG /100g], et inférieur à ceux obtenus par **le Blanc *et al.* (2009)** [2938 mg EAG /100g].

Les teneurs en composés phénoliques du miel enrichi de pollen varient entre 315.66 à 956mg EAG /100g. L'échantillon de Béjaïa enregistre la teneur la plus faible par rapport aux autres mélanges, tandis que le miel d'Iakouren enregistre la teneur la plus élevée. Il existe une différence significative entre les trois échantillons analysés (miel, pollen, et le mélange).

D'une manière générale, on peut conclure que l'addition du pollen au miel accroît considérablement ses teneurs en polyphénols.

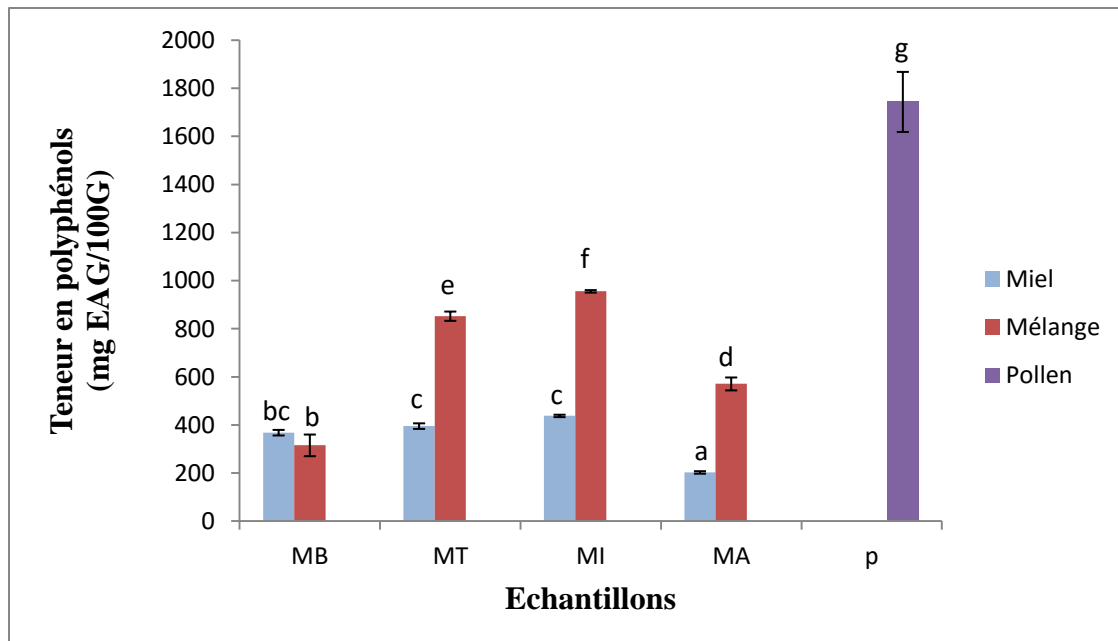


Figure 07 : Teneur en composés phénoliques des échantillons.

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

I.2. Les flavonoïdes

La concentration la plus élevée en flavonoïdes est enregistrée par le miel d'Adekar (166.66 mg EQ/100g), alors que le miel de Tichy est le moins riche en flavonoïdes, il enregistre une teneur de 62.33 mg EQ/100g. Ces résultats sont supérieurs à ceux obtenus par **Boyahya et al. (2017)** sur les échantillons de miels Marocain [19,64 à 43,24 mg EQ/100 g] et à ceux obtenu par **Mouhoubi et al. (2016)** sur les échantillons de miels Algériennes. Ceci est peut être due à plusieurs facteurs tels que l'origine florale et la situation géographique (**Sladana et al., 2011 ; Linda et al., 2012**).

La teneur en flavonoïdes du pollen est de 921.33 mg EQ/100 g. Ce résultats est supérieur à ceux obtenu par **Mărghitaș et al., (2009)** sur quelques échantillons de pollen de la Roumanie [0 mg EQ/100 g].

Les teneurs en flavonoïdes du miel enrichi de pollen varient de 2445.66 à 2932.33 mg EQ/100 g. L'échantillon (MB) de la région de Bejaïa enregistre la teneur la plus faible, tandis que le miel d'Adekar (MA) enregistre la teneur la plus élevée. D'après l'étude statistique, on constate qu'il existe une différence significative entre les échantillons étudiés.

La teneur en flavonoïdes des échantillons du miel additionné de pollen est plus élevée

par rapport aux échantillons de miels, cela est expliqué par les teneurs élevées en flavonoïdes de l'échantillon de pollen.

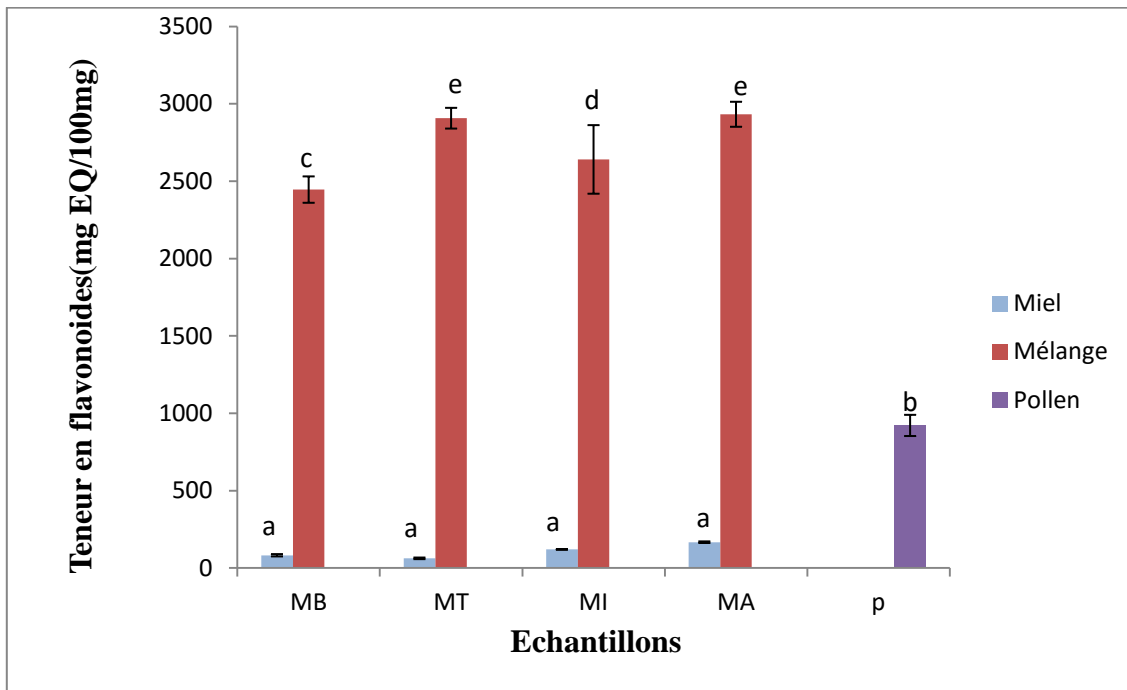


Figure 08 : Teneur en flavonoïde des échantillons.

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

I.3. Les caroténoïdes

Les résultats de la présente étude, montre que les teneurs en caroténoïdes des échantillons de miel étudiés varient de 6,14 à 12,71 mg E β C /100g (figure 9). Le miel d'Adekar (MA) enregistre la plus grande teneur, suivi respectivement par le miel d'Iakouren (MI), Tichy (MT), et enfin le miel de Béjaia (MB). Ces résultats sont inférieures à ceux obtenus par **Gul et al., (2018)** sur des échantillons de miel turques [32,09-94.87mg E β C /100g]. Ces différences peuvent être attribuées à plusieurs facteurs dont la méthode d'extraction, l'origine géographique (taux d'ensoleillement de la plante butiné par les abeilles, la source florale, le degré de maturité des fruits butinés par les abeilles et les conditions de stockage) (**Alvarez-Suarez et al., 2010**).

La teneur en caroténoïdes du pollen est de 33.71 mg E β C/100 g. Ce résultat est supérieur à ceux obtenu par Almeida *et al.* (2005) sur les échantillons de pollen de Brésil [8,25 mg E β C/100 g].

En ce qui concerne les mélanges de miel et pollen, on a obtenu des teneurs en caroténoïdes qui varient de 81 à 117,66 mg E β C/100 g. L'addition de pollen a augmenter considérablement la concentration de caroténoïdes des échantillons de miel.

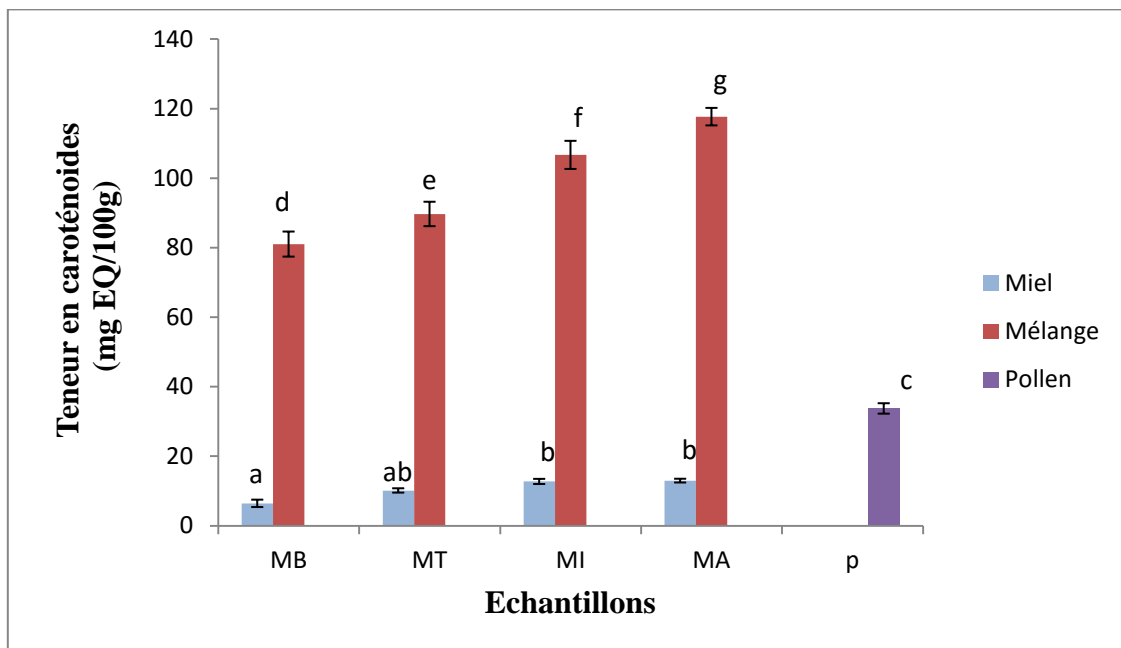


Figure 09: Teneur en caroténoïdes des échantillons.

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

II. Activité antioxydante

II.2. Le pouvoir réducteur

La détermination du pouvoir réducteur, l'un des testes les plus fréquemment cités pour la capacité antioxydante totale. Tous les composés phénoliques dans les échantillons du miel, tels que l'acide gallique, la quercétine, acide ascorbique...ect ont des différents potentiels réducteurs (Beretta *et al.*, 2005 ; Shahidi *et al.*, 2015).

Le pouvoir réducteur des échantillons analysés est présenté sur la figure 4. D'après ces résultats, le miel de Tichy (MT) possède un meilleur pouvoir réducteur suivie respectivement par le miel d'Adekar (MA), le miel d'Iakouren (MI), et enfin le miel de Béjaïa (MB).

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

Pour les échantillons de miels additionnés de pollen, le pouvoir réducteur du mélange de Tichy représente la valeur la plus élevée, suivi respectivement par le mélange d'Adekar, le mélange d'Iakouren (MLGI), et enfin le mélange de Béjaïa.

D'après les résultats des échantillons étudiés, le miel additionné de pollen possède le meilleur pouvoir réducteur.

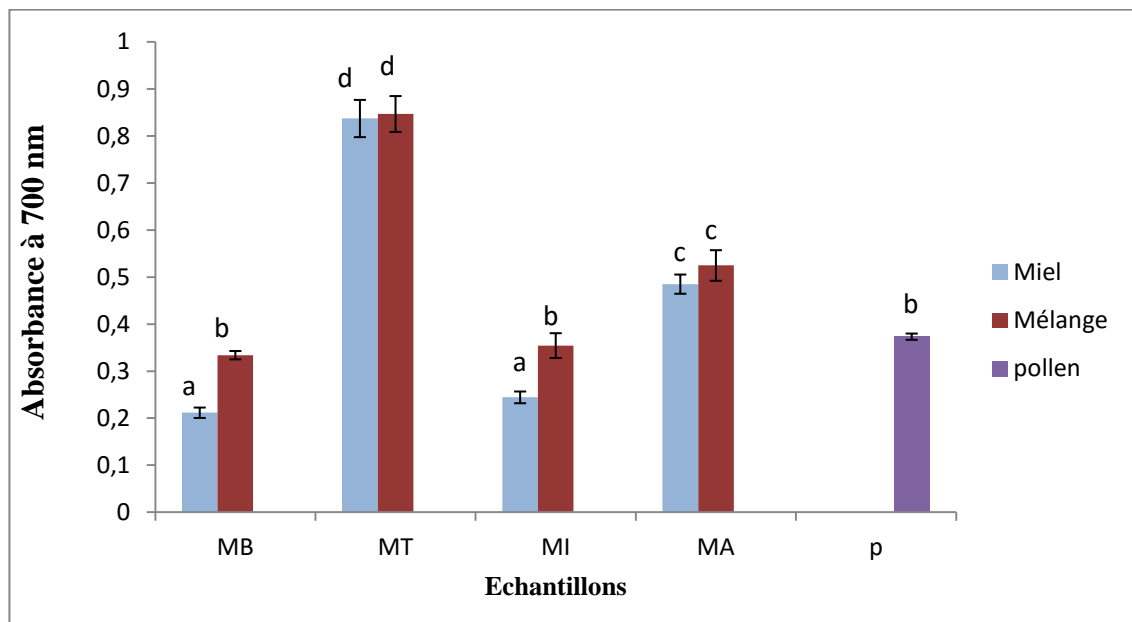


Figure 10: Pouvoir réducteur des échantillons.

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

II.2.L'activité antiradicalaire

Le 2.2 Diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH) est un radical libre stable qui peut être réduit en 1.1 Diphényl-1-picrylhydrazine (DPPH-H) par un transfert d'hydrogène provenant des

antioxydants présent dans le milieu. Cette réaction conduit à un virage de la couleur violette du réactif au rose et la diminution de l'absorbance (Kedar *et al.*, 2011 ; Garcia *et al.*, 2012).

D'après les résultats obtenus dans la figure 11, le pouvoir antiradicalaire des échantillons étudiés vis-à-vis du radical DPPH varie de 1,1 à 1.6 mg/100g. Le miel d'Iakouren (MI) présente l'activité antiradicalaire la plus faible et le miel de Béjaïa (MB) présente la meilleure activité antiradicalaire.

L'activité antiradicalaire du pollen est de 42.72 mg/100g elle est supérieure à celles apportés par les échantillons de miel.

Les résultats obtenus pour les échantillons de miels additionnés de pollen varient de 8.34 à 23.43 mg/100g. L'addition du pollen a augmenté considérablement le pouvoir antiradicalaire des échantillons de miels.

La variation de l'activité antiradicalaire peut être expliquée par la différence dans la teneur en polyphénols totaux et aux autres composants qui ont une activité antiradicalaire. Les résultats illustrés sur la figure 11 montrent que les activités antiradicalaires du miel, du pollen, et du mélange présentent des différences significatives.

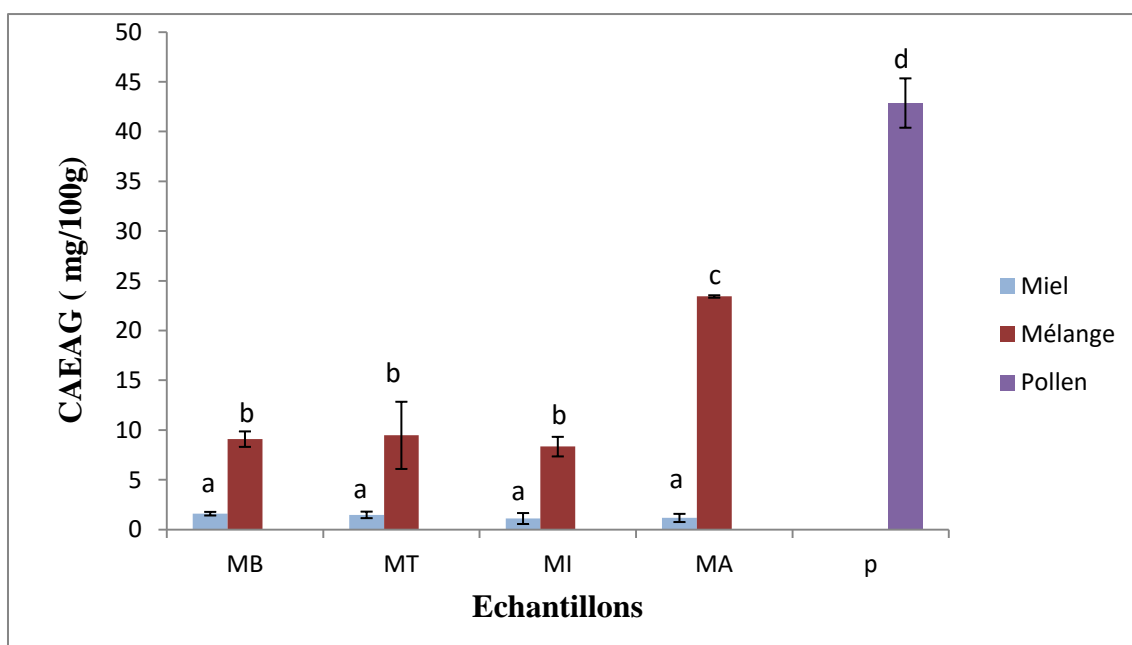


Figure 11: Activité antiradicalaire des échantillons.

CAEAG : Composition en Anti-oxydants en Equivalent Acide Gallique.

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

Conclusion

Conclusion

Le miel et le pollen sont des produits naturels, purs, non modifiés, possédant des propriétés favorables à la santé humaine et qui sont dus essentiellement à leurs teneurs élevées en antioxydant.

Notre étude est focalisée sur la détermination de l'activité antioxydante de quelques échantillons de miels, de pollen et de leurs mélanges. Cette étude a donné des valeurs significativement différentes entre les échantillons. Ces variations sont attribuées à la source florale, à l'origine géographique et au site de collecte.

Les résultats des dosages montrent que l'échantillon du miel d'Iakouren (MI) est le plus riche en composés phénoliques, tandis que le miel d'Adekar (MA) a enregistré les valeurs les plus élevées en flavonoïdes et en caroténoïdes. Le meilleur pouvoir réducteur est constaté avec le miel de Tichy (MT). Alors qu'une meilleure activité antiradicalaire DPPH est représentée par le miel de Béjaïa (MB).

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

Notre étude nous conduit à déduire que l'addition du pollen au miel a amélioré considérablement ce dernier.

Enfin sur le plan de perspective, il serait souhaitable :

- ❖ D'élargir l'échantillonnage à différentes origines botaniques.
- ❖ D'étudier l'activité antioxydante des autres produits de la ruche (la cire, la propolis, et la cire) et de les comparer à celle du miel et de pollen.

Références bibliographiques

A

- ❖ **Almeida- Muradian .L.B ; Lucia.C ; Pamplonaa.Silvia Coimbraa ; Ortrud Monika barthb (2005).** Chemical composition and botanical evaluation of dried bee pollen pellets. *Journal of Food Composition and Analysis* 18. Pp 105–111.J. Insect. Physical .N°49. Pp : 633-643.
- ❖ **Almeida-Muradian L.B., Pamplona L.C., Coimbra S. and Barth O.M. (2005).** Chemical composition and botanical evaluation of dried bee pollen pellets. *Journal of Food Composition Analysis*, 18:105-111.
- ❖ **Alvarez-Suarez J.M., Giamperi F.et Battino M. (2013).** Honey as a source of dietary antioxydants: structures, bioavailability and evidence of protective effects against human chronic diseases. *Current Medicinal Chemistry* 20(5) :621-38.
- ❖ **Alvarez-Suarez J.M., Giampieri F., González-Paramás A. M., Damiani E., Astolfi, P. et Martinez-Sanchez G. (2012).** Phenolics from monofloral honeys protect human erythrocyte membranes against oxidative damage. *Food and Chemical Toxicology*, 50, 1508–1516.
- ❖ **Alvarez-Suarez, J.M., Tulipani, S., Bertoli, E. and Battino, M., (2010).** Contribution of honey in nutrition and human health: a review. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism* 3: 15-23.
- ❖ **Alzahrani H.A, Boukraâ L. Bellik Y., Abdellah F., Bakhotmah B. A .et Kolayli S. (2012).** Evaluation of the antioxidant activity of three varieties of honey from different botanical and geographical origins .*Global Journal of Health Science*, 4,191–196.
- ❖ **Amri A. : (2016).**, Contribution à l'étude approfondie de Quelques miels produits en Algérie : Aspect physico-chimique et botanique. Thèse de doctorat en Biochimie., P : 40-65.
- ❖ **Andrada A.C., Telleria M.C., 2005.** Pollen collected by honey bees (*Apis mellifera* L.) from south of Calden district (Argentina), botanical origin and protein content. *Grana* 44, 115-122.
- ❖ **Atmani D., Chaher N., Berboucha M., Ayouni K., Lounis H., Boudaoud, H., Debbache, N. et Atmani D. (2009).** Antioxidant capacity and phenol content of selected Algerian medicinal plants. *Food Chemistry*, 112:303-309.

B

- ❖ **Bacha. H. C ; (2005).**Le miel entre le coran et la science. La revue Al-iaajaz Alilmi : N°15.6-11p.
- ❖ **Bell. R ; Thprnber. J ; Seet. J ; Groves. M (1983).** Composition and protein quality of honeybee collected pollen of *Eucalyptus marginata* and *Eucalyptus calophylla*. Journal of Nutrition N°113. Pp : 2479-2484.
- ❖ **Beretta G., Granata, P., Ferrero M. Orioli, M. and Facino R.M. (2005).** Standardization of antioxidant properties of honey by a combination of spectrophotometric/fluorimetric assays and chemometrics. *Analytica chimica*, 533:185 - 191.
- ❖ **Bertoncelj J., Dobersek U., Golob T et Jamnick M. (2007).** Evaluation of the antioxidant activity of Three Varieties of Honey from Different Botanical and Geographical Origins 52: 1228-1237.
- ❖ **Bertoncelj J., Doberšek U., Jamnik M, ET Golob, T. (2007).** Evaluation of the phenolic content, antioxidant activity and color of Slovenian honey. *Food Chemistry*, 105 (2): 822-828.
- ❖ **BIRI M (2002).** Le grand livre des abeilles. Cours d'apiculture moderne. Edition S.A. PARIS. 260 p.
- ❖ **Blackmore S., Wortley AH. Skvarla JJ. Rowley JR., 2007.** Pollen wall development in flowering plants. *New Phytol* 74 ; 843-498.
- ❖ **Blasa M., Candiracci M., Accorsi A., Piacentini MP et Piatì E.** Honey flavonoides as protection agent against oxidative damage to human red blood cells. *Journal of Food Chemistry*, (2007); vol.104, n°4, p.1635-1640.
- ❖ **Bogdanov S., Bieri K., Gremaud G., Iff D., Kanzig A., Seiler K., Stockli H. et Zurcher K., 2003** - Produits Apicoles : 23A Miel. P.37.
- ❖ **Bogdanov S. et Blumer P., 2001.** Propriétés antibiotiques naturelles du miel. *Revue Suisse d'Apiculteur*, 98(3), 107-114.
- ❖ **Bogdanov S., Cherbuliez T. and Stangaciu S. (2006).** Produits apicoles et santé *ALP forum*,(41f) :3-51.
- ❖ **Bogdanov S., Gallmann P, Stangaciu. S ; Theodort ct, (2006) :** Produits apicoles et santé. : ALP Forum. N°41F. 52p.
- ❖ **Bogdanov S., Ruok. ET Oddol., 2004.** Physico-chemical methods for the charaterisation of unifloral honeys. *Apidologie*, 35, 4-17.
- ❖ **Bogdanov S., 2006.** Contaminants of bee products. *Apidologie*, 37, 1-18, 51.

- ❖ **Boussaid, A., Couaibi, M., Rezig, L., Hellal, R., Donsi, F., Ferrari, G ET Hamdi, S.** Physicochemical and bioactive properties of six honey samples from various floral origins from Tunisia. *Arabian Journal of Chemistry*, (2018); vol.11, n°2, p.265-274.
- ❖ **Bouyahya A. Abrini J. Et-Touvs A. Lagrouh F. Dakka N. et Barki Y. (2017).** Analyse phytochimique et évaluation de l'activité antioxydante des échantillons du miel marocain. *Phytothérapie*. Lavoisier SAS. 55.
- ❖ **Bruneau E (2005).** L'Essentiel Du Programme Européen Miel : Voyage au coeur du miel. Belgique, p.8.
- ❖ **Bueno costa, F.B., Carlos zambiasi, R., Wendt bohmer, B., Clasen chaves, F., Padilha da silva, W., Teixeira zanusso, J et Dutra, I.** Antibacterial and antioxidant activity of honeys from the state of riogrande do sul, *Brazil food science and technology*, (2016); vol.65, p.333-340.

C

- ❖ **Caillas A., 1957.** Les trois aliments miracles. Ed Paris Librerie spécial agricole. Pp : 31-133.11-17.
- ❖ **Can Z., Yaldiz O., Sahim H., Turumtay E.A., Silici S. ET Kolayli S. (2015).** Anvestigation of Turkish honeys: their Physic-chemical Properties, antiorycht capacities and phenolic profiles. *Food Chemistry*, 180: 133-141.
- ❖ **Candiracci M., Piatti e., Dominguez b M., Garcia A D., Morgado B., Gutierrez J., Parrado J. et Castano A., 2012.** Antifungal activity of the honey flavonoid extract against *Candida albicans*. *Journal of agricultural and Food Chemistry* 131 (2), 493-499.
- ❖ **Can, Z. Yaldiz, O.Sahim, H. Turumtay, E.A, Silici, S. & Kolayli, S. (2015).** An investigation of Turkish Honeys: their physic-chemical Propreties, antiorycht capacities and phenolic profiles. *Foud Chemistry*, 180: 13-141.
- ❖ **Campos M.G.R., Bogdanov S., Almeida-Muradian L. B., Szczesna T., Mancebo Y., Frigerio C.and Ferreira F. (2008).** Pollen composition and standardisation of analytical methods. *J.Apicultural Research and Bee World* 47:156-163.
- ❖ **Campos M.G., Webby R.F., Markham K.R., Mitchell K.A (2003).** Age-induced diminution off radical scavenging capacity in bee pollens and the contribution of constituent flavonoids. *Journal of Agriculture and Food Chem-istry* .51 .Pp742-745
- ❖ **Campos MGR, Frigerio C, Lopes J, Bogdanov S.** What is the future of Bee-Pollen. *Journal of ApiProduct and ApiMedical Science*. 2010;2(4):131-44.

- ❖ **Campos. R ; Bogdanov. S ; Almeida-Muradian L.B ; SzczesnaT ; Mencebo. Y ; Frigerio. C. ; Ferreira. F (2008).** Pollen composition and standardisation of analytical methods. *Journal of Apiculture Research* 47.Pp 156 -163.
- ❖ **Carpes S. T. Begnini R., Mtiassde Alencar S. and Lucia Massan M. (2007).** Study of préparations of bee pollen extracts, antioxydant and antibacterial activity. *Ciênc. Agrotec. Lavras* 31, 1816-1825.
- ❖ **Chauvin R., 1987.** Le miel In « la ruche et l'homme ». Edition Calmann-Lévy.45 47.
- ❖ **Chauzat., 2005.** L'importance du pollen pour l'abeille domestique. *Bult. Tech. Apic.* 32 (1).
- ❖ **Cherbulier.T (2001) .**CD – ROM. Apithérapie. Commission d'Apithérapie d'Apimondia.
- ❖ **Cherbuliez., 2001.** Apithérapie, CD Rom conçu par la société Apimondia et anonyme API-AR International à Bruxelles (Belgique).
- ❖ **Clement .H (2002).** Le traité Rustica de l'apiculture .Edition Rustica .Paris .Pp 527 ; 554.
- ❖ **Collin, S. & Crouzet, J. (2011).** Les polyphénols et procédés. Ed. Lavoisier: 333.
- ❖ **Cooper R. (2007) .**Honey in wound care antibacterial properties .GMS Kranken hans-shygiene Interdisziplinär, vol. 2. N°2.DOC 51.

D

- ❖ **Dankov, K., Busheva, M., Stefanov, D. and Apostolova, E.L. (2009).** Relationship between the degree of carotenoid depletion and function of the photosynthetic apparatus. *Journal of photochemistry and photobiology B : Biology*, 96: 49-56.
- ❖ **Dias, M.G., Camões, M. F. G. F. C. and Oliveira, L. (2009).** Carotenoids in traditionalPortuguese fruits and vegetables. *Food Chemistry*, 113:808-815.
- ❖ **Dobson., 2000.**The ecology and evolution of pollen odors. *Plant systematic and evolution*, v.222, p1-4
- ❖ **Donadieu Y. (1983).** Le pollen : thérapeutique naturelle. Edition Maloine S.A ; 6ème édition, Paris : p 84 :97.
- ❖ **Donadieu, y. (1984).** Toutes les thérapeutiques de ma pharmacie naturelle : les produits de la ruche. Lavoisier ed, p : 12.
- ❖ **Donadieu, y. (2003).**qu'est que le miel .chapitre e. Faculté de médecine de paris .07p .

F

- ❖ **Frederic B ; Alexis D (2013).** Le miel : Origine et composition .Actualité pharmaceutique, Vol 52, pp 17-21.
- ❖ **Fratellone PM, Tsimis F, Fratellone G.** Apitherapy products for medicinal use. The Journal of Alternative and Complementary Medicine. 2016;22(12):1020-2.

G

- ❖ **Gasic U., Kecs S., Dabic D., Trifkovic J., Milojkovic-Opsenica D.et Natic M. (2014).** Phenolic profile and antioxidant activity of Serbian polyfloral honeys. Food Chemistry, 145, 599-607.
- ❖ **Gheldof N., Wang X.H., & Engeseth N.J. (2002).** Antioxidant capacity of honeys from various floral sources based on the determination of oxygen radical absorbance capacity and inhibition of in vitro lipoprotein oxidation in human serum samples. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50 (10), 3050-3055.
- ❖ **Goudable, Favier. 1997.** Radicaux libres oxygénés et antioxydants. Nutrition Clinique et Métabolisme, 11 : 15-20. **Gonnet, m. (1982).** Le miel ; composition, propriétés, conservation. Inrastation expérimentale d'apiculture. Pp : 1-18.
- ❖ **Goût J., Jardel C. : (1998),** Le monde du miel et des abeilles. Ed. Delachaux et Niestlé.
- ❖ **Gul, A et Pehlivan, T.** Antioxidant activities of some monofloral honey types produced across turkey . *Saudi Journal of Biological Sciences*, (2018); ISSN 1319-56X, p.2-8.
- ❖ **Guercio, A.G et Grande, R.H.M. AntGaracia, E.J., Oldoni, T.L.C., Alencar, S.M.,** Loioxydant activity by DPPH assay of potential solution to be applied on bleashed teeth . *Journal of Brazilian Dental*, (2012); vol.23,n°1, p.22-27.

H

- ❖ **Hamoutene H, Achit A.** Analyses physico-chimiques et activité antibactérienne de quelques échantillons du miel Algérien [Mémoire]. Khemis Miliana : Université Djilali Bounaama de Khemis Miliana ; 2018.
- ❖ **Havsteen B.H (2002).** The biochemistry and medical significance of the flavonoids. *Pharmacology & Therapeutics*, 96:67-202.
- ❖ **Herbert ET Shimanki H (1998).** Chemical composition and nutritive value of bee collectedand bee stored pollen .*Apidologie*. Pp 9.33-40.
- ❖ **Hesse., Halbritter., Zetter., Weber., Buchner., Frosch-Radivo., Ulrich., 2005.** Pollen terminology, An illustrated andbook. Springer Wien, New York.

- ❖ **Hogan S., Zhang L., Li J., Zoecklein B. and Zhou K. (2009).** Antioxidant properties and Bioactive components of norten (*VI is aestivalis*) and Cabernet Franc (*Vitis vinifera*) winegrapes. *Food Science and Technology*. 42, 1269-1274.
- ❖ **Human H., Nicolson S.W (2006).** Digestion of maize and sunflower pollen by the spotted maize beetle *Astylus atromaculatus* (Melyridae) : is there a role for osmotic stock.
- ❖ **Huchet E., Coustel J. et Guinot L., 1996.** Les constituants chimiques du miel. Méthode d'analyse chimique. Département de science et l'aliment. Ecole Nationale Supérieure des Industries Agricoles et Alimentaires. France. 16p.
- ❖ **Hoyet C. Miel : de la source à la thérapeutique [Thèse].** Nancy : Université Henry Poincaré Nancy I ; 2005.

J

- ❖ **Jasicka-Misiak I., Poliwoda A., Deren M., ET Kafarski P. (2012).** Phenolic compounds and abscisic acid as potential markers for the floral origin of two Polish unifloral honeys .*Food Chemistry*, 131(4), 1149-1156.
- ❖ **JEAN PORST P ., ME DORIN P. (2005).** Matière première .In apiculture, Lavoisier.(Eds), conte, paris, pp 161-183.
- ❖ **Jones R. Honey and healing through the ages.** *Journal of ApiProduct and ApiMedical Science*. 2009;1(1):1-5.

K

- ❖ **Kedar S.B ET Singh R.P.** Genesis and development of DPPH method of antioxidant assay. *Journal of Food Science and Technology*, (2011); vol.48, p.412-422.
- ❖ **Krassilov., Andrada., 2005.** Pollen eaters and pollen morphologie : co evolution through the Permian and Mesozoic. *African invertebrates*, v 48 (1), p.3-11.
- ❖ **Krell. R (1996)** .Value- added products from beekeeping : F.A.O, Agricultural service bulletin N°124. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome. The chief Editor. 156p.
- ❖ **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.
- ❖ **Kwakman P. H. S; Te Veldea. A; Deboer L.et al. (2010).** How honey kills bacteria. *FASEB journal*, vol 24, N°7, 2576-2582 p.

L

- ❖ **Laaidi k., Laaidi M. and Besancenot J.P. (1997).** Pollen, pollinose et météorologie. *La Météorologie* 20,41-56.
- ❖ **Lachman, J., Orsak, M., Hejtmankova, A. & Kovarova, E. (2010).** Evolution of antioxidant activity and total phenolics of selected Czech honeys. *Food Science and Technology*, 1(43) : Pp : 52- 58.
- ❖ **Le Blanc B.W., Davis O.K., Boue S., DeluccaA. In addition, Deeby T. (2009).** Antioxidant activity of Sonoran Desert bee pollen. *Food Chemistry*, 115: 1299-1305.
- ❖ **Lequet L.** Du nectar à un miel de qualité : contrôles analytiques du miel et conseils pratiques à l'intention de l'apiculteur amateur [Thèse]. Lyon : Université Claude-Bernard Lyon I ; 2010.
- ❖ **Lianda R.L.P., Sant' Ana L.D., Echevarria A. and Castro R.N., (2012).** Antioxidant Activité and Phénolic composition of Brazillian honey and their Extracts .J. Braz. *Chem.Soc.*1:1-10.
- ❖ **Liviu Al M., Daniel D., Moise A., Bobis O., Laslo L. and Bogdanov S. (2009).** Physicochemical and bioactive properties of different floral origin honeys from Romania. *Food Chemistry*, 112:863-867.
- ❖ **Lobreau C, Marmion v, Clement M-C. (1999).** Les miels. In « Techniques del'ingénieur ». 1-20p.
- ❖ **Lobo A.P., Garcia Y.D., Sanchez J.M., Madrera R.R. and Valles B.S. (2009).** Phenolic and antioxidant composition of cidre. *Journal of Food Composition and Analysis*. 22,644-648.
- ❖ **Louveaux, j. (1968).** *L'analyse pollinique des miels, in traités biologique de l'abeille*, tome 3. Edition masson de cie, paris. Pp 324-361.
- ❖ **Louveaux J. (1985),** Les abeilles et leur élevage. Edition opida. P: 165-181.

M

- ❖ **Massaux C. (2012).** Polyphénols : des alliés pour la santé. Edition Abeilles & cie. 4-2012 n°149.
- ❖ **Mărghitaş L.A., Stanciu O.G., Dezmiorean D.S., Bobiş O., Popescu O., Bogdanov S. and Graca Campos M. (2009).** In vitro antioxidant capacity of honey bee-collected pollen of selected floral origin harvested from Romania. *Food Chemistry*, 115: 878-883.

Références bibliographiques

- ❖ **Mazrou, a. (2008).** Effet de la température sur l'évolution de l'hmf dans les miels algériens. Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'études supérieures en biologie. Université iben-khaldountiaret.
- ❖ **Meda A. : (2005).**, Utilisation thérapeutique des produits de la ruche. Etude phytochimique et activité biologique des miels de BURKINA FASO. Thèse de doctorat en science biologique appliquée : 1-139.
- ❖ **Meda A., Lamien C.E., Marco R. (2005).** Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Fasso honey, as well as their radical scavenging activity .Food Chemistry , vol.91, n°3,,571-577.
- ❖ **Misset et al., 1989.** Voir, connaître et utiliser le pollen. Document INRAP 83. ISSN n° 0396- 4671.
- ❖ **Molan PC.** Why honey is effective as a medicine. 1. Its use in modern medicine. Bee world. 1999;80(2):80-92.
- ❖ **Montoro P., Braca, A., Pizza C. ET Nunziatina De Tommasi Q. (2005).**Structure antioxidant activity relationships of flavonoids isolated from different plant species. Food Chemistry, 92: 349-355.
- ❖ **Mouhoubi- Tafinine, Z., Ouchemoukh, S et Tamendjari, A.** Antioxydant activity of some Algerian honey and propolis. *Indust Crop Prod*,(2016); vol.88, p. 85-90.
- ❖ **Mouhoubi Z. (2007).** Influence de la température de conservation sur la qualité du miel : effet sur le pouvoir antioxydant. Thèse. Magistrat. Science Alimentaire.
- ❖ **Muniategui S ; Simal J., Huidobro J F., Garcia M C (1989) .**Study of the fatty acids in bee-collected pollen. *Grasas y Aceites*, 40(2). In Value- added products from beekeeping : F.A.O, Agricultural service bulletin.N°124. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome. The chief Editor. .Pp: 81 ; 86
- ❖ **Muntean A. 2008.** Caroténoids and food preparation: the retention of provitamin A Carotenoids in prepared, and Stprod Foods, 1-93.

N

- ❖ **Naithani V., Nair S. and Kakkar P. (2006).** Decline in antioxidant capacity if Indian herbal teas during storage and its relation to phénolic content. *Food Research International*, 39:176-181.
- ❖ **Nigelle. E (1972) .**Pouvoir merveilleux du pollen. Ed Soissons. 20p.

O

- ❖ **Ouchemoukh S., Amessis-Ouchemoukh N., Gómez-Romero M., Aboud F., Guisepe, A., Fernández-Gutiérrez A., Segura-Carretero A., Louaileche H. (2016).** Characterisation of phenolic compounds in Algerian honeys by RP-HPLC coupled to electrospray time-of-flight mass spectrometry. *LWT - Food Science and Technology*.S0023-6438(16)30774-5DOI : 10.1016.
- ❖ **Ouchemoukh S., Louaileche H., Schweitzer P. :** (2007)., Physicochemical characteristics and pollen spectrum of some Algerian honeys. *Food Control*, P : 18.

P

- ❖ **Paulus H., Kwakman S., Sebastian A. J. et Zaat., 2012.** Antibacterial Components of Honey. *IUBMB Life*, 64(1), 48-55.
- ❖ **Percie de sert P. (2009).** Les pollens apicoles. *Phytothérapie*, 7:75-82. **Percie de sert P. (2009).** Les pollens apicoles. *Phytothérapie*, 7:75-82.
- ❖ **Philippe J. M., 1991.** Le guide de l'apiculteur, Troisième Edition EDISUD, p.1087
- ❖ **Philippe J. M., 1999.** Le guide de l'apiculteur, Troisième Edition EDISUD, p.1087
- ❖ **Prost P., Le Conte Y., 2005.** Apiculture, connaître l'abeille, conduire le rucher. Ed. N°7. Lavoisier. 698p
- ❖ **Prost, p.j. (2005).** Apiculture, connaître l'abeille –conduire le rucher. Lavoisier, paris, p. 382.
- ❖ **Prost J.P ; Le Conte Y (2005).** Apiculture : connaître l'abeille. Ed. Technique et documentation, Lavoisier, PARIS. Pp 579 ; 589 ; 600.
- ❖ **Pyrzynska K. and beisaga M, (2009).** Analysis of phenolic acids and flavonoids in honey. *Trends in Analytical Chemistry*. 1-20.

Q

- ❖ **Qiana. W ; Khana Z. ; Watsona D.G ; Fearnley. J (2008).** Analysis of sugars in bee pollen and propolis by ligand exchange chromatography in combination with pulsed amperometric detection and mass spectrometry. *Journal of Food Composition and Analysis*.v.21. Pp 78-83.

R

- ❖ **Rabiet E., 1984 .** Choix et culture des plantes apicoles. Ed. Rabiet. 418p.
- ❖ **Robards K., Prenzler P.D., Trucker G., Swatsitang P., et Glover W.(1999).** Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. *Food Chemistry*, 66, 401-436. 443.

- ❖ **Rodriguez-Bernaldo de Quirós, A. and Costa, H.S. (2006)** .Analysis of carotenoids in vegetable and plasma samples: A review. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19:97111.
- ❖ **ROMANO B (2009)**. Le chemin du miel Ed AGRIDEA,Lausanne , 20 P.
- ❖ **Roulston T.H ; Cane J.H ; Buchmann, S.L (2000)**. What governs protein content of pollen : pollinator preferences, pollen- pistil interactions. Pp 617- 643.
- ❖ **Roulston T. H., Cane J. H., 2000**. Pollen nutritional content and digestibility for animals. *Plant Systematics and Evolution*. 222(1–4) :187–209.
- ❖ **Roulston., 2000**. What governs protein content of pollen : pollinator preferences, pollen – pistil interaction, or phylogeny. *Ecological Monographs*, v. 70, p.617-643.
- ❖ **Rossant A. (2011)**.Le miel : un composé complexe aux propriétés surprenantes. Thèse de doctorat, Université de Limoges. France.
- ❖ **Rowley J.R., Claugher D., SKVARLA J.J., 1999**. Structure of the exine in *Artemisia vulgaris* (Asteraceae) : Areview. *Taiwania*.44, pp 1–21.

S

- ❖ **Sahin H., Aliyazıcıoglu R., Yıldız O., Kolayli S., et Supuran C. T. (2011)**. Honey,polen, and propolis extracts show potent inhibitory activity against the zinc metalloenzyme carbonic anhydrase .*Journal of Enzyme Inhibition and Medicine*,26, 440–444.
- ❖ **Sana H.** Etude des propriétés physico-chimiques et antioxydantes du miel soumis au vieillissement accéléré [Mémoire]. Bejaia : Université Abderrahmane Mira de Béjaïa; 2017.
- ❖ **Sarmiento Silva, T. M., Os Santos, F .P. Evangelista-Rodrigues,A .E., Sarmiento da Silva, E.M.,Sarmiento da Silva,G ., Santo de Navais, J.,Assis dos Santo , F. &Camara, C.A. (2015)**. Phenolic compounds, melisopolynological physicochemical analysis and antioxydant activity of jondiara (*Melipona Subnitida*) honey. (2013). *Journal of Food Composition and Analysis*, 29:10-18.
- ❖ **Sass-kiss A., kiss J., Mitotay P., Kerek M. M. and Toth-Markus M. (2005)**. Differences in antocyanin and caroténoid content of fruits and vegetables. *Food Research international*, 38: 1023-1029
- ❖ **Schmidt.J.O et Buchman, (1992)**.Other products of the hive. In : The hive and the honeybee.J.M.GRAHAM. Ed. Dadant et sons.Hamilton. 486p.

- ❖ **Schramm D.D., Karim M., Schrader H.R., Holt R., Cardetti M. ET keen, C.L. (2003).**Honey with high levels of antioxidants can provide protection to healthy human subjects. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 51:1732-1735.
- ❖ **Serra-Bonvehi J ; Casanova ; T.M (1997).**Nutrient Composition and Microbiological Quality of Honeybee-Collected Pollen in Spain. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. Pp : 725-732.
- ❖ **Shahidi, F . & Zhong, Y . (2015).** Meserment of antioxidant activity. *Journal of Functional Food . In press .*
- ❖ **Shawerm.B ; AH S.M ; Abdelatif M.A ; EL Refai A.A (1987) .**Biochemical studies of bee collected pollen in Egypt.2. Fatty acids and non saponifiables. *J. Apic. N°26 (2)*. Pp :
- ❖ **Silva T.M.S ; Camara C.A ; Links A.C.S ; Barbosa – Filho J.M ; Silva E.M.S ; Freitas B.M (2006).** Chemical composition and free radical scavenging activity of pollen loads from stingless bee *Melipona subnitida* Ducke. *Jornal of Food Composition and Analysis*, 19(6-7). Pp 507-511.
- ❖ **Sladana M., Dimitrijevic D.J. Djilas, S.M, Canadanovic-Brunet J.M., Cetkovic G.S.,Tumbas V.T. and Stajner D.I. (2011).** Antioxidant activity of three different Serbian floral honeys. *APTEFF*.42:1-288
- ❖ **Stamler (1994).** Assessing diets to improve world health, nutritional research on disease Causation in population *Am. J.Clin.Nutr.*, v 59. Pp 146-156.*Apimondia*.
- ❖ **Szczesna T., Rybak-Chmielewska H., Chmielewski W., 2002.**Sugar composition of pollen loads harvested at different period of the beekeeping season. *Journal of Apicultural Science* 46 (2) :pp.107-115.133-136.
- ❖ **Snowdon, J. A. & Cliver, D.O. (1996).** Microorganismes in honey. *International Journal of food Microbiology*, 13: 1-26.

T

- ❖ **Tezcan F., Kolayli S., Sahin H., Ulusoy E., et Erim F. B. (2011).** Evaluation of organic acid, saccharide composition and antioxidant properties of some authentic Turkish honeys. *Journal of Food and Nutrition Research*, 50, 33–40.

W

- ❖ **Wang X.H., Gheldof N. et Engeseth N.J. (2004).** Effect of processing and storage on antioxidant capacity of honey. *Journal of Food science*, 69: 96 –101.
- ❖ **Wilczynska, A. (2014).** Effect of filtration on color, antioxidant activity and total phenolics of honey, *LWT. Food Science and technologie*, 57: 767-774.

- ❖ **Winston M.L (1993).** La biologie de l'abeille Nauwelaert édition. P276.

Y

- ❖ **Yao L., Datta N., Tomas-Barberan F.A., Ferreres F., Martos I., Singanusong R. (2003).** Flavonoid, phenolic acids and abscisic acid in Australian and New Zealand *Leptospermum* honeys. *Food Chemistry* 81(2) : 159-168.
- ❖ **Yildirim A., Oktay M. and Bilaloglu V. (2001).** *The antioxidant activity of the leaves of Cydonia vulgaris.* Turkish journal of Medicinal Sciences, 31:23-27.

Z

- ❖ **Zhu, X.I., Bai Q.Y, Cai , W.R et Majet , G-R.** Response surface methodology for optimizing the ultrasonic-assisted extraction of rice bran extract with both high total phenolic content and total antioxidant capacity. *Food chemistry*, (2010); vol.31, n°20, p.6082-6089.
- ❖ **Ziegler, h. (1968.)** La sécrétion du nectar, in traité biologique de l'abeille, tome 3.

Annexes

Annexes I : Courbes d'étalonnages

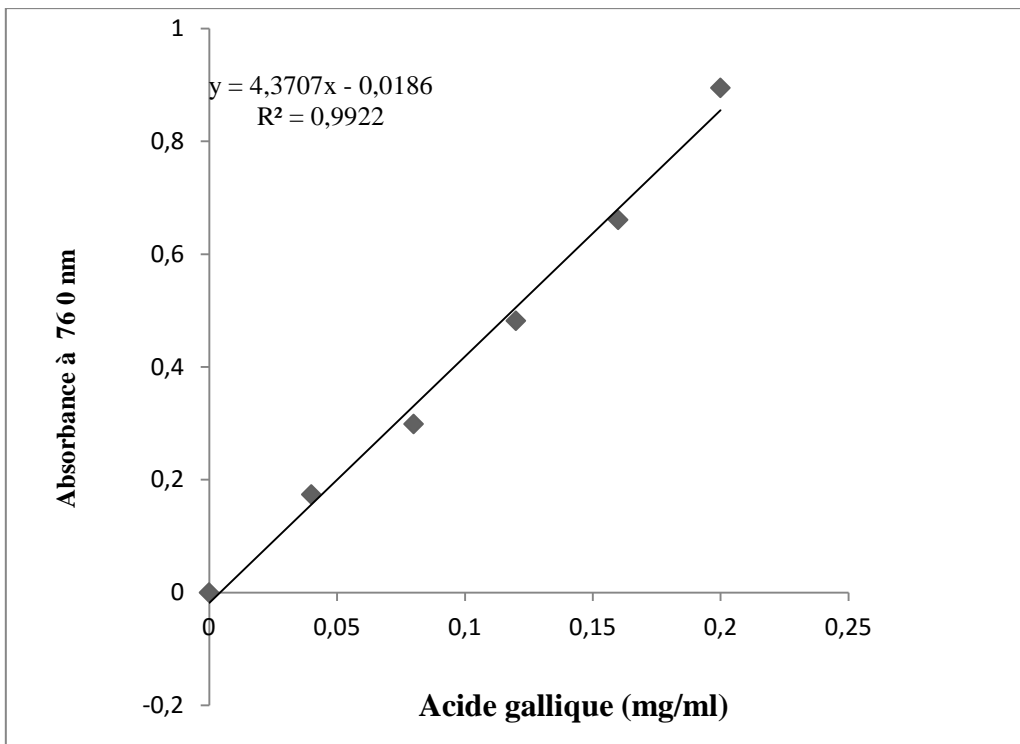


Figure 01: Courbe d'étalonnage des polyphénols

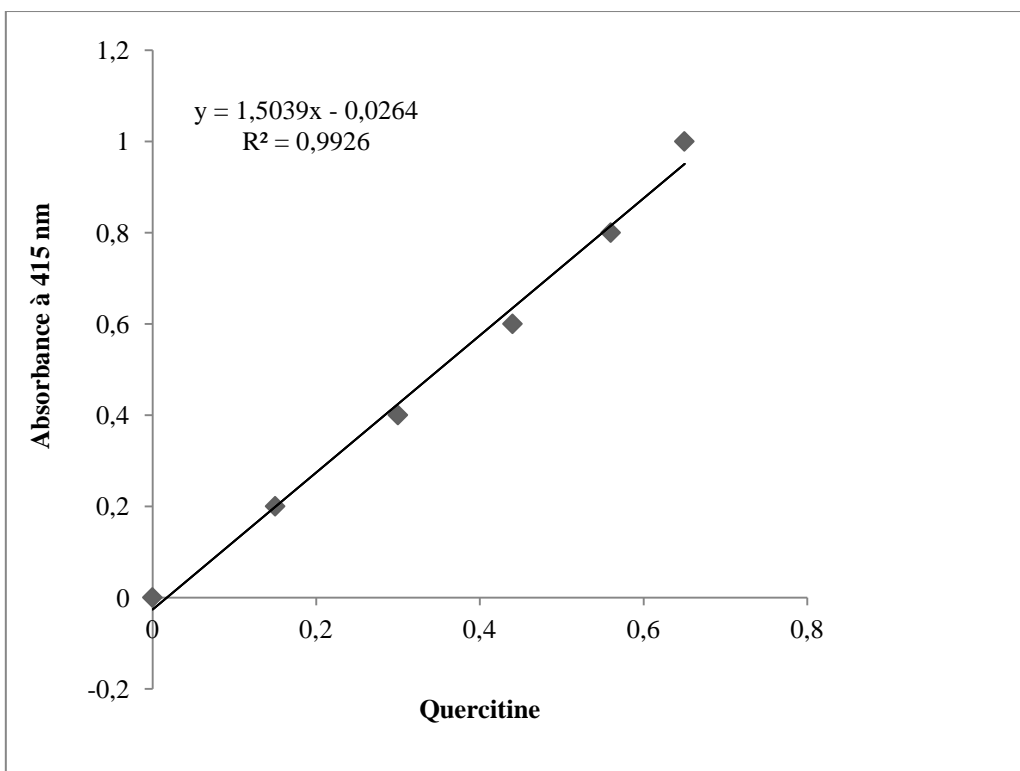


Figure02: Courbe d'étalonnage des flavonoïdes

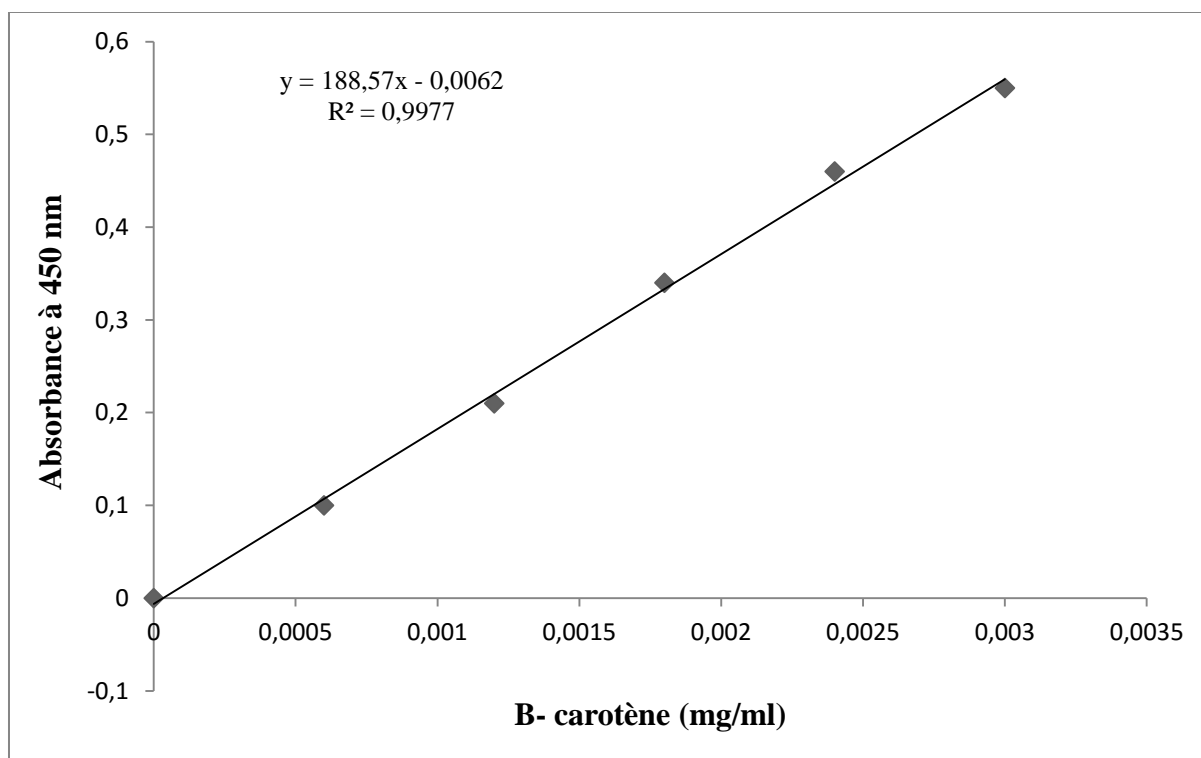


Figure03: Courbe d'étalonnage des caroténoïdes

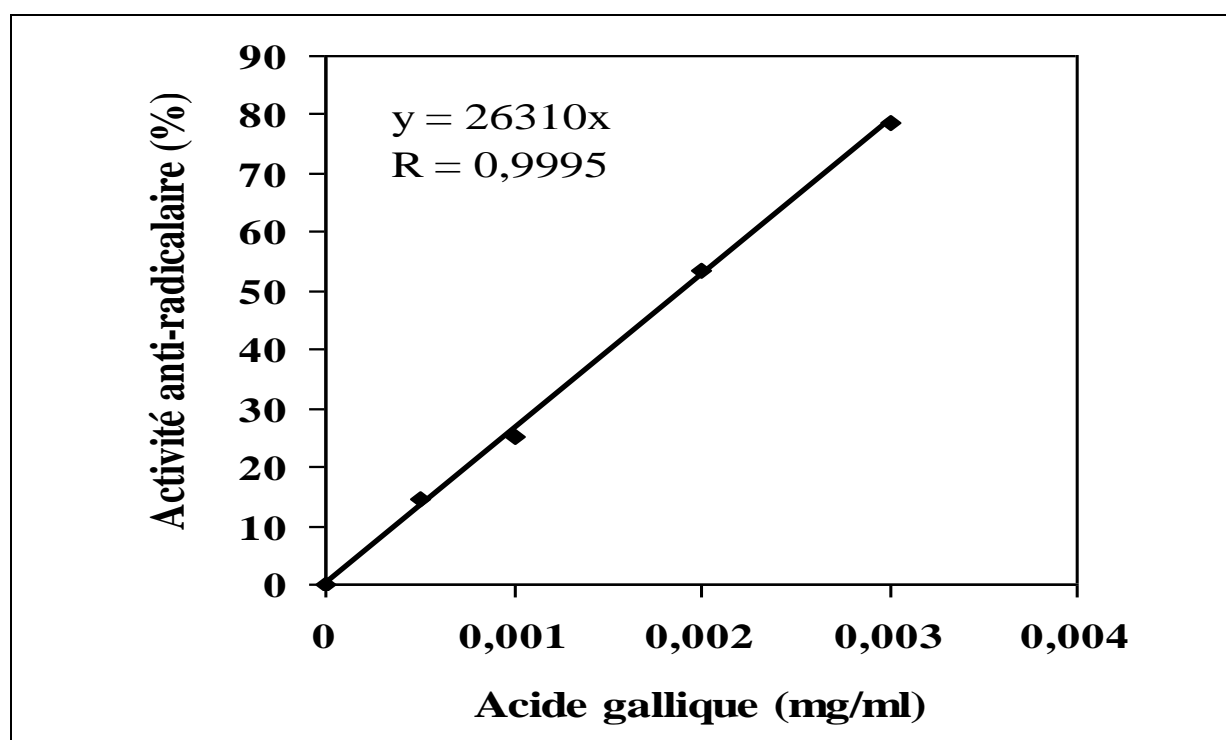


Figure 04 : Activité anti-radicalaire de l'acide gallique.

Résumé

Ce travail est réalisé au niveau de l'université d'Abderrahmane Mira (Bejaia), il a pour but d'étudier l'activité antioxydante de quatre échantillons de miels et un échantillon de pollen provenant de la région de la Kabylie, ainsi que de leurs mélanges. Dans cette optique, les analyses suivantes : dosages des polyphénols, flavonoïdes et caroténoïdes et l'évaluation de l'activité antiradicalaire (DPPH) et le pouvoir réducteur ont été effectuées. Les résultats obtenus ont montré que l'échantillon de pollen possède une meilleure teneur en antioxydants et une meilleure activité antioxydante par rapport aux échantillons de miel. Ce qui a expliqué l'amélioration considérable du pouvoir antioxydant des miels par l'addition de pollen.

Mots clés : miel, pollen, activité antioxydante, mélange.

Abstract

This work is carried out at the University of Abderrahmane Mira (Bejaia), it aims to study the antioxidant activity of four samples of honey and a sample of pollen from the Kabylia region, as well as their mixtures. The following analyses: assays of polyphenols, flavonoids and carotenoids and the evaluation of the antiradical activity (DPPH) and the reducing power were carried out. The results obtained showed that the pollen sample has a better antioxidant content and antioxidant activity compared to the honey samples. This explains the considerable improvement in the antioxidant power of honeys by the addition of pollen.

Keys words : honey, pollen, antioxidant activity, mixtures