

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Abderrahmane Mira de Bejaia  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département de Biologie Physico-chimique



# Mémoire de Master

**Filière:** Sciences Biologiques

**Option:** Biochimie Appliquée

## Thème

**Caractéristiques physico-chimiques,  
activités antioxydante et antibactérienne  
*in vitro* et effet gastroprotectif *in vivo* de  
quelques miels Algériens**

**Présenté par:** ABDELBOST Lynda et RACHEF Manel

## Composition du jury

M <sup>me</sup> S. KARA	MAA	Présidente
M <sup>r</sup> S. OUCHEMOUKH	MCA	Promoteur
M <sup>r</sup> M. TACHARFIOUT	MAA	Examineur

Année Universitaire: 2015 / 2016

# Remerciements

*Tout d'abord, Nous rendons grâce à Dieu, le tout puissant et le très miséricordieux de nous avoir donné la patience, la force et le courage de mener à terme ce travail.*

*Nos plus sincères remerciements s'adressent à notre promoteur M<sup>r</sup> OUCHEMOUKH S. pour son encadrement de qualité, pour l'assistance qu'il nous a témoigné, pour sa disponibilité, pour ces orientations, pour sa compréhension, pour les efforts qu'il avait consentis avec beaucoup de sympathie et de patience, pour sa gentillesse et ces précieux conseils tout le long de notre mémoire sans lesquels ce travail n'aurait pas vu le jour, qu'il trouve ici l'expression de notre gratitude.*

*Nous hommages les plus respectueux s'adressent à M<sup>me</sup> KARJA S. qui nous a fait l'immense honneur d'accepter la présidence de notre jury. Nous adressons également tous nos remerciements à notre enseignant M<sup>r</sup> TACHARFIOUT M. d'avoir accepté d'être examinateur de notre mémoire.*

*Nous ne sauront remercier ici les personnes dont la collaboration a été essentielle pour la réalisation de ce travail, qu'ils trouvent ici notre profonde gratitude. Nous citons spécialement, M<sup>r</sup> BOUCHENOUA F., M<sup>elle</sup> TABTI N., M<sup>me</sup> MESSAOUDAN F. et M<sup>me</sup> RAHMOUNI.*

*Au doctorant de laboratoire de biologie Physico-chimique M<sup>r</sup> ZAIDI H.*

*Nos hommages également à tous nos Enseignants du Département de Biologie Physico-chimique pour avoir fortement contribué à enrichir nos connaissances.*

*Nous souhaitons remercier Monsieur HADJAL S., Directeur adjoint recherche et développement de l'entreprise Cévital de Bejaia, qui a accepté de nous accueillir afin de réaliser le pouvoir rotatoire de nos échantillons du miel.*

*Nous adressons également nos remerciements à toute la promotion Biochimie Appliquée 2015/2016.*

*Nous voudrions adresser nos sincères reconnaissances et nos gratitudes les plus profondes à tous ceux qui ont aidé à l'accomplissement de ce travail.*

# Dédicaces

*Quoi que de plus que de pouvoir partager les bons moments de sa vie avec les êtres qu'on aime. Arrivé au terme de mes études, C'est avec un très grand honneur que je dédie ce modeste travail :*

*A la mémoire de mon très cher papa qui aurai tant aimé assister à cet exploit, en témoignage d'un profond amour et d'une grande reconnaissance pour tous les sacrifices qu'il a consentis pour mon bonheur. Papa, vous êtes l'être le plus cher à mon cœur. Aujourd'hui plus que jamais, j'apprécie la valeur de tes efforts, la justesse de ton éducation et le caractère précieux de tes conseils. Papa tu resteras pour moi un exemple (mon héros); mieux je dirai que tout enfant souhaitera de t'avoir comme père. Recevez ici Papa tout mon respect. Aucune dédicace ne saurait exprimer l'estime, le dévouement, le manque et l'amour que je porte pour vous, merci, merci et merci papa. Que Dieu t'accueille dans son vaste paradis.*

*A la meilleure femme au monde, la lumière de mes yeux, ma couronne, maman, pour son sacrifice et soutien qui m'ont donné confiance, courage et sécurité. Tout le vocabulaire Français ne me suffira jamais pour te décrire avec justesse ni pour te présenter mes remerciements, Je ne vous remercierai jamais assez. Pour toi je pris dieu de te garder en bonne santé.*

*A mon mari ainsi que toute ma belle famille ;*

*A ma chère tante et 2eme maman Nassima (Wardati), ainsi que, mon oncle Abdelghani ;*

*A mes très chers frères, spécialement Karim ;*

*A mes sœurs Nora (ainsi sa petite famille) et Chahrazed ;*

*A mes chers amis et à toute la promo biochimie 2016 ;*

*A toute la famille Abdelbost ;*

*A tout mes profs, dés ma 1ere année primaire jusqu'aujourd'hui et au dela inchallah ;*

*A mon cher binôme Manel, ainsi que sa famille ;*

*A toi, celui qui est entrain de lire mes dédicaces.*

***Je suis si petit, si petit, Que bien trop souvent, on m'oublie.  
Si fragile et si plein de vie, Mon nom est simplement merci.  
Pleine de tendresse, je vous le dis, Du fond du coeur: un franc Merci !***

*Dida*

# Dédicaces

*Avec l'aide de Dieu le tout puissant, j'ai pu achever ce modeste travail que je dédie:*

*Spécialement à mes chères parents rabia et chahla en témoignage d'un profond amour et de grande reconnaissance pour tous les sacrifices qu'ils ont consentis pour mon éducation et mon bonheur.*

*Je les remercie de m'avoir permis d'aller aussi loin dans mes études et de m'avoir réconforté, soutenu et supporté tout au long de ma vie. Que ce travail soit le témoignage de ma sincère gratitude, reconnaissance et de tout mon amour, que dieu vous protèges.*

*Mes très chères Sœurs: Yasmina, Wissam, Meriem, Asma et Amira, qui m'ont encouragé, aidé, rassuré dans les moments difficiles de ma vie.*

*Mes chers grands parents, que dieu les protège*

*Mes tantes: Djamila, Nadia, Farida, Nadja, Salima, Zina et leurs Maris et enfants*

*Mes oncles: Ramdan et sa femme zoulikha et leurs enfants Boubkheur, Sarah et la petite Yasmine pour leurs encouragements.*

*Mokhtar et sa femme Nadia sans oublier leurs enfants Soufian, fouzia, Nawel, Said et Houssam.*

*Mes très chers amis Lynda, Latifa, Sihem, Farida, Meriem, Nassima et Souhila pour leurs amitiés et soutiens.*

*Mon cher binôme Lynda et sa famille.*

*Tous personnes qui ma aider de proche ou de loin.*

*Manel*

**SOMMAIRE**

**Liste des figures**

**Liste des tableaux**

**Liste des abréviations**

**INTRODUCTION.....1**

**CHAPITRE I: REVUE BIBLIOGRAPHIQUE**

**I.1- GÉNÉRALITÉS SUR LE MIEL.....2**

**I.1.1- DÉFINITION.....2**

**I.1.2- ÉLABORATION .....2**

I.1.2.1- Abeille mellifique.....2

I.1.2.2- Organisation sociale des abeilles.....3

**I.1.3- ORIGINE .....4**

I.1.3.1- Miel du nectar.....4

I.1.3.2- Miel du miellat.....5

**I.1.4- FABRICATION.....5**

I.1.4.1- Formation du miel.....5

I.1.4.2- Maturation et récolte.....6

I.1.4.3- Extraction et conservation.....6

**I.1.5- COMPOSITION.....7**

**I.2- PROPRIÉTÉS DU MIEL..... 10**

**I.2.1- PROPRIÉTÉS ORGANOLEPTIQUES.....11**

I.2.1.1- Couleur.....11

I.2.1.2- Cristallisation.....11

**I.2.2- CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES.....11**

I.2.2.1- Densité et viscosité.....12

I.2.2.2- Acidité et pH .....12

I.2.2.3- Indice de réfraction et humidité.....12

I.2.2.4- Pouvoir rotatoire.....12

I.2.2.5- Conductivité électrique..... 12

**I.2.3- PROPRIÉTÉS BIOLOGIQUES .....13**

I.2.3.1- Activité antioxydante.....13

I.2.3.2- Activité antibactérienne .....14

I.2.3.3- Propriétés cicatrisantes .....15

I.2.3.4- Activité anti-ulcère .....17

**CHAPITRE II: MATÉRIEL ET MÉTHODES**

**II.1- ÉCHANTILLONS DE MIEL..... 18**

**II.2- MÉLISSOPALYNOLOGIE.....19**

**II.3- ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES.....19**

II.3.1- Humidité et brix.....19

II.3.2- Potentiel d'Hydrogène (pH).....19

II.3.3- Conductivité électrique.....20

II.3.4- Couleur.....20

II.3.5- Hydroxy-méthyl-furfural (HMF) .....20

II.3.6- Pouvoir rotatoire.....21

II.3.7- Protéines.....21

II.3.8- Proline.....21

**II.4- DOSAGES PHYTO-CHIMIQUES.....22**

II.4.1- Composés phénoliques totaux.....22

II.4.2- Flavonoïdes.....22

II.4.3- Caroténoïdes.....22

**II.5- ÉTUDE DE L'ACTIVITÉ ANTIOXYDANTE.....23**

II.5.1- Pouvoir réducteur.....23

II.5.2- Activités antiradicalaires.....23

    II.5.2.1- Par le DPPH .....23

    II.5.2.2- Par l'ABTS .....24

    II.5.2.3- Test de FRAP.....24

**II.6- ACTIVITÉ ANTIBACTÉRIENNE.....24**

**II.7- ÉTUDE DE L'EFFET GASTROPROTECTEUR.....25**

    II.7.1- Induction de l'ulcère gastrique par le mélange HCl/Ethanol.....25

    II.7.2- Sacrifice des souris et récupération des estomacs.....26

    II.7.3- Méthode de calcul des pourcentages d'ulcération .....27

**II. 8- Analyse statistique.....27**

**CHAPITRE III: RÉSULTATS ET DISCUSSION**

**III.1- ANALYSES POLLINIQUES.....28**

---

<b>III.2- ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES.....</b>	<b>31</b>
III.2.1- Humidité.....	32
III.2.2- pH.....	33
III.2.3- Couleur.....	33
III.2.4- Brix .....	34
III.2.5- Conductivité électrique.....	34
III.2.6- Teneur en protéines.....	35
III.2.7- Teneur en proline.....	35
III.2.8- Teneur en hydroxy-méthyl-furfural (HMF).....	36
III.2.9- Pouvoir rotatoire .....	37
<b>III.3- TENEURS EN ANTIOXYDANTS ET ACTIVITÉS ANTIOXYDANTES.....</b>	<b>38</b>
III.3.1- Composés phénoliques.....	39
III.3.2- Flavonoïdes.....	39
III.3.3- Caroténoïdes.....	40
III.3.4- Pouvoir antiradicalaire par ABTS.....	40
III.3.5- Pouvoir antiradicalaire par DPPH.....	41
III.3.6-Test de FRAP.....	41
III.3.7- Pouvoir réducteur.....	42
<b>III.4- ACTIVITÉ ANTIBACTÉRIENNE.....</b>	<b>42</b>
<b>III.5- CORRÉLATIONS .....</b>	<b>44</b>
<b>III.5.1- CORRÉLATIONS ACTIVITÉS ANTIOXYDANTES ET PARAMÈTRES PHYSICO- CHIMIQUES.....</b>	<b>44</b>
<b>III.5.2- CORRÉLATIONS COULEUR, ANTIOXYDANTS ET ACTIVITÉS ANTIOXYDANTES.....</b>	<b>44</b>
<b>III.5.3- CORRÉLATIONS ANTIOXYDANTS ET ACTIVITÉS ANTIOXYDANTES..</b>	<b>44</b>
<b>III.5.4- CORRÉLATION ACTIVITÉ ANTIBACTÉRIENNE, ANTIOXYDANTS ET ACTIVITÉS ANTIOXYDANTES.....</b>	<b>45</b>
<b>III.6- ACTIVITÉ GASTROPROTECTRICE.....</b>	<b>45</b>
III.6.1- Effet du miel sur l'ulcère induit par le mélange HCl / Ethanol.....	46
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>50</b>
<b>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>52</b>
<b>ANNEXES</b>	



## Liste des figures

<b>N°</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>1</b>	Échange de nourriture sur la planche d'envol d'une ruche par trophallaxie.	<b>6</b>
<b>2</b>	Les composants du miel, les processus qui influencent la stabilité du miel les produit de dégradation et les réactions secondaires qui peuvent se produire.	<b>10</b>
<b>3</b>	Récapitulatif des étapes de l'étude anti-ulcère.	<b>26</b>
<b>4</b>	Photographie originale des estomacs après différents traitements.	<b>47</b>
<b>5</b>	Effet de l'administration orale de différents traitements sur l'ulcère induit par HCl / Ethanol chez les souris.	<b>48</b>

## Liste des tableaux

N°	Titre	Page
I	Échantillons de miel analysés (région, origine botanique, état, couleur).	18
II	Répartition des différents lots selon le type du traitement administré.	26
III	Spectres polliniques et pourcentages de pollens des miels analysés.	29-30
IV	Résultats des analyses physico-chimiques des miels étudiés.	31
V	Pouvoir rotatoire des miels analysés.	37
VI	La teneur en antioxydants et le pourcentage de l'activité antioxydante par différentes méthodes des miels analysés.	38
VII	Effet du miel pur sur <i>Staphylococcus aureus</i> et <i>Escherichia coli</i> .	43
VIII	Le pourcentage d'ulcération et d'inhibition pour les différents groupes.	48

## Liste d'abréviations

**%:** Pourcentage

**µl:** Micro-litre

**Abs:** Absorbance

**ABTS<sup>+</sup>:** Acide 2-2-azinobis -3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique

**ANOVA:** Analysis of one variance

**ATCC:** American type culture collection

**ATPase:** Adénosine triphosphatase

**BSA:** Serum albumin bovin.

**°C:** Celsius

**CAZ:** Ceftazime

**CE:** Conductivité électrique

**CETAM:** Centre d'études techniques apicoles de Moselle

**CFU:** Unité formant colonie

**COX-2:** cyclo-oxygénase 2

**DPPH:** 2,2-diphinol-1-picrylhydrazyl

**EAA:** Equivalent d'acide ascorbique

**EAG:** Equivalent d'acide gallique

**EBSA:** Equivalent bovin serum albumin

**EC:** Equivalent catéchine

***E. Coli:*** *Escherichia Coli*

**EβC:** Equivalent bêta carotène

**ERO:** Espèce réactive à l'oxygène

**Fe<sup>3+</sup>:** Fer ferrique

**Fe<sup>2+</sup>:** Fer ferreux

**FLOH:** Flavonoïde

**FLO•:** Radical flavoxyle

**FRAP:** Ferric reducing antioxydant power

**G:** Groupe

**H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>:** Peroxyde d'hydrogène

**HMF:** Hydroxyméthylfurfural

**Kg:** Kilogramme

**M:** Miel

**MGO:** Méthylglyoxal  
**mM:** Milli molaire  
**MS:** Matière sèche  
**mS:** Milli-siemens  
**NF-KB:** facteur nucléaire KB  
**nm:** Nanomètres  
**NMRI:** Naval medical research institute  
**OH:** Radical hydroxyle  
**P / V:** Poids / Volume  
**pH:** Potentiel d'hydrogène  
**PR:** Pouvoir réducteur  
**r:** Coefficient de corrélation  
**R:** Radical libre  
**RH:** Molécule stable  
***S. aureus:*** *Staphylococcus aureus*  
**SEM:** standard error of the mean  
**T°:** Température  
**T:** Témoin  
**TCA:** Acide trichloroacétique  
**TPTZ:** tripyridyletriazine  
**UV / VIS:** Radiation ultraviolette / Visible  
**US:** Surface ulcérée  
**v / v / v:** volume / volume / volume

# *INTRODUCTION*

À l'heure où la médecine moderne se trouve confrontée à divers problèmes (résistances aux antibiotiques, augmentation des dépenses de santé...), les thérapeutiques dites naturelles suscitent un regain d'intérêt. Il est temps de redécouvrir les vertus du miel.

La connaissance du miel remonte aux temps les plus reculés de l'histoire de l'Homme. En effet, il a toujours eu une place privilégiée dans beaucoup de civilisations et de croyances. La première peinture rupestre sur le miel remonte à 10 000 ans avant Jésus-Christ. Le miel est fait sujet de nombreux ouvrages, notamment les tablettes Sumériennes, la Bible où le miel ruissèle dans la terre promise et dans le saint Coran où des fleuves de miels coulent aux paradis (**La Catoire Fantasque, 2013**).

Le miel est un aliment visqueux, aromatique et doux, composé principalement de 95 % de glucides (glucose, fructose, maltose, saccharose...), environ 17% d'eau et d'autres composants moindres tels que les acides aminés, les protéines, les enzymes et les acides organiques. La richesse du miel en flavonoïdes, caroténoïdes et en acides phénoliques lui confère ses propriétés antioxydantes, antibactériennes et anti-ulcère qui sont connues depuis l'antiquité (**Missio da Silva et al., 2016**). Hippocrate (400 ans avant J.-C.) considérait le miel comme un remède idéal et il le recommandait dans le traitement des plaies (**Hoyet, 2005**).

L'usage du miel en médecine refait surface à travers le monde d'où la création de l'apithérapie, science qui utilise les produits précieux de la ruche pour soigner plusieurs maladies telles que le cancer, l'ulcère et notamment dans la guérison des plaies et ceci grâce aux propriétés physico-chimiques et biologiques du miel (**Meda, 2005; Liu et al., 2013; Ganash et al., 2014**).

Aujourd'hui, face à l'essor des médecines alternatives, l'apithérapie bénéficie d'une popularité croissante. Toutefois, de nombreuses recherches tentent de rationaliser et d'optimiser son usage.

La présente étude s'articule autour de trois grandes parties :

- La première partie est consacrée à la théorie où les différentes connaissances bibliographiques sur le miel et ses propriétés seront abordées.
- La seconde partie concerne la partie expérimentale qui vise à déterminer le matériel utilisé et à décrire les méthodes analytiques suivies dans l'évaluation des paramètres physico-chimiques, des activités antioxydantes, de l'activité antibactérienne et de l'effet gastroprotecteur ainsi que les analyses polliniques des miels récoltés.
- Dans la troisième partie, les résultats obtenus seront présentés avec leurs discussions.

*CHAPITRE I:*  
*REVUE*  
*BIBLIOGRAPHIQUE*

## I.1- GÉNÉRALITÉS SUR LE MIEL

### I.1.1- DÉFINITION

Le miel, aliment tant apprécié par l'homme, présente un éventail très large en goût et en couleur. Devant cette diversité de choix, le consommateur est confronté à faire une distinction entre le miel frais et celui qui ne l'est pas.

La définition légale du miel est donnée par **Le Codex Alimentaire (2001)** et le **Journal Officiel des Communautés Européennes (2002)** comme suit :

« Le miel est la substance sucrée naturelle produite par les abeilles de l'espèce *Apis mellifera* à partir du nectar des plantes ou des sécrétions 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 substance est habituellement de saveur sucrée et il peut également être amer (miel d'arbousier).

### I.1.2- ÉLABORATION

#### I.1.2.1- Abeille mellifique

Les abeilles sont des insectes qui appartiennent à l'ordre des hyménoptères (insectes qui comprend les guêpes et les fourmis). Plus de 20 000 espèces d'abeilles sont identifiées dont la plus connue est *Apis mellifera*, qui est le nom scientifique d'une espèce d'abeilles domestiques qui produit le miel (**Wardenier, 2012**).

- **Classification systématique d'*Apis mellifera* (Wardenier, 2012)**

**Ordre:** Hyménoptères

**Sous-ordre:** Apocrites

**Famille:** Apidae supérieur

**Sous famille:** Apinae

**Genre:** Apis

**Espèce:** *Apis mellifera*.

### I.1.2.2- Organisation sociale des abeilles

Une colonie d'abeilles est une société avec une organisation fascinante. En effet, trois castes structurent cette société: la reine, les ouvrières et les faux bourdons. Les membres de chaque caste assurent une tâche particulière ce qui explique leurs différences sur le plan morphologique. Pour assurer ce fonctionnement, les abeilles domestiques utilisent un mode de communication très précis émis par trois vecteurs: le contact des antennes, les phéromones et la danse (**Leleux, 2012; Wardenier, 2012**).

#### ➤ Reine

La reine se situe en haut de la chaîne. Elle est la seule à assurer la reproduction dans la ruche et donc le développement de la colonie. Elle se rend dans ces congrégations afin de se faire féconder par plusieurs mâles au cours de vols nuptiaux (**Bertrand, 2013**). Elle est capable de pondre quotidiennement 1500 à 2000 œufs durant sa vie, c'est la mère de toutes les autres abeilles. Pour naître reine, un œuf femelle doit être déposé dans une cellule royale (une alvéole en cire plus grande que les autres) nourrie avec la gelée royale qui lui permet de se transformer en reine, qui par la suite quittera la ruche (**Wardenier, 2012; Bertrand, 2013**).

#### ➤ Faux bourdons

Les mâles des abeilles sont appelés les faux bourdons. Ils sont issus des œufs non fécondés provenant de la reine. Leur rôle essentiel est de féconder la jeune reine vierge pendant le vol nuptial. Ils sont nourris par les ouvrières car leur langue ne leur permet pas de recueillir le nectar. Ils meurent aussitôt après l'accouplement car leur partie génitale se détache et reste fixée dans l'orifice de la reine (**Wardenier, 2012**).

Les faux bourdons sont totalement dépourvus de dards, donc ils ne piquent pas (**Bertrand, 2013**).

#### ➤ Ouvrières

Les ouvrières représentent la majorité des individus d'une colonie. Elles sont stériles car leurs ovaires sont atrophiés par les phéromones de la reine. Elles sont issues de l'œuf fécondé qui se nourrissent pendant les trois premiers jours de gelée royale ensuite de miel et de pollen. Les ouvrières assurent le fonctionnement de la ruche et elles changent d'activités en fonction de leur âge, elles commencent comme nettoyeuses, ensuite elles assurent des tâches plus importantes: nourrissage des larves, sécrétion de la cire, dépôt (stockage) des récoltes, ventilation de la colonie ou encore défense de l'entrée de la ruche. Les plus vieilles, deviennent butineuses, chargées de la collecte du nectar et du pollen, puis elles meurent à 45 jours de leur vie (**Leleux, 2012; Wardenier, 2012**).

### I.1.3- ORIGINE

Le miel est élaboré par les abeilles à partir des substances sucrées produites par les plantes mellifères qui produisent le nectar (essentiellement dans les fleurs) ou qui permettent la fabrication du miellat par les homoptères (les pucerons essentiellement), qui sont ensuite récoltés par les butineuses. De ce fait, il existe deux types de miels: miels de nectar et miels de miellat (Hoyet, 2005; Sanz *et al.*, 2005).

#### I.1.3.1- Miel du nectar

La production de nectar par une plante mellifère dépend à la fois de la plante (génétique, morphologie et physiologie) ainsi que des facteurs de l'environnement (humidité, température, lumière et vent) (Vennetier *et al.*, 2013; Rodriguez Flores *et al.*, 2015).

Le nectar est un liquide sucré, parfois sirupeux, butiné par les abeilles et stocké dans leurs jabots. Il est, en général, la source principale de miel et il constitue l'aliment énergétique privilégié de l'abeille. Le nectar est élaboré par les nectaires qui abritent les glandes nectarifères (structures glandulaires propres aux végétaux supérieurs). Il reste accumulé sur le nectaire ou passe dans un éperon (organe spécialisé, dans lequel il est protégé de la dessiccation). Le nectar n'a pas la même composition que la sève dont il est issu. C'est une solution aqueuse, sa majeure partie est faite d'eau et de glucides dont les plus courants sont le saccharose, le glucose et le fructose. Outre les sucres, il en existe des acides organiques tels que l'acide fumarique, des protéines, des acides aminés, des lipides, des minéraux, des pigments, des substances aromatiques et des composés inorganiques. Tous ces éléments contribuent à donner au miel sa couleur et ses arômes (Hoyet, 2005; Leleux, 2013; Ouchemoukh, 2012) et rarement, certains nectars peuvent contenir des substances toxiques pour les insectes tels que les alcaloïdes (Decourtye *et al.*, 2007).

Le butinage d'une flore variée permet l'obtention des miels multif floraux, ainsi appelés "miels toutes fleurs" et encore "miel mille fleurs". Par contre, le butinage du nectar d'une seule variété florale ou très majoritaire donne les miels monofloraux (Bonté et Desmoulière, 2013; Vennetier *et al.*, 2013). Ils sont caractérisés par la dominance d'une seule famille de pollen qui est présente à plus de 45 %, d'où l'inexistence d'un miel 100 % monofloral (Decourtye *et al.*, 2007).

### I.1.3.2- Miel du miellat

Le miellat est un produit sucré d'origine à la fois végétale et animale élaboré par des pucerons, des psylles ou des cochenilles qui sucent la sève élaborée des feuilles, des aiguilles ou des écorces pour y prélever des substances nécessaires à leur développement et excrètent le miellat. Les abeilles le récoltent et le transforment en miel. Il subit de ce fait un double traitement (l'appareil digestif du puceron et celui de l'abeille). Ce miellat, visqueux ou cristallisé, a une composition différente et plus riche de celle du nectar de fleurs. Il contient par exemple l'erlose et le mélézitose. Dans les régions très sèches, le miellat perd son eau rapidement et se transforme en un véritable sucre cristallisé comestible (**Hoyet, 2005; Leleux, 2012; Rodriguez Flores et al., 2015**).

Il arrive que les abeilles récoltent d'autres ressources telles que le jus sucré s'échappant de fruits trop mûrs, cires ou autres substances à la surface d'aiguilles de pin (**Vennetier et al., 2013**).

### I.1.4- FABRICATION DU MIEL

La fabrication du miel est l'objectif de tous les individus de la ruche, c'est le travail de toute la colonie.

#### I.1.4.1- Formation du miel

L'abeille butineuse effectue entre 20 et 50 voyages par jour afin de prélever le nectar ou le miellat qui, ensuite l'emmagasine dans son jabot où commence sa transformation. Dans son tube digestif, plusieurs enzymes agissent sur le nectar d'où la transformation du saccharose en glucose et autres sucres sous l'action de l'invertase. Les modifications physico-chimiques se poursuivent dans la ruche. La butineuse régurgite sa charge aux ouvrières, qui elles-mêmes la communiquent à ses sœurs et ainsi de suite (phénomène de trophallaxie) (figure 1) en abaissant la teneur en eau et en l'enrichit de sucres gastriques et de substances salivaires et d'autres sucres nouvellement synthétisés. La goutte épaissie est déversée ensuite dans une alvéole qui sera, après évaporation, obturée par un opercule de cire. A ce moment, le miel n'est pas encore devenu mûr et il contient 50 % d'eau (**Huchet et al., 1996; Hoyet, 2005; Ouchemoukh, 2012**).



**Figure 1:** Échange de nourriture sur la planche d'envol d'une ruche par trophallaxie (Bonté et Desmoulière, 2013).

#### **I.1.4.2- Maturation et récolte**

Le miel mûrit lentement dans les alvéoles en le déshydratant par les ouvrières jusqu'à atteindre environ 18 % de la teneur en eau (Hoyet, 2005). L'apiculteur récolte le miel dès la fin de la miellée, quand les  $\frac{3}{4}$  au moins des alvéoles sont operculés et quand la ruche est devenue très lourde (Huchet *et al.*, 1996; Ouchemoukh, 2012).

#### **I.1.4.3- Extraction et conservation**

Le miel est extrait des cellules par la force centrifuge et soumis ensuite à une épuration qui s'effectue généralement par filtration, centrifugation ou décantation pour éliminer toutes les impuretés, cela peut faire cristalliser un miel liquide (Huchet *et al.*, 1996).

Une mauvaise conservation du miel provoque son vieillissement. Avec le temps, les miels brunissent, ils perdent du glucose et du lévulose. Il y a une augmentation en hydroxyméthyl-furfural et de l'acidité (Polus, 2007). En effet, une mauvaise cristallisation et une teneur très importante en eau dans le miel constituent un environnement favorable à la prolifération des microorganismes, il se produit alors un phénomène de fermentation. La chaleur fait accélérer la dégradation des enzymes présents dans le miel (Hoyet, 2005). Par contre, les basses températures ont toujours un effet protecteur au miel parce qu'elles empêchent les réactions chimiques et l'action des enzymes (Polus, 2007).

Pour bien conserver le miel, il convient donc de le garder dans des locaux frais où la température ne dépasse pas 20 °C (Huchet *et al.*, 1996).

### I.1.5- COMPOSITION

Le miel est un produit naturel extrêmement complexe. Sa composition dépend essentiellement des sources florales et de certains facteurs externes comme les facteurs environnementaux et les méthodes de traitement utilisées par l'apiculteur (**Terrab *et al.*, 2003**).

Le miel est riche de plus de 200 substances participant à l'équilibre de notre organisme, principalement des hydrates de carbone (sous forme de monosaccharides tels que le glucose et le fructose ou d'oligosaccharides tels que le maltose, le saccharose, le mélézitose et l'érlose), de l'eau et de divers éléments comme les sels minéraux, les protéines, les acides aminés, les enzymes, les vitamines, les acides organiques (libres ou combinés sous formes de lactones), les flavonoïdes, les acides phénoliques, les pigments et d'autres composés chimiques. Le miel, au cours de son mauvais stockage, subit beaucoup de changements dans sa composition, en raison de plusieurs réactions chimiques y compris la fermentation et l'oxydation, modifiant de ce fait les constituants du miel (**Terrab *et al.*, 2003; Missio da Silva *et al.*, 2016**).

#### I.1.5.1- Teneur en eau

La teneur en eau est un facteur très important dans la détermination de la qualité du miel. Elle varie en fonction de l'origine florale du miel. D'une manière générale, un miel de qualité contient une humidité qui ne dépasse pas 18 %, une exception est faite pour le miel de trèfle (21 %) et le miel de bruyère (23 %). Les miels contenant une teneur supérieure à 20 % augmente le risque de fermentation (**Bogdanov *et al.*, 2004; Ribeiro *et al.*, 2014**).

#### I.1.5.2- Glucides

Les glucides présentent 95 à 99 % de la matière sèche du miel. 75 % de ces sucres sont des monosaccharides avec la dominance du fructose et du glucose (**Meda *et al.*, 2005; Missio da Silva *et al.*, 2016**).

De nombreux autres sucres sont également présents dans le miel avec des faibles quantités qui se figurent par les disaccharides (maltose, saccharose, isomaltose), tri et polysaccharides (l'érlose, le raffinose, le mélézitose, le dextrantriose et le mélibiose) en caractérisant leur origine botanique. Les glucides sont responsables de plusieurs propriétés physico-chimiques du miel telles que la viscosité, la granulation, l'hygrométrie et la valeur énergétique (**Ouchemoukh *et al.*, 2007; Desmoulière et Bonté, 2013**).

### I.1.5.3- Acides organiques

Le miel a un goût légèrement acide, qui est le résultat de la présence de 0,57 % d'acides organiques libres ou combinés sous forme de lactones. La plupart de ces acides organiques proviennent de nectar des fleurs ou des transformations opérées par l'abeille. Le principal acide organique étant l'acide gluconique, issu de la transformation enzymatique du glucose (**Missio da Silva et al., 2016**).

Il existe une vingtaine d'autres types d'acides organiques tels que les acides formique, tartrique, malique, citrique, succinique, butyrique, lactique et oxalique, de même, de différents acides aromatiques (**Bogdanov et al., 1999; Desmoulière et Bonté, 2013**).

### I.1.5.4- Protéines et acides aminés

Le miel contient une faible quantité de protéines (inférieure à 1 %). Ces protéines se composent essentiellement de peptones, d'albumines, de globulines qui proviennent soit de la plante, soit des sécrétions de l'abeille (**Bogdanov et al., 2004; Desmoulière et Bonté, 2013**).

Le miel possède divers acides aminés libres tels que l'acide aspartique, l'acide glutamique, l'alanine, l'arginine, l'asparagine, la glycine, la leucine, la lysine, la méthionine, le phénylalanine, la sérine, le tryptophane, la tyrosine et la valine. Il est riche en proline et représente 50 % de tous les acides aminés y présents, son taux est supérieur à 180 mg / kg. C'est un facteur de qualité et de maturation du miel (**Bogdanov et al., 2004; Meda et al., 2005; Irlande, 2010**).

### I.1.5.5- Enzymes

Selon **Hoyet (2005)**, le miel contient essentiellement l'invertase (responsable de l'hydrolyse des disaccharides), les amylases (qui transforment l'amidon en glucose), la glucose oxydase (transforme le glucose en acide gluconique et en peroxyde d'hydrogène), la catalase et la phosphatase. Elles proviennent soit du nectar, soit des sécrétions salivaires des abeilles.

### I.1.5.6- Hydroxy-méthyl-furfural (HMF)

L'HMF est une substance qui provient de la dégradation du fructose en milieu acide par déshydratation moléculaire (**Bath et Singh, 1999**).

La teneur du miel en hydroxy-méthyl-furfural est influencée par la température et le vieillissement du miel. Cette dernière ne doit pas dépasser 40 mg / kg. Toutefois, dans le cas des miels provenant des pays ou des régions tropicaux, la teneur en HMF ne dépassera pas 80 mg / kg (**Codex alimentaire, 2001; Oudjet, 2012**).

### I.1.5.7- Composés phénoliques

Les phénols sont des métabolites secondaires spécifiques du règne végétal. Ces composés ont tous en commun un ou de plusieurs cycles benzéniques portant une ou plusieurs fonctions hydroxyles (Urquiaga et Leighton, 2000).

Plus de 150 composés phénoliques sont présents dans le miel (Moniruzzaman *et al.*, 2013). Ce sont principalement les flavonoïdes (apigénine, pinocembrine, quercétine et hespérétine) et les acides phénoliques (acide caféïque, ferrulique, coumarique, cinnamique et benzoïque) qui sont les principaux constituants responsables de ses activités biologiques. Ils sont issus principalement du pollen et de la propolis (Yao *et al.*, 2003; Uthurry *et al.*, 2011).

La concentration et le type de polyphénols sont susceptibles de varier en fonction de l'origine botanique du miel ainsi que, dans une moindre mesure, des conditions climatiques et géographiques (Habib *et al.*, 2014).

De nombreuses études ont décrit la forte corrélation existante entre la couleur du miel et sa teneur en polyphénols ou sa capacité antioxydante, avec des valeurs plus élevées dans les miels foncés que dans les miels clairs ou transparents (Beretta *et al.*, 2005).

### I.1.5.8- Vitamines et sels minéraux

Le miel est très pauvre en vitamines. Il s'agit essentiellement de vitamine B (B1, B2, B3, B5, B6, B8 et B9) qui seraient apportées par le pollen. Parfois, on y trouve également de la vitamine C, ainsi que les vitamines A, K et D (Huchet *et al.*, 1996).

La teneur en sels minéraux d'un miel est en général faible avec d'importantes variations: les miels foncés en contiennent plus que les miels clairs. Le potassium est l'élément le plus abondant, ensuite, vient le sodium, le fer, le cuivre, le silicium, le manganèse, le calcium et le magnésium. Ces derniers exécutent une fonction fondamentale dans les systèmes biologiques (Missio da Silva *et al.*, 2016).

### I.1.5.9- Lipides

La proportion des lipides est infime. Ils sont présents sous forme d'acides gras (acide palmitique, oléique, linoléique et 10-hydroxy-2-decenoïque), de glycérides, de stérines et d'hydrocarbures (Bogdanov *et al.*, 2004; Desmoulière et Bonté, 2013).

### I.1.5.10- Pollen

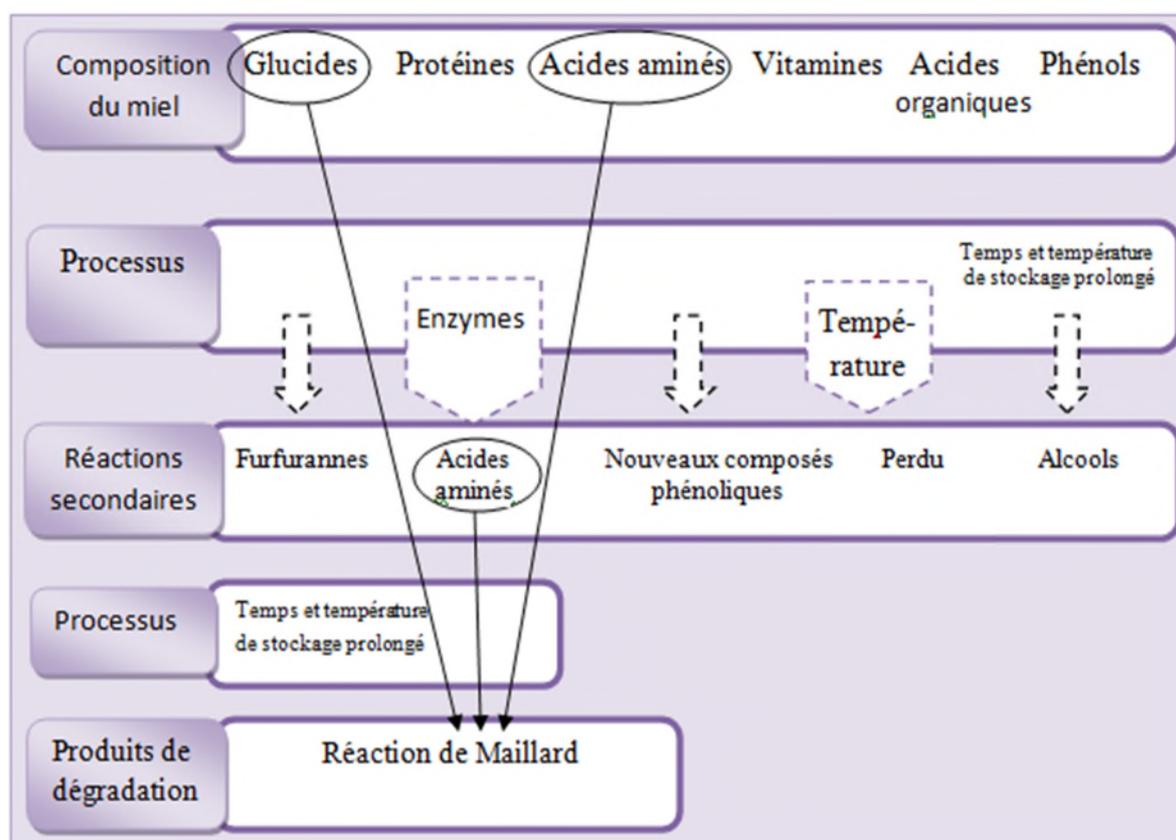
Le nom de pollen désigne l'ensemble des spores mâles (gamétophytes mâles) des plantes à fleurs, gymnospermes et angiospermes. Le pollen est formé après une méiose, ce qui donne la naissance d'une tétrade (Reille, 2013).

En moyenne, un grain de pollen renferme 36 % de glucides, 20 % de protides, dont 50 % sont des acides aminés indispensables, 11 % d'eau, 5 % de lipides et 3 % de sels minéraux

(potassium, magnésium, calcium, fer, etc.). Il comporte également de nombreux pigments (rutine et caroténoïdes) et des vitamines issues des groupes B, C, D, E et A.

Le pollen constitue la principale source de protéines pour l'abeille. Au total, 10 à 30 mg sont ramassés par voyage, le travail qui peut être réalisé en dix minutes. L'analyse pollinique permet l'identification et la classification d'un miel selon l'origine botanique (**Desmoulière et Bonté, 2013**).

Les composants du miel et les processus qui influencent sa stabilité au fil du temps sont présentés dans la figure ci-dessus:



**Figure 2:** Les composants du miel, les processus qui influencent la stabilité du miel, les produits de dégradation et les réactions secondaires qui peut se produire (**Missio da Silva et al., 2016**).

## I.2- PROPRIÉTÉS DU MIEL

Dans le monde entier, le miel est non seulement évalué comme édulcorant savoureux, mais il est également partie de la médecine traditionnelle. Pendant le temps, son utilisation comme produit naturel thérapeutique a été réévaluée dans un arrangement plus scientifique. Les études ont prouvé que le miel possède des propriétés organoleptiques, physico-chimiques et biologiques (**Nasuti et al., 2006**).

## I.2.1- PROPRIÉTÉS ORGANOLEPTIQUES

### I.2.1.1- Couleur

La couleur est la caractéristique primaire pour la classification des miels (**Khalil et al., 2012**). Le miel présente une coloration qui varie d'une teinte presque incolore au brun sombre sous l'effet de plusieurs facteurs tels que l'origine botanique, la composition, la manière de la conservation, la cristallisation et les altérations (**Oudjet, 2012**). Les miels de couleur foncée contiennent plus de composés phénoliques et ont une saveur plus forte. L'intensité de la couleur est donnée par l'échelle de Pfund (Pfund color grader) ou par le comparateur visuel de Lovibond (**Ouchemoukh, 2012; Belay et al., 2015**).

### I.2.1.2- Cristallisation

La cristallisation des miels naturels est un phénomène très important car c'est de lui que dépend en partie la qualité du miel. Avec le temps et sous l'effet de certains facteurs (la composition en sucres, la teneur en eau, la température de conservation et la présence de germes de cristallisation tel que les grains de pollen), le miel est susceptible de se cristalliser (**Oudjet, 2012**).

Le miel stocké dans les rayons de la ruche est généralement liquide, et dès la récolte, sa cristallisation commence à se faire à partir de cristaux primaires de glucose qui sont présents. La vitesse de la cristallisation dépend des rapports fructose / glucose et glucose / eau.

La cristallisation est faible ou nulle pour un indice glucose / eau inférieur à 1,7 et elle est très rapide et complète pour des indices supérieurs à 2 (**Hoyet, 2005; Oudjet, 2012**). En effet, le glucose est peu soluble dans l'eau, il se cristallise rapidement, alors que le fructose est très soluble. Un miel riche en glucose (teneur proche de 40 %) se cristallise vite. A l'opposé, les miels très riches en fructose restent liquides. La température a aussi son effet, une température basse favorise la viscosité du miel et puis sa cristallisation et au delà de 30 °C la croissance des cristaux est arrêtée (**Huchet et al., 1996**).

Pendant la granulation, la teneur de la phase liquide augmente avec l'augmentation du risque de fermentation, donc un miel cristallisé fermente plus facilement que le miel liquide (**Belay et al., 2015**).

## I.2.2- CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES

La qualité du miel est principalement déterminée par ses caractéristiques physiques, chimiques et microbiologiques. Les paramètres physico-chimiques des miels naturels (humidité, hydroxy-méthyl-furfural et la conductivité électrique) constituent les indicateurs qui caractérisent les différentes variétés de miel pour évaluer sa qualité (**Khalil *et al.*, 2012; Yucel et Sultanoglu, 2013**).

### I.2.2.1- Densité et viscosité

Le miel a une densité (le rapport de la masse d'un miel avec le même volume d'eau) qui varie entre 1,40 et 1,45 à 20 °C. Elle est déterminée au moyen d'un densimètre. La densité est plus faible pour un miel prématuré (**Bogdanov *et al.*, 2004**).

La viscosité se définit comme la résistance d'une substance à l'écoulement. C'est l'une des caractéristiques physiques la plus significative, car elle affecte la qualité du produit. La viscosité dépend de l'humidité, de la composition en sucres et de la température (**Huchet *et al.*, 1996; Ouchemoukh *et al.*, 2007**).

### I.2.2.2- Acidité et pH

Du fait de son influence sur la texture et la stabilité du miel, l'acidité est un critère important de qualité. Elle est due essentiellement à la présence des acides organiques, en particulier l'acide gluconique, ainsi que d'ions inorganiques. La fermentation de miel cause aussi une augmentation de l'acidité (**Bogdanov *et al.*, 1999; Yucel et Sultanoglu, 2013**).

Le pH du miel est compris entre 3,2 et 5,5. Il est affecté par les conditions de l'extraction et de stockage, qui affecte également la texture (**Yucel et Sultanoglu, 2013**).

### I.2.2.3- Indice de réfraction et humidité

La plupart des miels présente un indice de réfraction qui varie entre 1,5041 et 1,4915 pour une teneur en eau de 13 à 18 % à 20 °C. Une humidité au delà de 20 % augmente le risque de fermentation du miel (**Huchet *et al.*, 1996; Ouchemoukh, 2012**).

### I.2.2.4- Pouvoir rotatoire

Le pouvoir rotatoire est la caractéristique optique que possèdent les sucres de dévier le plan de la lumière polarisée. En général, les miels de miellat ont des valeurs positives «dextrogyres» tandis que les miels de nectar ont des valeurs négatives «lévogyres» (**Bogdanov *et al.*, 2004**).

### I.2.2.5- Conductivité électrique

La conductivité électrique est l'un des paramètres de distinction entre les différentes origines des miels. Elle est étroitement liée à la teneur en minéraux et en acides, qui reflète la présence des ions, des acides organiques et des protéines. En général, la conductivité électrique d'un miel est d'autant plus élevée que sa teneur en substances minérales est très importante (Yucel et Sultanoglu, 2013).

## I.2.3- PROPRIÉTÉS BIOLOGIQUES

### I.2.3.1- Activité antioxydante

Le miel est une source alimentaire d'antioxydants qui sont reconnus comme étant très efficaces pour désactiver les molécules oxydées naturellement dans l'organisme, tels que les radicaux libres. Ces derniers provoquent des dommages importants aux protéines, à l'ADN et aux membranes cellulaires (Erel, 2004; Vanier et Cyr, 2016).

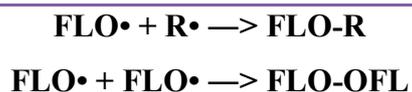
Le miel est riche en antioxydants enzymatiques et non-enzymatiques, notamment la glucose-oxydase, la catalase, l'acide ascorbique, les flavonoïdes, les caroténoïdes, les acides organiques, les produits de la réaction de Maillard, les acides aminés et les protéines (Beretta *et al.*, 2005; Meda *et al.*, 2005).

Les polyphénols sont des substances capables de piéger, neutraliser ou de réduire les dommages causés par les radicaux libres générés en permanence par notre organisme. Ils agissent par différents mécanismes comme la donation d'hydrogène, l'extinction de l'oxygène singulet, la chélation d'ion métallique et agissent aussi en tant que substrat pour les radicaux libres tels que le superoxyde et l'hydroxyle (Erel, 2004; Meda *et al.*, 2005).

Les flavonoïdes sont capables de piéger les radicaux libres en formant des radicaux flavoxyles moins réactifs, cette capacité peut être expliquée par leur propriété de donation d'un atome d'hydrogène à partir de leur groupement hydroxyle selon la réaction suivante:



La réaction de piégeage des radicaux libres donne une molécule stable (RH) et un radical flavoxyde (FLO•). Ce dernier va subir un changement de structure par résonance, redistribution des électrons impaires sur le noyau aromatique pour donner des molécules de faible réactivité par rapport aux R•. En outre, les radicaux flavoxydes peuvent interagir entre eux pour former des composés non réactifs (Amić *et al.*, 2003; Ouchemoukh, 2012).



La capacité antiradicalaire des flavonoïdes dépend principalement de leur structure. Les ions métalliques présents dans notre organisme, comme le fer et le cuivre, peuvent donner naissance à des radicaux hydroxyles très réactifs via la réaction de Fenton. Les flavonoïdes peuvent former des complexes stables avec les ions métalliques et sont alors capables d'inhiber la réaction de Fenton et ainsi empêcher la production des ROS. Pour cette raison, ils sont considérés comme de bons chélateurs (Meda *et al.*, 2005).

### I.2.3.2- Activité antibactérienne

L'action antimicrobienne du miel est connue et exploitée depuis très longtemps et dans toutes les cultures où le miel est connu dont plusieurs auteurs ont rapporté que certains composés présents dans les miels possèdent des propriétés antibactériennes (Cortopassi-Laurino et Gelli, 1991; Irlande, 2010; Bueno-Costa *et al.*, 2016).

L'effet antibactérien du miel est attribué à l'osmolarité élevée, à l'acidité, au peroxyde d'hydrogène, aux acides aromatiques et aux composés phénoliques (Sultanbawa *et al.*, 2015).

#### ➤ Pression osmotique

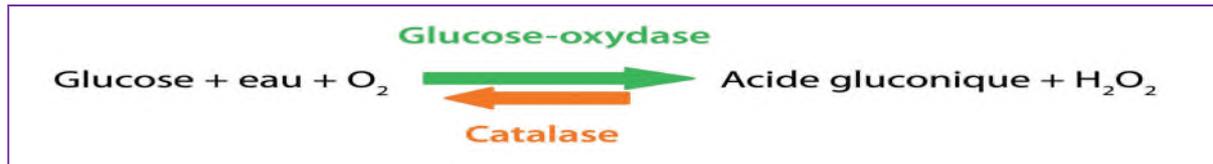
L'osmolarité, qui est la conséquence de la forte teneur en sucre du miel mais de très peu d'eau, présente un effet bactéricide et favorise la cicatrisation. Elle agit donc de manière osmotique, par l'extraction de l'eau contenue dans les bactéries en provoquant une forte déshydratation des germes qui n'ont alors plus suffisamment d'eau pour survivre et puis leur élimination (Voidarou *et al.*, 2011; Couquet *et al.*, 2013).

#### ➤ Acidité

Le pH acide du miel est efficace pour ralentir ou éviter la croissance de certaines espèces de bactéries pathogènes (Couquet *et al.*, 2013). Les bactéries sont affectées par la concentration des ions  $\text{H}^+$  et par la concentration en acides qui ne peuvent se multiplier dans un milieu aussi acide que celui du miel (Cortopassi-Laurino et Gelli, 1991).

#### ➤ Système peroxyde d'hydrogène

La glucose-oxydase, enzyme du miel sécrétée par les glandes hypopharyngiennes de l'abeille, catalyse l'oxydation de glucose et de l'eau en acide gluconique et en peroxyde d'hydrogène (Bogdanov et Blumer, 2001; Couquet *et al.*, 2013) selon la réaction suivante:



Le  $\text{H}_2\text{O}_2$  est considéré comme la principale inhibine contenue dans le miel et le composant principal responsable de l'activité antiseptique et antibactérienne (Irlande, 2010).

Le peroxyde d'hydrogène formé empêche les bactéries de se développer au sein du miel riche en eau et il est essentiellement actif sur les bactéries à Gram négatif en provoquant l'oxydation de leurs protéines, conduisant à leur destruction. Il provoque le stress oxydant et en présence d'autres composants, le  $\text{H}_2\text{O}_2$  possède la capacité de dégrader l'ADN bactérien et les plasmides. Par contre, l'acide gluconique ainsi formé accroît l'acidité du miel et le rend ainsi peu favorable au développement de colonies bactériennes (Brudzynski *et al.*, 2012; Couquet *et al.*, 2013).

Dans beaucoup de cas, l'activité du peroxyde d'hydrogène du miel peut être inhibée facilement par la chaleur ou par la présence d'une catalase, antagoniste de la glucose-oxydase (Irlande, 2010; Brudzynski *et al.*, 2012).

#### ➤ Inhibines à activité non peroxydique

- Dans les miels mûrs, plusieurs autres inhibines dites non peroxydes ont été décelées telles que les lysozymes, les flavonoïdes (pinocembrine) et les huiles essentielles (le thymol), ces derniers causent la rupture de la membrane bactérienne (Bogdanov et Blumer, 2001; Liu *et al.*, 2013).
- Les acides organiques sont également utilisés pour leur activité antimicrobienne car ils sont très solubles dans les membranes des cellules bactériennes, ce qui provoque des altérations dans la perméabilité cellulaire et dans la phosphorylation oxydative (Cortopassi-Laurino et Gelli, 1991).
- Le méthylglyoxal (MGO) est un antibactérien naturel retrouvé dans le miel (Couquet *et al.*, 2013). Il est constitué par conversion du dihydroxyacétone, présent aux concentrations substantielles dans le nectar. Il est montré que le méthylglyoxal du miel a une forte corrélation avec l'activité antibactérienne de *Staphylococcus aureus* (Sultanbawa *et al.*, 2015).
- La défensine-1, retrouvée dans le miel, est une protéine fabriquée par les abeilles. C'est un petit peptide qui possède un large spectre d'activité antimicrobienne. Elle joue ce rôle par agrégation et destruction de la cellule hôte, on se comportant comme un véritable antibiotique peptidique (Petit, 2012; Couquet *et al.*, 2013; Desmoulière, 2013).

### I.2.3.3- Propriétés cicatrisantes

De vue de ses propriétés antibactériennes, plusieurs plaies et brûlures sont susceptibles d'être traitées par le miel. Il peut également être utilisé pour favoriser la cicatrisation (**Desmoulière, 2013**).

➤ Au contact d'une plaie, le miel réalise une barrière physique et contribue à maintenir un milieu humide suite à son effet osmotique qui permet de drainer le plasma et la lymphe (**Petit, 2012; Couquet *et al.*, 2013**). Ce milieu humide permet:

- L'élimination des agents pathogènes.
- La cicatrisation plus rapide.
- La non adhérence du pansement et son changement s'effectue sans douleur d'où l'effet

analgésique du miel (**Couquet *et al.*, 2013; Desmoulière, 2013**).

➤ De plus, du fait de son hyper osmolarité au niveau des plaies, il absorbe les exsudats et favorise la diminution de l'oedème lésionnel.

➤ La défensine-1 et le méthylglyoxal sont également efficaces pour la détersion, l'élimination des exsudats et la formation du tissu de granulation et permettent souvent une bonne cicatrisation (**Desmoulière, 2013**).

➤ Par sa viscosité, le miel forme une barrière protectrice sur la plaie qui prévient ainsi la formation de biofilm bactérien.

➤ En plus, son action énergétique profite les cellules jeunes, en favorisant notamment la multiplication cellulaire (**Petit, 2012**).

➤ L'eau oxygénée joue un rôle antiseptique et cicatrisant important. En effet, le  $H_2O_2$ , au contact des tissus et du sang se décompose en eau et en oxygène créant ainsi une "micro-effervescence" et un nettoyage mécanique de la plaie (détersion). De plus, l'eau oxygénée favorise l'angiogenèse et la prolifération des fibroblastes et des cellules épithéliales qui participeront à la réparation tissulaire (**Couquet *et al.*, 2013**).

➤ Le miel induit également la synthèse de collagène et favorise la formation du tissu de granulation (**Desmoulière, 2013**).

➤ L'acidification de la plaie améliore son oxygénation et inhibe l'activité d'une protéase qui ralentit la guérison en détruisant des facteurs de croissance.

➤ Les saccharides à la surface de la plaie empêchent la formation anarchique de fibres de collagène en encourageant la production de l'acide hyaluronique (**Irlande, 2010**).

➤ Le miel élimine rapidement les mauvaises odeurs, en partie par son action antibactérienne, mais aussi par le fait que les bactéries utilisent les glucides qu'il apporte. Ceci aboutit à la formation d'acide lactique à la place d'ammoniac et de composés soufrés.

Tous ces mécanismes activent de façon favorable la cicatrisation et font du miel un pansement bioactif dont l'efficacité ne doit pas être ignorée (**Couquet et al., 2013**).

#### **I.2.3.4- Activité anti-ulcère**

Les ulcères gastriques ont été évalués en tant qu'une des maladies les plus communes affectant l'homme en général et les jeunes en particulier (**Voidarou et al., 2011**).

L'utilisation du miel dans le traitement des maladies gastro-intestinales telles que les ulcères gastriques est essentiellement due à l'activité antibactérienne du miel et aussi à ses propriétés antioxydantes (les flavonoïdes). Le miel possède également des propriétés anti-inflammatoires (**Gharzouli et al., 2002; Almasaudi et al., 2016**).

- *Helicobacter pylori*, une bactérie bacille Gram négatif, est un agent ulcérogène principal, colonise la muqueuse gastrique, modifie la sécrétion acide et lyse la barrière de défense muqueuse. La quercétine présente dans le miel empêche la croissance de ces bacilles (**Gharzouli et al., 2002**).

- Les radicaux libres jouent un rôle important dans l'induction des lésions gastriques. Grâce aux antioxydants présents dans le miel (composés phénoliques, vitamine C, catalase, etc), les effets nuisibles des espèces réactives de l'oxygène sur l'estomac sont diminués en réparant la paroi gastrique et en stimulant la croissance de nouveaux tissus (**Voidarou et al., 2011; Ganash et al., 2014**). Une nette réduction de l'étendue des lésions hémorragiques des muqueuses gastriques a été évaluée par **Gharzouli et al. (2002)** dans une étude sur le potentiel gastro-protecteur de différents miels.

- Par sa richesse en saccharides, le miel augmente la capacité des cellules hépatiques pour la croissance et le renouvellement (**Ganash et al., 2014**).

- L'acide arachidonique, un constituant de miel, est un précurseur de prostaglandines. L'augmentation de ces substances stimulent le mucus et la production de bicarbonate, ce qui augmente l'effet cytoprotecteur du miel sur la muqueuse gastrique (**Alagwu et al., 2011**).

Dans des expériences réalisées sur des rats, il a été démontré que la quercétine, la naringénine et le kaempférol jouent un rôle important dans la réduction de l'ulcère et la protection des cellules gastriques. Il a été suggéré que la quercétine exerce ses effets cytoprotecteurs grâce à un complexe impliquant la stimulation des prostaglandines et l'inhibition de la production des leucotriènes via la production de mucus et le piégeage des radicaux libres (**Di Carlo et al., 1999**).

*CHAPITRE II:*

*MATÉRIEL*

*ET*

*METHODES*

## II.1- ÉCHANTILLONS DE MIEL

Dix sept échantillons de miel sont récoltés dans différentes régions de Bejaïa et les trois autres proviennent d'Alger, Annaba et Bordj Bou Arreridj. Ils sont collectés en 2015 auprès des apiculteurs (tableau I).

**Tableau I:** Échantillons de miel analysés (région, état, couleur).

Miels	Région	État	Couleur
M1	Adekar (Bejaia)	Liquide	Marron claire
M2	Amizour (Bejaia)	Fluide	Brun
M3	Akbou 1 (Bejaia)	Semi-cristallisé	Marron claire
M4	Akbou 2 (Bejaia)	Semi-cristallisé	Marron claire
M5	Beni ksila (Bejaia)	Fluide	Brun
M6	Beni maouche (Bejaia)	Liquide	Marron foncé
M7	Boukhiana (Bejaia)	Semi-cristallisé	Jaune / Marron claire
M8	Draa elgaid (Bejaia)	Liquide	Marron claire
M9	Laalam (Bejaia)	Fluide	Marron claire
M10	Les oliviers (Bejaia)	Fluide	Brun
M11	Melbou (Bejaia)	Fluide	Marron foncé
M12	Mellala (Bejaia)	Semi-cristallisé	Marron foncé
M13	Ouhamam (Bejaia)	Liquide	Marron claire
M14	Seddouk (Bejaia)	Liquide	Marron foncé
M15	Skala (Bejaia)	Semi-cristallisé	Marron foncé
M16	Tazmalt (Bejaia)	Liquide	Jaune
M17	Toudja (Bejaia)	Cristallisé	Marron
M18	Alger	Cristallisé	Jaune
M19	Annaba	Semi-cristallisé	Marron claire
M20	Bordj Bou Arreridj	Fluide	Jaune / Marron claire

## II.2- MÉLISSOPALYNOLOGIE

Pour déterminer l'origine florale des miels, l'analyse pollinique est faite en suivant la méthode décrite par **Louveaux *et al.* (1978)**. Une solution de miel de 25 % est centrifugée à 4500 tours / min pendant 10 min. Le surnageant est écarté et après l'ajout de 10 ml de l'eau distillée, le culot est soumis à une deuxième centrifugation dans les mêmes conditions. Une goutte de la fushine gélatinée liquide est déposée sur une lame recouverte avec 100 µl du culot séché. La lecture est faite avec un microscope photonique (OPTIKA) avec l'objectif (x40) en se référant à une banque de données numériques et bibliographiques du CETAM (Centre d'Etudes Techniques Apicoles de Moselle, France).

## II.3- ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

Les analyses physico-chimiques des échantillons de miel (humidité, brix, pH, conductivité électrique, pouvoir rotatoire, couleur, proline et hydroxy-méthyl-furfural) sont réalisées sur la base des protocoles décrits par plusieurs auteurs.

### II.3.1- Humidité et brix

La mesure optique de l'indice de réfraction des échantillons détermine la teneur en eau du miel en se référant à la table de CHATAWAY, selon la méthode rapportée par **Bogdanov *et al.* (1999)**.

Une goutte de miel liquide est étalée sur la surface du prisme du réfractomètre Abbe (ABBE AR 12 S/N 32624), préalablement étalonné avec de l'eau distillée. L'indice de réfraction ainsi que le pourcentage de brix sont lus sur une échelle graduée à travers l'oculaire du réfractomètre après l'avoir régler de telle sorte que la ligne horizontale de partage entre une zone claire et une zone obscure soit au milieu d'une croix. La teneur en eau est obtenue par correspondance à la table de CHATWAY (annexe I).

### II.3.2- Potentiel d'Hydrogène (pH)

Le pH est déterminé selon la méthode décrite par **Bogdanov *et al.* (1999)**. Une quantité de 2,5 g de miel est dissoute dans 25 ml d'eau distillée et les résultats sont donnés par le pH-mètre (HANNA pH 213Microprocessor), préalablement étalonné avec des solutions étalon pH = 7 puis pH = 4, qui se stabilisera à la valeur de pH correspondante à celle de la solution de miel à 10 %.

### II.3.3- Conductivité électrique

La mesure de la conductivité électrique est faite sur des solutions de miel contenant 20 % de la matière sèche à 20 °C selon la méthode de **Bogdanov et al. (1997)**.

Une quantité de miel M, avec  $M = (5 \times 100) / MS$  (où MS est la teneur en matière sèche de miel), est dissoute dans 25 ml de l'eau distillé de très faible conductivité. La valeur de la conductivité électrique est donnée par un conductimètre (EUTECH INSTRUMENTS con 510) et les résultats sont exprimés en mS / cm.

$$CE \text{ (milli-Siemens / cm)} = \text{valeur mesurée} - A$$

CE: Conductivité électrique.

A: (la valeur mesuré x 0,032) x (T° - 20 °C).

T°: Température ambiante de la mesure (dans notre cas elle varie entre 16 et 18 °C).

0,032: Facteur de correction.

### II.3.4- Couleur

La couleur des miels est déterminée selon la méthode décrite par **Bath et Singh (1999)**. Une masse de 1 g de miel est dissoute dans 4 ml d'eau distillée. Après homogénéisation, la densité optique est lue avec le spectrophotomètre (SpectroScan 50V UV-VIS spectrophotometre) à 450 nm et à 720 nm. L'intensité de la coloration est donnée par:

$$\text{Couleur} = \text{Abs}_{450} - \text{Abs}_{720}$$

Abs<sub>450</sub>: Absorbance à 450 nm.

Abs<sub>720</sub>: Absorbance à 720 nm.

### II.3.5- Hydroxy-méthyl-furfural (HMF)

**Bogdanov et al. (1997)** ont mis en évidence une méthode pour la détermination de taux de l'HMF. Elle consiste à dissoudre une masse de 5 g de miel dans une quantité de l'eau distillée avec l'addition d'un volume de 1 ml de Carrez I (solution d'hexacyanoferrate de potassium à 15 %) et 1 ml de solution de carrez II (solution d'acétate de zinc à 30 %). Après homogénéisation, le mélange est ajusté à 50 ml avec de l'eau distillée et après repos, la solution est filtrée et les 10 premiers ml sont écartés.

Une série de quatre tubes à essais sont remplis avec 5 ml de filtrat. Un volume de 5 ml de l'eau distillée est introduit dans trois tubes, le quatrième qui représente le blanc renferme 5 ml de la solution sodium bisulfite 0,2 %.

Après homogénéisation, l'absorbance est lue dans l'UV à 284 nm et à 336 nm et la teneur en HMF est donnée par l'équation suivante:

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

A<sub>284</sub>: absorbance à 284 nm.

A<sub>336</sub>: absorbance à 336 nm.

W: masse en gramme de l'échantillon de miel.

149,7: constante.

### II.3.6- Pouvoir rotatoire

Le pouvoir rotatoire est lié à la composition en glucides, il est déterminé selon la méthode de **Bogdanov et al. (1997)**. C'est une méthode basée sur la mesure directe par un polarimètre d'une solution aqueuse de miel. Une quantité de 12 g de miel est dissoute dans de l'eau distillée et un volume de 2 ml de la solution de Carrez I (hexacyanoferrate de potassium 15 %) et 2 ml de la solution de Carrez II (acétate de zinc 30 %) y sont ajoutés. Le volume est ajusté à 100 ml avec de l'eau distillée. Après 24 h, le filtrat obtenu est versé dans un polarimètre. La valeur affichée sur l'appareil à 20 °C est la valeur du pouvoir rotatoire.

### II.3.7- Protéines

Les protéines du miel sont déterminées par la méthode de **Bradford (1976)**. Cette méthode colorimétrique nécessite l'utilisation de 5 ml de la solution de Bradford qui sont ajoutés à 100 µl de la solution de miel à 50 % (annexe 9). Après 2 min, le bleu de coomassie G250 de couleur vert foncé se fixe aux groupements  $\text{NH}_3^+$  des protéines en donnant une couleur bleue et l'absorbance est lue à 595 nm. Les résultats sont exprimés en mg équivalent de sérum d'albumine bovine (BSA) / 100 g de miel en se référant à la courbe d'étalonnage avec la BSA (figure 01, annexe II).

### II.3.8- Proline

Pour le dosage de la proline, des tubes à essais contiennent 500 µl d'échantillon de miel (5 %) dont 1 ml d'acide formique et 1 ml de la ninhydrine éthanolique (3 %) y sont additionnés (tubes échantillons). Les tubes standards renferment 500 µl de la solution de proline. Après 15 min d'agitation et de chauffage des solutions préparées à 100 °C, ils sont transférés à 75 °C pendant 10 min. 5 ml de 2-propanol (50 %) y sont ajoutés et la lecture des absorbances se fait à 510 nm après 45 min d'incubation à l'obscurité (**Bogdanov et al., 1997**). Les concentrations en proline sont déterminées selon l'équation suivante:

$$\text{Proline (mg / kg)} = (\text{Es} \times \text{E1} \times 80) / (\text{Ea} \times \text{E2})$$

Es: Absorbance de la solution d'échantillon. E1: mg de proline pour la solution standard.  
Ea: Absorbance de la solution standard de la proline. E2: Quantité prise du miel en kg.  
80: Facteur de dilution.

## II.4- DOSAGES PHYTO-CHIMIQUES

### II.4.1- Composés phénoliques totaux

Selon le protocole de dosage des polyphénols totaux de **Naithani *et al.* (2006)**, 100 µl de réactif de Folin-Ciocalteu 50 % et 2 ml de carbonate de sodium ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 2 %) sont ajoutés à un volume de 100 µl d'une solution de miel à 10 %. Après 30 min à l'obscurité, l'absorbance est lue à 750 nm et les taux en composés phénoliques sont déterminés en se référant à la courbe d'étalonnage réalisée avec l'acide gallique (figure 02, annexe II). Les résultats sont exprimés en mg équivalent d'acide gallique par 100 g de miel (mg EAG / 100 g).

Dans cette méthode colorimétrique, les composés phénoliques réagissent avec l'acide phosphotungestique ( $\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$ ) et l'acide phosphomolybdique ( $\text{H}_3\text{PMo}_{12}\text{O}_4$ ) de réactif de Folin-Ciocalteu qui seront réduits lors de l'oxydation des phénols en oxydes bleus de tungstène ( $\text{W}_8\text{O}_{23}$ ) et de molybdène ( $\text{Mo}_8\text{O}_3$ ) (**Ribéreau-Gayon *et al.*, 1982**).

### II.4.2- Flavonoïdes

**La Directive du Conseil de l'Union Européenne (2002)** a décrit une méthode colorimétrique de dosage des flavonoïdes. Elle consiste à mélanger 1 ml de la solution de miel 5 % diluée avec 4 ml de l'eau distillée suivis de 0,3 ml de la solution de nitrite de sodium ( $\text{NaNO}_2$ , 5 %). Après 5 min, un volume de 0,3 ml de trichlorure d'aluminium ( $\text{AlCl}_3$ , 10 %) est additionné. 6 min plus tard, 2 ml de la soude ( $\text{NaOH}$ , 4 %) y sont ajoutés. L'absorbance du mélange est lue à 510 nm. La teneur en flavonoïdes totaux des miels étudiés est exprimée en mg équivalent de catéchine par 100 g de miel (mg EC / 100g) (figure 03, annexe II).

Le chlorure d'aluminium forme des complexes jaunâtres avec les atomes d'oxygènes présents sur les carbones 4 et 5 des flavonoïdes (**Ribéreau-Gayon, 1982**).

### II.4.3- Caroténoïdes

Le dosage des caroténoïdes est effectué selon le protocole de **Sass-Kiss *et al.* (2005)**. Pour cela, 5 g de miel pur sont additionnés à 20 ml du mélange: hexane, acétone et éthanol avec un rapport 2 / 1 / 1. Après 2 heures d'agitation, la couche hexanique (en surface) où se trouvent les caroténoïdes est récupérée.

La lecture des absorbances se fait à 450 nm après la soustraction de l'absorbance de l'hexane qui présente le blanc. Les concentrations en caroténoïdes sont exprimées en mg équivalent de  $\beta$ -carotène par 100 g de miel (mg E $\beta$ -carotène / 100 g) (figure 04, annexe II).

## II.5- ÉTUDE DE L'ACTIVITÉ ANTIOXYDANTE

### II.5.1- Pouvoir réducteur

Le pouvoir réducteur de certains composés peut servir d'indicateur significatif de l'activité antioxydante. En présence de ferricyanure de potassium [ $K_3Fe(CN)_6$ ], les antioxydants réduisent le  $Fe^{3+}$  en fer ferreux  $Fe^{2+}$ . La forme réduite donne une couleur verte dont l'intensité est proportionnelle au pouvoir réducteur (**Canadanovic-Brunet *et al.*, 2014**).

L'étude du pouvoir réducteur de miel est effectuée en employant la méthode rapportée par **Beretta *et al.* (2005)**. 0,5 ml de miel (5 %) est mélangé avec 0,5 ml de tampon phosphate (0,2 M, pH 6,6) et 0,5 ml de ferricyanure de potassium (1 %). 0,5 ml de trichloracétique (10 %) sont ajoutés au mélange après son incubation durant 20 min au bain marie à 50 °C. Après l'arrêt de la réaction, 0,1 ml de chlorure ferrique (0,1 %) sont ajoutés à 0,5 ml du mélange dilué avec 0,8 ml d'eau distillée. Après 10 min, l'absorbance est lue à 700 nm et les résultats sont exprimés en mg équivalent d'acide gallique par 100 g de miel (mg EAG / 100 g) (figure 05, annexe II).

### II.5.2- Activités antiradicalaires

#### II.5.2.1- Par le DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl)

La délocalisation d'un électron célibataire de DPPH, radical libre stable, donne une couleur violette. L'intensité de cette couleur diminue lorsque le DPPH est réduit en présence d'une substance qui peut donner un atome d'hydrogène (**Molyneux, 2004**).

Le test de réduction de DPPH par les antioxydants présents dans le miel est effectué par la méthode décrite par **Meda *et al.* (2005)**. Un volume de 1ml de la solution éthanolique de DPPH ( $6,10^{-2}$  mM) est ajouté à 500  $\mu$ l de la solution aqueuse de miel (2,5 %). L'absorbance est lue à 517 nm après 15 min d'incubation. Le pourcentage de réduction est donné selon la formule suivante:

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

Abs<sub>c</sub>: absorbance du contrôle (1 ml de solution DPPH + 0,5 ml d'éthanol).

Abs<sub>e</sub>: absorbance de l'échantillon.

### II.5.2.2- Par l'ABTS

C'est la méthode colorimétrique la plus répandue pour l'évaluation de la capacité antioxydante. la couleur bleu-vert d'ABTS est due à la formation des radicaux libres ABTS<sup>•+</sup> après l'ajout du persulfate de potassium à la solution incolore d'ABTS qui ne contient pas de radicaux libres. La présence des donneurs d'électrons réduit le radical ABTS<sup>•+</sup> en un radical ABTS incolore d'où la décoloration de la solution (Erel, 2004).

Le test d'ABTS est effectué suivant la méthode rapportée par **Re et al. (1999)**. Un volume de 1 ml de la solution ABTS (7 mM) est ajouté à 0,1 ml de la solution aqueuse de miel (2,5 %) (annexe VII). 7 min après, l'absorbance est lue à 734 nm. Le pourcentage de réduction est donné selon la formule suivante :

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

**Abs<sub>c</sub>**: Absorbance du contrôle (1 ml de solution d'ABTS + 0,5 ml d'éthanol).

**Abs<sub>e</sub>**: Absorbance de l'échantillon.

### II.5.2.3- Test de FRAP

Le test de FRAP est l'une des analyses les plus largement citées pour évaluer la capacité antioxydante. En présence des antioxydants, le complexe ferrique 2,4,6-tripyridyl-1,3,5-striazine (Fe<sup>3+</sup>-TPTZ) est réduit en sa forme ferreux (Fe<sup>2+</sup>-TPTZ). La réaction de Fe<sup>2+</sup> avec le TPTZ forme une couleur bleu-violet avec un maximum d'absorbance à 593 nm (**Alvarez-Suarez et al., 2010**).

Un volume de 750 µl de la solution de FRAP est mélangé avec 500 µl de la solution de miel (0,025 g / ml) (annexe VII). L'absorbance est lue à 593 nm après incubation pendant 5 min à 37 °C. Les résultats sont exprimés en mg EAG / 100 g (figure 06, annexe II).

## II.6- ACTIVITÉ ANTIBACTERIENNE

Les échantillons de miel sont examinés pour leur activité antibactérienne, selon la méthode de diffusion à travers des puits (**Brudzynski et al., 2012**), sur deux souches bactériennes de référence (*Staphylococcus aureus* résistant à la Méthicilline ATCC 103811, Gram positif et *Escherichia coli* ATCC 25922, Gram négatif). Ces souches sont sélectionnées en fonction de leur pouvoir pathogène et leur résistance naturelle aux antibiotiques.

Afin d'obtenir une culture jeune et des colonies isolées, les différentes souches bactériennes sont repiquées par la méthode des stries, puis incubées à 37 °C pendant 18 à 24 heures. Les cultures obtenues servent par la suite à préparer l'inoculum en les trempant dans des tubes de solution d'eau physiologique stérile (0,9 %) afin d'avoir une absorbance dans

l'intervalle [0,250 - 0,300] à 630 nm, qui correspond à une densité cellulaire initiale d'environ  $10^8$  CFU / ml en se référant à une solution de Mcfarlon (annexe VII).

Des boîtes de Petri contenant de la gélose Muller-Hinton sontensemencées par écouvillonnage avec la suspension bactérienne préparée. À l'aide d'un emporte-pièce stérile, des puits équidistants d'environ 0,8 mm de diamètre sont effectués dans la gélose. Chaque puit reçoit 100 µl de miel. Après 1h de diffusion à  $-4$  °C, les boîtes de Pétri sont incubées à 37 °C pendant 18 à 24 h. La présence d'une zone d'inhibition (la non croissance des bactéries) est observée et mesurée. L'interprétation des zones d'inhibition se fait selon une comparaison avec celle de témoin négatif fait avec de l'eau distillée stérile et un autre positif fait avec des disques d'antibiotiques (VANCOMYCINE pour *S. aureus* et CAZ pour *E. coli*). Ce test est effectué à six reprises avec chaque échantillon de miel et avec les deux souches.

## II.7- ÉTUDE DE L'EFFET GASTROPROTECTEUR

### II.7.1- Induction de l'ulcère gastrique par le mélange HCl / Ethanol

L'évaluation de l'effet gastro-protecteur du miel sur des souris est déterminée en se basant sur la méthode décrite par **Hara et Okabe (1985)** sur le miel M20 choisi selon ses meilleures activités antioxydante et antibactérienne. Le mélange d'acide chlorhydrique à (3 %) et d'éthanol à (60 %) (50 : 50, v / v) a servi comme un agent ulcérogène (administration intra-gastrique).

Pour cela, 07 lots de souris albinos NMRI (Naval Medical Research Institute) mâles dont le poids corporel varie entre 25 et 32 g sont formés (n = 6) et marqués avant l'administration intra-gastrique des différents traitements. Ces souris sont mises sous des conditions adéquates (température ambiante (25 - 27 °C), cycle de lumière de 12 heures par jour et accès libre à l'eau et à l'alimentation de type bouchon). Afin d'avoir des estomacs vides, ces souris sont privées de nourriture et d'eau 12 heures et 1 heure, respectivement, avant les différents traitements.

Le groupe contrôle négatif (G-) a reçu l'eau physiologique (NaCl 0,9 %), le groupe contrôle positif (G+) a reçu l'Oméprazole (20 mg / kg), les groupes test (G1), (G2) et (G3) ont reçu des solutions aqueuses du miel à des concentrations de 25, 50 et 100 mg / ml / kg, respectivement, suivi de l'administration de la solution HCl / Ethanol (10 ml / kg) (Tableau II).

Pour écarter tout doute de gastrotoxicité du miel et de l'eau physiologique, 02 lots sont sacrifiés en administrant aux souris la solution du miel (100 mg / ml / Kg) et l'eau physiologique, respectivement.

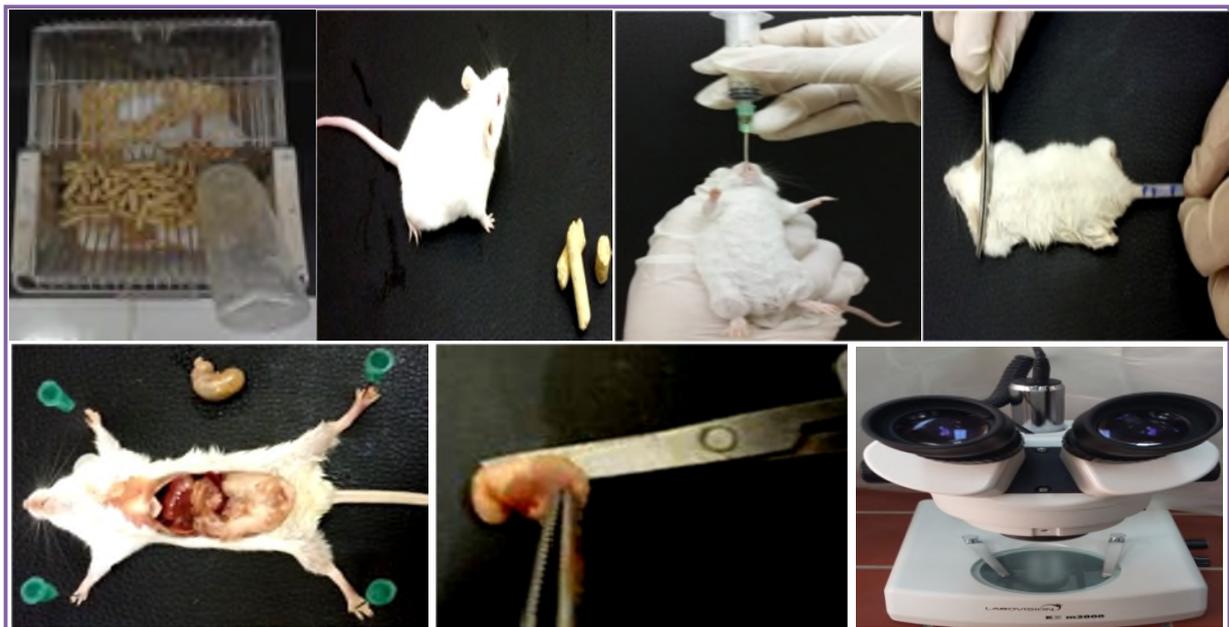
**Tableau II:** Répartition des différents lots selon le type du traitement administré.

Type de traitement	Contrôle négatif (G-)	Contrôle positif (G+)	Test 25 (G1)	Test 50 (G2)	Test 100 (G3)
Eau physiologique	+	-	-	-	-
Oméprazole	-	+	-	-	-
Solution du miel	-	-	+	+	+
<b>1 heure après</b>					
HCL / Ethanol	+	+	+	+	+
<b>1 heure après</b>					
<b>Sacrifice et récupération des estomacs</b>					

### II.7.2- Sacrifice des souris et récupération des estomacs

Une heure après les derniers traitements administrés, les souris sont soumises à une dislocation cervicale sous anesthésie au chloroforme afin de les sacrifier.

Les estomacs sont prélevés suite à une dissection ventro-médiane, puis sont ouverts selon la grande courbure, lavés avec de l'eau physiologique et enfin étalés et observés à l'œil nu et à l'aide d'une loupe binoculaire à un agrandissement de x0,8. La figure 3 montre les différentes étapes de l'expérimentation.

**Figure 3:** Photographies des étapes de l'étude anti-ulcère.

### II.7.3- Méthode de calcul des pourcentages d'ulcération

À l'aide de logiciel ImageJ, le pourcentage d'ulcération est mesuré en analysant la surface totale de chaque estomac, ainsi que celles des lésions selon l'équation donnée par **Nasuti *et al.* (2006)**.

$$\% \text{ ulcération} = (\text{Surface totale des lésions} / \text{Surface totale de l'estomac}) \times 100$$

Par contre, le pourcentage d'inhibition de l'ulcère pour chaque groupe traité est calculé selon la formule suivante:

$$\% \text{ inhibition} = ((US_c - US_t) / US_c) \times 100$$

US<sub>c</sub>: Surface ulcérée du contrôle.

US<sub>t</sub>: Surface ulcérée du test.

### II.8- Analyse statistique

Tous les résultats obtenus sont la moyenne de 3 essais à l'exception de l'humidité et du pouvoir rotatoire (2 essais). Le programme Microsoft Office Excel 2007 est utilisé pour calculer les moyennes et les écarts types.

Le logiciel STATISTICA 5.5 est utilisé pour l'étude de la variance à un seul critère de classification entre les différents échantillons de miel. Les corrélations entre les différents paramètres étudiés sont calculées avec statistique élémentaire en utilisant la matrice de corrélation. Les résultats sont classés par ordre décroissant a > b > c > d > e > f > g > h > i > j.

Les résultats obtenus dans l'étude de l'effet gastroprotecteur de miel sont statistiquement évalués par le logiciel Graph Pad Prism 5. Pour comparer les valeurs des groupes traités aux valeurs du groupe contrôle, le test de Dunnett est utilisé; le test de Tukey est fait pour comparer les valeurs entre elles avec des significations statistiques différentes.

*CHAPITRE III:*

*RESULTATS*

*ET*

*DISCUSSION*

### III.1- ANALYSES POLLINIQUES

La palynologie, étude qualitative et quantitative pour obtenir une caractérisation plus robuste des miels, est intensivement employée pour déterminer les origines géographiques et botaniques des miels. Elle est également employée pour évaluer les corrélations avec les paramètres climatiques (**Makhloufi et al., 2010**).

Les classes de fréquence des grains de pollen sont données comme pollen prédominant (> 45 %), pollen secondaire (16 - 45 %), pollen mineur important (3 - 15 %) et pollen mineur d'occurrence (1 - 3 %) (**Ouchemoukh et al., 2007; Makhloufi et al., 2010**).

Les résultats des analyses polliniques, récapitulés dans le tableau III, montrent que le pollen dominant est trouvé dans 8 échantillons de miel (miels monofloraux): M1, M3, M4 et M11 (*Fabaceae*); M7, M19 et M20 (*Echium*); M18 (*Myrtaceae*), ce qui reflète la diversité florale. Plusieurs autres études ont révélé l'existence des miels monofloraux dans le nord Algérien (**Ouchemoukh et al., 2007; Makhloufi et al., 2010**).

Les miels M19 et M20 d'*Echium* ne présentent que quelques pollens mineurs, cela est due à leur richesse en pollen dominant d'*Echium*, la même explication est donnée pour les miels M1, M3 et M4 de *Fabaceae*.

La méliissopalynologie révèle aussi l'existence de 12 miels polyfloraux (M2, M5, M6, M8, M9, M10, M12, M13, M14, M15, M16 et M17). Ces miels renferment des pollens d'accompagnement dont *Fabaceae* est présent dans tous les miels excepté le M10 qui renferme les pollens de *Myrtaceae* et d'*Echium*.

Tous les miels analysés présentent des pollens provenant de la famille botanique *Fabaceae*, ceci confirme la richesse de la région en cette famille de plantes.

Les résultats de l'analyse pollinique des miels Turcs rapportés par **Can et al. (2015)** montrent une importante diversité florale. Plusieurs autres grains de pollen sont absents dans les miels analysés, comme *Hypoestes* qui est présent dans les miels du l'Ethiopie rapporté par **Belay et al. (2015)** ce qui confirme l'origine botanique et géographique.

La richesse du miel en pollen dépend essentiellement des conditions climatiques, du rapport plante-abeille, de la disponibilité et le diamètre du pollen, de la force de la colonie d'abeilles, de la localisation de la ruche, de la saison et du mode d'extraction du miel (**Makhloufi et al., 2010**).

Tableau III: Spectres polliniques et pourcentages de pollens des miels analysés.

Miels	Origine botanique	Pollens dominants	Pollens d'accompagnements (%)	Pollens minoritaires (%)	Pollens très minoritaires ou Isolés
M02	Polyfloraux	Absence	<i>Apiaceae 22, Fabaceae 21, Rhamnaceae 15, Cystaceae 15.</i>	<i>Ericaceae 10, Astéraceae 6, Myrtaceae 4.</i>	<i>Liliaceae, Poaceae Echimium, Rosaceae, Autres.</i>
M05			<i>Fabaceae 35, Rhamnaceae 18.</i>	<i>Citrus 8, Myrtaceae 7, Brassicaceae 4, Tiliaceae 4.</i>	<i>Poaceae, Plantaginaceae, Echimium Apiaceae, Liliaceae, Astéraceae, Rosaceae, Ericaceae, Autres</i>
M06			<i>Fabaceae 30, Rhamnaceae 21.</i>	<i>Rutaceae 8, Tiliaceae 7, Cistaceae 5, Rutaceae 4.</i>	<i>Astéraceae, Plantaginaceae, Brassicaceae Lamiaceae, Oleaceae Myrtaceae, Echimium Autres.</i>
M08			<i>Myrtaceae 22, Apiaceae 20, Fabaceae 19.</i>	<i>Rhamnaceae 14, Echimium 5.</i>	<i>Rosaceae, Echimium, Lamiaceae, Astéraceae, Tiliaceae, Poaceae, Papaviraceae, Autres.</i>
M09			<i>Fabaceae 26, Astéraceae 20, Rhamnaceae 15.</i>	<i>Rosaceae 8, Apiaceae 8, Ericaceae 5.</i>	<i>Oleaceae, Myrtaceae, Cistaceae Poaceae, Tiliaceae, Lamiaceae Echimium, Oleaceae, Autres.</i>
M10			<i>Myrtaceae 38, Echimium 20.</i>	<i>Fabaceae 10, Poaceae 10, Rhamnaceae 5.</i>	<i>Liliaceae, Lamiaceae, Apiaceae Astéraceae, Tiliaceae Plantaginaceae, Autres.</i>
M12			<i>Ericaceae 23, Fabaceae 16, Rhamnaceae 16.</i>	<i>Tiliaceae 7, Myrtaceae 7 Astéraceae 7, Lamiaceae 5.</i>	<i>Echimium, Oleaceae, Rosaceae Brassicaceae, Autres.</i>
M13			<i>Fabaceae 21, Echimium 18.</i>	<i>Myrtaceae 12, Astéraceae 9, Tiliaceae 7, Fagaceae 6, Rosaceae 4, Rhamnaceae 4.</i>	<i>Chénopodium, Oléaceae Poaceae, Autres.</i>
M14			<i>Fabaceae 30.</i>	<i>Rhamnaceae 12, Ericaceae 8, Rosaceae 7, Astéraceae 7, Oleaceae 5, Myrtaceae 5.</i>	<i>Echimium, Brassicaceae, Poaceae, Lamiaceae, Citrus Apiaceae, Liliaceae, Tiliaceae, Autres.</i>

<b>M15</b>			<i>Myrtaceae</i> 36, <i>Fabaceae</i> 25 <i>Rhamnaceae</i> 20.	<i>Apiaceae</i> 6, <i>Echium</i> 4, <i>Astéraceae</i> 4.	<i>Mimosaceae</i> , <i>Ericaceae</i> .
<b>M16</b>			<i>Echium</i> 30, <i>Fabaceae</i> 26.	<i>Rhamnaceae</i> 10, <i>Poaceae</i> 7, <i>Plantaginaceae</i> 7, <i>Oleaceae</i> 6, <i>Myrtaceae</i> 4, <i>Tiliaceae</i> 4.	<i>Rosaceae</i> , <i>Astéraceae</i> <i>Citrus</i> , <i>Ericaceae</i> .
<b>M17</b>			<i>Fabaceae</i> 26.	<i>Oléaceae</i> 11,54, <i>Poaceae</i> 9, 62, <i>Apiaceae</i> 5,78, <i>Chénopodium</i> 5,78, <i>Echium</i> 7,69.	<i>Plantaginaceae</i> , <i>Lamiaceae</i> , <i>Plantaginaceae</i> , <i>Rhamnaceae</i> , <i>Liliaceae</i> , <i>Ericaceae</i> , <i>Autres</i> .
<b>M01</b>	<i>Fabaceae</i>	<i>Fabaceae</i> 47%		<i>Myrtaceae</i> 8,33, <i>Astéraceae</i> 5,55, <i>Rhamnaceae</i> 5,55, <i>Echium</i> 5,55.	<i>Citrus</i> , <i>Tiliaceae</i> <i>Poaceae</i> , <i>Chénopodium</i> <i>Autres</i> .
<b>M03</b>		<i>Fabaceae</i> 50%		<i>Rhamnaceae</i> 10, <i>Myrtaceae</i> 5, <i>Astéraceae</i> 4, <i>Brassicaceae</i> 4, <i>Liliaceae</i> 3, <i>Echium</i> 3.	<i>Poaceae</i> , <i>Rosaceae</i> , <i>Cistaceae</i> <i>Apiaceae</i> , <i>Chénopodium</i> , <i>Oleaceae</i> <i>Plantaginaceae</i> , <i>Autres</i>
<b>M04</b>		<i>Fabaceae</i> 45%		<i>Brassicaceae</i> 12, <i>Oleaceae</i> 5, <i>Plantaginaceae</i> 7, <i>Echium</i> 4, <i>Poaceae</i> 3, <i>Rosaceae</i> 3, <i>Lamiaceae</i> 3.	<i>Rhamnaceae</i> , <i>Astéraceae</i> <i>Chénopodium</i> , <i>Apiaceae</i> <i>Myrtaceae</i> , <i>Cistaceae</i> , <i>Fagaceae</i> , <i>Ericaceae</i> .
<b>M11</b>		<i>Fabaceae</i> 45%	<i>Rhamnaceae</i> 19, <i>Poaceae</i> 17.	<i>Astéraceae</i> 5, <i>Apiaceae</i> 4.	<i>Rosaceae</i> , <i>Ericaceae</i> , <i>Cistaceae</i> <i>Myrtaceae</i> , <i>Tiliaceae</i> , <i>Echium</i> .
<b>M18</b>		<i>Myrtaceae</i>	<i>Myrtaceae</i> 45%	<i>Rhamnaceae</i> 35, <i>Fabaceae</i> 4.	
<b>M07</b>	<i>Echium</i>	<i>Echium</i> 46%	<i>Rhamnaceae</i> 25, <i>Astéraceae</i> 13, <i>Fabaceae</i> 6.		<i>Myrtaceae</i> , <i>Apiaceae</i> , <i>Liliaceae</i> <i>Poaceae</i> , <i>Ericaceae</i> , <i>Rosaceae</i> <i>Plantaginaceae</i> .
<b>M19</b>		<i>Echium</i> 85%		<i>Apiaceae</i> 5, <i>Fabaceae</i> 4, <i>Oleaceae</i> 4.	<i>Astéraceae</i> , <i>Oleaceae</i> .
<b>M20</b>		<i>Echium</i> 66%		<i>Fabaceae</i> 14, <i>Rhamnaceae</i> 4, <i>Chénopodium</i> 4.	<i>Ericaceae</i> , <i>Myrtaceae</i> , <i>Rutaceae</i> <i>Astéraceae</i> , <i>Autres</i> .

## III.2- ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

Les résultats des analyses physico-chimiques des échantillons de miel étudiés sont présentés dans le tableau suivant:

**Tableau IV:** Résultats des analyses physico-chimiques des miels étudiés.

Miels	Humidité (%)	pH	Brix (%)	CE (mS / cm)	Couleur	Protéines (mg EBSA / 100 g)	Proline (mg / kg)	HMF (mg / kg)	
Miels polyfloraux	M02	15,48 <sup>e</sup>	4,33 <sup>a</sup>	88,90 <sup>a</sup>	1,91 <sup>c</sup>	0,62 <sup>c</sup>	108,71 <sup>b</sup>	795,46 <sup>b</sup>	38,17 <sup>c</sup>
	M05	15,64 <sup>cd</sup>	4,14 <sup>d</sup>	83,45 <sup>c</sup>	1,10 <sup>g</sup>	0,61 <sup>c</sup>	67,85 <sup>e</sup>	204,88 <sup>i</sup>	14,47 <sup>i</sup>
	M06	16,44 <sup>bcd</sup>	4,17 <sup>c</sup>	82,50 <sup>ef</sup>	0,77 <sup>j</sup>	0,38 <sup>f</sup>	58,28 <sup>g</sup>	266,14 <sup>g</sup>	42,22 <sup>b</sup>
	M08	14,72 <sup>a</sup>	2,23 <sup>b</sup>	81,85 <sup>fg</sup>	1,11 <sup>fg</sup>	0,41 <sup>f</sup>	71,34 <sup>d</sup>	498,06 <sup>a</sup>	8,63 <sup>j</sup>
	M09	13,82 <sup>bcd</sup>	3,94 <sup>g</sup>	83,45 <sup>bc</sup>	0,50 <sup>k</sup>	0,40 <sup>f</sup>	52,62 <sup>hi</sup>	882,48 <sup>hi</sup>	19,16 <sup>g</sup>
	M10	15,94 <sup>de</sup>	4,12 <sup>d</sup>	84,35 <sup>b</sup>	0,90 <sup>i</sup>	0,57 <sup>d</sup>	61,69 <sup>f</sup>	216,71 <sup>g</sup>	5,64 <sup>k</sup>
	M12	14,58 <sup>ab</sup>	4,39 <sup>a</sup>	82,30 <sup>ef</sup>	2,52 <sup>a</sup>	0,85 <sup>a</sup>	112,46 <sup>a</sup>	696,61 <sup>c</sup>	20,36 <sup>f</sup>
	M13	16,13 <sup>cd</sup>	3,71 <sup>g</sup>	83,70 <sup>bc</sup>	2,34 <sup>b</sup>	0,41 <sup>f</sup>	51,87 <sup>i</sup>	697,03 <sup>e</sup>	73,70 <sup>a</sup>
	M14	16,64 <sup>a</sup>	4,04 <sup>e</sup>	82,15 <sup>ef</sup>	1,79 <sup>d</sup>	0,66 <sup>b</sup>	77,42 <sup>c</sup>	547,91 <sup>b</sup>	28,29 <sup>d</sup>
	M15	15,46 <sup>a</sup>	4,04 <sup>e</sup>	81,30 <sup>g</sup>	1,13 <sup>f</sup>	0,50 <sup>e</sup>	57,61 <sup>g</sup>	795,88 <sup>g</sup>	16,02 <sup>h</sup>
	M16	14,78 <sup>bcd</sup>	3,92 <sup>f</sup>	83,40 <sup>cd</sup>	0,97 <sup>h</sup>	0,40 <sup>f</sup>	48,46 <sup>j</sup>	278,81 <sup>d</sup>	13,52 <sup>i</sup>
M17	18,76 <sup>bcd</sup>	4,19 <sup>c</sup>	82,80 <sup>de</sup>	1,51 <sup>e</sup>	0,48 <sup>e</sup>	54,20 <sup>h</sup>	219,25 <sup>h</sup>	22,75 <sup>e</sup>	
Miels monofloraux	M01	15,38 <sup>a</sup>	3,86 <sup>e</sup>	79,85 <sup>d</sup>	0,39 <sup>f</sup>	0,23 <sup>g</sup>	53,62 <sup>f</sup>	240,79 <sup>g</sup>	17,27 <sup>c</sup>
	M03	16,40 <sup>cd</sup>	3,67 <sup>g</sup>	82,95 <sup>b</sup>	1,33 <sup>b</sup>	0,56 <sup>b</sup>	80,25 <sup>a</sup>	1004,57 <sup>a</sup>	35,98 <sup>a</sup>
	M04	14,30 <sup>bc</sup>	4,45 <sup>a</sup>	81,85 <sup>c</sup>	0,83 <sup>d</sup>	0,45 <sup>d</sup>	58,94 <sup>d</sup>	183,76 <sup>h</sup>	6,04 <sup>g</sup>
	M07	16,54 <sup>e</sup>	4,27 <sup>c</sup>	83,95 <sup>a</sup>	1,26 <sup>b</sup>	0,53 <sup>c</sup>	55,36 <sup>e</sup>	498,06 <sup>e</sup>	8,53 <sup>f</sup>
	M11	14,98 <sup>b</sup>	4,37 <sup>b</sup>	81,65 <sup>c</sup>	2,79 <sup>a</sup>	0,70 <sup>a</sup>	77,84 <sup>b</sup>	696,61 <sup>b</sup>	3,19 <sup>h</sup>
	M18	14,56 <sup>de</sup>	3,78 <sup>f</sup>	83,20 <sup>b</sup>	0,90 <sup>d</sup>	0,37 <sup>f</sup>	57,78 <sup>d</sup>	564,38 <sup>d</sup>	27,30 <sup>b</sup>
	M19	14,10 <sup>de</sup>	3,60 <sup>h</sup>	83,60 <sup>a</sup>	0,67 <sup>c</sup>	0,39 <sup>e</sup>	72,26 <sup>c</sup>	329,08 <sup>f</sup>	15,62 <sup>d</sup>
	M20	15,48 <sup>e</sup>	4,07 <sup>d</sup>	84,05 <sup>a</sup>	1,06 <sup>c</sup>	0,42 <sup>e</sup>	73,26 <sup>c</sup>	624,37 <sup>c</sup>	10,38 <sup>e</sup>

Chaque valeur représente la moyenne  $\pm$  écartype (n = 3).

Les valeurs portant la même lettre ne sont pas différentes significativement.

### III.2.1- Humidité

L'humidité du miel est une caractéristique très importante car elle détermine sa qualité. Elle intervient dans la viscosité, la cristallisation et la stabilité du miel (**Moniruzzaman et al., 2014**). Une teneur élevée en humidité pourrait mener à la fermentation du miel pendant le stockage (**Moniruzzaman et al., 2013**).

La teneur en eau des échantillons de miel analysés est dans la gamme 12,86 (M2) à 18,76 % (M1) (avec une moyenne de  $15,38 \pm 0,51$  %) pour des indices de réfraction de 1,5045 à 1,4546, respectivement, Ces valeurs obtenues sont inférieures à 20 %, limite mentionnée par l'Union européenne (2002) et le Codex alimentaire (2001). Ces résultats sont révélateurs d'un bon stockage des miels étudiés, de leur maturité et de leur très faible risque de fermentation excepté le miel (M1) qui dépasse légèrement 18 % (**Moniruzzaman et al., 2013**).

Les humidités obtenues dans cette étude sont en accord avec la gamme des résultats rapportés par **Bettar et al. (2015)** (16 à 20 %), **Habib et al. (2014)** (13,63 à 20,60 %) et **Makhloufi et al. (2010)** (13,9 à 20,2 %).

Pour les miels polyfloraux, le M2, provenant d'une région avec un climat chaud et sec, présente l'humidité la plus faible ( $12,86 \pm 0,7$  %). Cependant, l'échantillon M15 enregistre l'humidité la plus élevée ( $16,64 \pm 0,36$  %). Les échantillons de miel M2, M5, M9 et M15 présentent une différence significative ( $p < 0,05$ ) dans leur humidité. Cependant, les miels M6, M8, M12, M14, M15 et M16; M6, M9, M12, M16 et M17; M6, M9, M13, M16 et M17; M5, M9, M13 et M17 n'enregistrent pas de différence significative.

Pour les échantillons monofloraux, le miel M20 a la plus faible humidité (14,1 %). Mais, l'échantillon M1, provenant d'une région froide, a l'humidité la plus élevée ( $18,76 \pm 0,6$  %) et qui ne diffère pas de celle obtenue par **Ouchemoukh (2012)** sur un miel de la même région. Les échantillons de miel M1, M3, M4, M19 et M20 présentent une différence significative ( $p < 0,05$ ) dans leur humidité. Cependant, les miels suivants: M7, M18 et M19; M3, M18 et M19; M3 et M4; M4 et M11 ne montrent pas de différence significative.

La différence significative de l'humidité des miels est due aux différentes conditions environnementales (climat, saison), l'origine florale, la teneur en eau des nectars, la force des colonies d'abeilles, les techniques de traitement, les conditions de stockage et à la compétence de l'apiculteur (**Bogdanov et al., 2004; Doukani et al., 2014; Belhaj et al., 2015**). Par contre, les valeurs rapprochées de l'humidité sont peut être dues à l'origine géographique des miels (**Bogdanov et al., 2004**).

### III.2.2- pH

Les valeurs de pH des miels étudiés tendent vers l'acidité, elles sont comprises entre 3,60 (M19) pour le miel d'*Echium* et 4,45 (M4) pour le miel de *Fabaceae*. Ces valeurs sont en accord avec les recommandations du **Codex Alimentaire (2001)**.

L'intervalle de pH obtenu est conforme avec celui de **Bogdanov et al. (1999)** et **Belay et al. (2013)** qui ont signalé que les miels issus de nectar ont un pH compris entre 3,5 et 4,5. M11 et M12 ont un pH légèrement inférieur à la gamme des miels issue de miellat (4,5 – 5,5).

Les valeurs obtenues sont dans l'intervalle des pH des miels Algériens rapportés par **Makhloufi et al. (2010)**, des miels de Maroc obtenus par **Belhaj et al. (2015)** et **Bettar et al. (2015)**. Ces résultats confirment que le caractère acide n'est pas lié à l'origine géographique.

La variation du pH est due à la flore butinée, à la sécrétion salivaire de l'abeille, aux conditions de récolte ou de conservation et aux processus enzymatiques et fermentatifs pendant la transformation de la matière première (**Belhaj et al., 2015**).

### III.2.3- Couleur

La couleur est le premier attribut attrayant du miel. C'est un paramètre important dans la qualité, l'acceptation et la préférence des consommateurs (**Missio da Silva et al., 2016**) et elle joue un rôle très important dans la détermination de la capacité antioxydante du miel (**Doukani et al., 2014**).

La couleur des miels analysés varie de jaune claire au marron / brun. Les densités optiques obtenues présentent des variations significatives allant de 0,23 (M1) à 0,85 (M12) avec une moyenne de  $0,50 \pm 0,02$ . Ces résultats sont dans l'intervalle des valeurs rapportées par **Mouniruzzman et al. (2013)** et **Das et al. (2015)**.

Les miels polyfloraux M6, M8, M9, M13 et M16 de couleur marron claire ne présentent pas une différence significative, ceci est peut être due à leur appartenance aux régions pauvres en végétation riche en pigments. La couleur foncé des miels M2, M5, M7, M10, M11, M12, M13 et M14 est probablement due à la diversité florale des régions appropriées et à leur composition chimique très riche. Plus un miel est de couleur foncée, plus sa teneur en phénols totaux, en minéraux et en acides est élevée (**Ouchemoukh et al., 2007**).

Les miels d'*Echium* M19 et M20 ont la même couleur, idem pour les miels de *Fabaceae* M3 et M11, ce qui confirme que la couleur est étroitement liée à l'origine florale.

La couleur et l'arôme du miel dépendent principalement de son origine botanique qui dépend à la fois de la région géographique et du climat, de sa composition chimique et les pigments présents, des espèces d'abeilles impliquées dans sa production et sont également

affectées par les conditions de traitement, d'emballage et de la durée du stockage (**Ribeiro et al., 2014; Missio da Silva et al., 2016**). Cette couleur change généralement avec le temps de conservation. Ce changement peut être dû au contact avec des métaux et l'exposition soit à des températures élevées ou à la lumière d'où le déroulement des réactions d'oxydations (**Moniruzzaman et al., 2013; Doukani et al., 2014**).

#### III.2.4- Brix

Les valeurs de la matière sèche présente dans les miels analysés varient de 79,6 à 88,5 % avec une moyenne de  $83,01 \pm 0,43$  %. Ces valeurs sont dans la fourchette fixée par le **Codex Alimentaire (2001)**, ce qui suggère que les miels analysés ne sont pas adultérés. Les valeurs ainsi trouvées sont proches à celles données par **Habib et al. (2014)** sur les miels des régions arides (79 à 84,10 %), supérieurs à celles des miels du Bangladesh (42,8 à 60,6 %) rapportées par **Islam et al. (2012)** et celles des miels Malysiens (55,33 à 64,93 %) rapportées par **Moniruzzaman et al. (2013)**.

Les miels d'*Echium* M7, M19 et M20 ne présentent pas une différence significative ( $p < 0,05$ ) dans leur Brix, qui est peut être due à leur même origine botanique, idem pour les miels M4 et M11 de la même famille botanique (*Fabaceae*).

Les miels polyfloraux M6 (Beni maouche), M13 (Ouhmam) et M14 (Seddouk) n'enregistrent aucune différence significative, qui peut être expliqué par la présence de la même flore car ils sont géographiquement proches.

Les faibles pourcentages de la matière sèche des échantillons analysés peuvent être contribués par la conversion des sucres en acides inorganiques ou la conversion du glucose en acides gluconiques (**Moniruzzaman et al., 2013**).

#### III.2.5- Conductivité électrique

La conductivité électrique exprime l'aptitude d'une solution aqueuse à conduire un courant électrique. La conductivité électrique du miel est liée à la teneur en cendres et à l'acidité, indiquant la présence des ions, des acides organiques et des protéines (**Doukani et al., 2014; Missio da Silva et al., 2016**).

La conductivité est employée pour distinguer les miels de nectar et ceux de miellat. Le miel devrait avoir une conductivité qui ne dépasse pas 0,8 mS / cm, des valeurs plus élevées témoignent que le miel est issue de miellat (**Bogdanov et al., 1999; Makhoufi et al., 2010**).

Les valeurs de la conductivité électrique sont comprises entre 0,39 (M1) et 2,79 mS / cm (M11) avec une moyenne de  $1,29 \pm 0,02$  mS / cm.

Le miel monofloral de *Fabaceae* (M11) est le meilleur conducteur du courant électrique. La conductivité la plus basse (M1) (0,39 mS / cm) est proche de celle du miel de commerce de l'Inde (0,33 mS / cm) (**Saxena et al., 2010**). M10 et M11 sont issus du miellat et c'est confirmé par leur conductivité électrique ( $\geq 0,8$  mS / cm).

Les résultats obtenus sont supérieurs à ceux obtenus par **Lazarevic et al. (2012)** (0,16 à 0,64 mS / cm), **Belay et al. (2013)** (0,63 à 0,79 mS / cm), **Habib et al. (2014)** (0,15 à 0,69 mS / cm) et **Bettar et al. (2015)** (0,22 à 0,87 mS / cm).

Il faut souligner que les conditions climatiques et de sol sont aussi responsables de la conductivité électrique élevée des miels M2, M3, M7, M8, M12, M13, M14, M15, M16, M17, M18 et M20.

### III.2.6- Protéines

La teneur en protéines des miels étudiés varie de 48,46 (M16) à 112,46 mg EBSA / 100 g (M12) pour les miels de même origine florale, avec une moyenne de  $67,51 \pm 0,98$  mg EBSA / 100 g. Des résultats similaires sont rapportés par **Yucel et Sultanoglu (2013)** (13 à 115 mg EBSA / 100 g).

L'échantillon M12 (Mellala) présente la teneur en protéines la plus élevée qui est proche de celle de M2 provenant d'Amizour et diffère significativement de celle des autres miels. Ceci peut être expliqué par la présence d'une concentration élevée du pollen dans ce miel et à l'origine botanique.

Les miels d'*Echium* M19 et M20 présentent des teneurs en protéines identiques ( $p < 0,005$ ), idem pour les miels monofloraux de *Fabaceae* M3 et M11.

L'origine botanique et géographique, la présence des enzymes présentées par les abeilles elles-mêmes ou dérivées à partir du nectar et les grains de pollen y présents sont les facteurs dont on attribue la différence des concentrations protéiques des miels (**Alvarez-Suarez et al., 2010; Moniruzzaman et al., 2013; Habib et al., 2014**).

### III.2.7- Proline

La proline, un acide aminé ajouté par l'abeille ouvrière, est un indicateur de maturité et de falsification du miel (**Bogdanov et al., 2004**).

Le taux de la proline des échantillons du miel analysés varie de 183,72 (M4) à 1004,56 (M3) mg / kg avec une moyenne de  $501,62 \pm 6,05$  mg / kg. Ces valeurs sont supérieures à 180 mg / kg, limite minimale pour les miels authentiques (**Bogdanov et al., 1999**) ce qui confirme que les échantillons sont mûrs. Ces résultats sont inférieurs à ceux de **Khalil et al. (2012)**

(2131,47 ± 0,90 mg / kg) et ils sont différents des valeurs rapportées par **Meda et al. (2005)** sur des miels de Burkina-Faso (437,80 ± 23 à 2169,40 ± 18,40 mg / kg).

Les miels polyfloraux présentent des valeurs qui oscillent de 204,88 (M5) à 882,48 mg / kg (M8). Les échantillons M8, M16, M13 et M10 manifestent une différence significative ( $p < 0,05$ ). Par contre, M5 et M9; M9 et M17 ne présentent aucune différence significative.

Les miels monofloraux présentent des valeurs qui varient de 183,72 (M4) à 1004,56 mg / kg (M3) qui sont proches aux résultats rapportés par **Bentabol-Manzanares et al. (2014)** (254 à 1992 mg / kg) sur les miels de l'Espagne. La force de la colonie d'abeilles peut être la cause de la différence des résultats des différentes familles botaniques (*Fabaceae*, *Myrtaceae* et *Echium*). D'ailleurs, l'analyse de la variance montre une différence très hautement significative ( $p < 0,001$ ).

### III.2.8- Teneur en HMF

L'hydroxy-méthyl-furfural est un paramètre de qualité du miel. Les miels frais ont peu ou aucun contenu d'HMF, mais il augmente selon le pH du miel, la température de stockage et l'entreposage prolongé, le surchauffage et le vieillissement naturel du miel (**Bath et Singh, 1999; Oudjet, 2010**). Des valeurs d'HMF supérieures à 40 mg / kg sont révélatrices d'une perte de qualité du miel (**Yucel et Sultanoglu, 2013**).

L'analyse spectrométrique des échantillons de miel révèle des teneurs en HMF qui sont situées entre 3,19 (M11) et 72,51 mg / kg (M13) avec une moyenne de 21,30 mg / kg. Les miels M6 et M13 (de la même année de récolte que les autres) ont une teneur en HMF supérieure à 40 mg / kg, ceci pourrait s'expliquer par le chauffage des miels, la nature et la concentration des sucres présents ou par la température de leur stockage. Les autres miels possèdent des valeurs d'HMF conformes aux normes fixées par le **Codex Alimentaire (2001)**, ce qui témoigne que ces miels sont frais et de bonne qualité.

Le miel de la région de Melbou (M11) a la plus basse valeur d'HMF qui peut être due aux bonnes conditions de stockage.

Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés par **Doukani et al. (2014)** (5,3 à 55,29 mg / kg), **Habib et al. (2014)** (0,17 à 79,26 mg / kg) et **Bettar et al. (2015)** (2,54 à 85,48 mg / kg) et différents de ceux obtenus par **Bath et Singh (1999)** (12,3 à 44,5 mg / kg).

### III.2.9- Pouvoir rotatoire

Les miels de nectar possèdent une concentration élevée en fructose, ce qui dévie la lumière polarisée vers la gauche (lévogyre). Par contre, les miels de miellat sont en général dextrogyres en raison de la masse élevée d'oligosaccharides qui dévient la lumière polarisée vers la droite. Pour distinguer les deux types de miel, en fait alors appel à la mesure de la rotation optique (**Lazarević et al., 2012**).

La plupart des échantillons analysés sont lévogyres. Les valeurs de la rotation optique des miels étudiés varient entre  $- 11,27 \pm 0,04$  (M1) et  $+ 3,35 \pm 0,03$  (M11) (Tableau VI). Les miels M11 et M12 sont dextrogyres, il pourrait donc être des miels de miellat.

**Tableau IV:** Pouvoir rotatoire des miels analysés.

Échantillons	Pouvoir rotatoire	Échantillons	Pouvoir rotatoire
M01	$-11,27 \pm 0,04$	M11	$+3,35 \pm 0,03$
M02	$- 0,48 \pm 0,11$	M12	$+1,10 \pm 0,05$
M03	$- 9,88 \pm 0,03$	M13	$-8,80 \pm 0,06$
M04	$-2,94 \pm 0,03$	M14	$-4,23 \pm 0,08$
M05	$-4,71 \pm 0,04$	M15	$-3,85 \pm 0,01$
M06	$-5,18 \pm 0,10$	M16	$-5,93 \pm 0,01$
M07	$-3,76 \pm 0,04$	M17	$-4,13 \pm 0,02$
M08	$-8,21 \pm 0,02$	M18	$-8,22 \pm 0,01$
M09	$-5,04 \pm 0,01$	M19	$-6,11 \pm 0,01$
M10	$-2,04 \pm 0,04$	M20	$-5,12 \pm 0,03$

Pour les miels polyfloraux, le pouvoir rotatoire oscille entre  $- 8,80 \pm 0,06$  et  $+ 1,10 \pm 0,05$ . Les miels M8 et M18 possèdent le même pouvoir rotatoire,  $- 8,21$  et  $- 8,22$  respectivement. Le miel M2 dévie peu la lumière polarisée ( $- 0,48 \pm 0,11$ ).

Le miel d'Addekar (M1) est très lévogyre par rapport aux autres miels, il est proche de M3 issue de la même famille botanique (*Fabaceae*). Le pouvoir rotatoire de miel de Myrtaceae (M18) est élevé ( $- 8,22$ ) et il est très proche de celui rapporté par **Ouchemoukh (2012)** de la même origine florale ( $- 8,26$ ). Les miels d'*Echium* M19 ( $- 6,11$ ) et M20 ( $- 5,12$ ) possèdent des pouvoirs rotatoires proches.

## III.3- TENEURS EN ANTIOXYDANTS ET ACTIVITÉS ANTIOXYDANTES

Les résultats de dosage des antioxydants et d'évaluation des activités antioxydantes sont présentés dans le tableau suivant:

**Tableau VI:** Teneurs en antioxydants et activités antioxydantes des miels analysés.

Miels	Phénols (mg EAG / 100 g)	Flavonoïdes (mg EC / 100 g)	Caroténoïdes (mg E $\beta$ C / 100 g)	ABTS (%)	DPPH (%)	FRAP (mg EAG / 100 g)	Pouvoir réducteur mg EAG / 100 g
<b>Miels polyfloraux</b>							
M2	114,57 <sup>d</sup>	3,92 <sup>a</sup>	0,052 <sup>ab</sup>	41,63 <sup>c</sup>	60,78 <sup>b</sup>	781,10 <sup>b</sup>	23,82 <sup>e</sup>
M5	70,04 <sup>g</sup>	1,08 <sup>hi</sup>	0,056 <sup>a</sup>	31,11 <sup>f</sup>	41,34 <sup>e</sup>	416,49 <sup>g</sup>	03,72 <sup>h</sup>
M6	70,28 <sup>g</sup>	1,65 <sup>ef</sup>	0,023 <sup>e</sup>	18,67 <sup>i</sup>	50,65 <sup>c</sup>	320,61 <sup>k</sup>	23,25 <sup>e</sup>
M8	74,52 <sup>f</sup>	0,83 <sup>i</sup>	0,032 <sup>d</sup>	27,46 <sup>g</sup>	61,27 <sup>b</sup>	597,93 <sup>e</sup>	17,57 <sup>g</sup>
M9	60,98 <sup>h</sup>	1,44 <sup>fg</sup>	0,007 <sup>g</sup>	13,87 <sup>j</sup>	49,02 <sup>cd</sup>	397,93 <sup>h</sup>	21,60 <sup>f</sup>
M10	63,80 <sup>h</sup>	1,47 <sup>g</sup>	0,035 <sup>cd</sup>	25,82 <sup>gh</sup>	38,07 <sup>f</sup>	339,86 <sup>j</sup>	23,31 <sup>e</sup>
M12	119,05 <sup>c</sup>	1,24 <sup>gh</sup>	0,010 <sup>fg</sup>	55,29 <sup>b</sup>	62,04 <sup>b</sup>	747,76 <sup>c</sup>	36,53 <sup>b</sup>
M13	72,86 <sup>fg</sup>	1,80 <sup>de</sup>	0,038 <sup>c</sup>	23,24 <sup>h</sup>	47,68 <sup>d</sup>	521,99 <sup>f</sup>	32,41 <sup>c</sup>
M14	110,41 <sup>e</sup>	2,01 <sup>cd</sup>	0,050 <sup>b</sup>	34,83 <sup>de</sup>	61,56 <sup>b</sup>	690,72 <sup>d</sup>	54,87 <sup>a</sup>
M15	71,53 <sup>g</sup>	2,27 <sup>c</sup>	0,025 <sup>e</sup>	37,33 <sup>d</sup>	40,35 <sup>e</sup>	519,24 <sup>f</sup>	25,47 <sup>d</sup>
M16	127,28 <sup>b</sup>	2,55 <sup>b</sup>	0,001 <sup>h</sup>	32,54 <sup>ef</sup>	39,71 <sup>ef</sup>	385,91 <sup>i</sup>	25,83 <sup>d</sup>
M17	153,78 <sup>a</sup>	1,92 <sup>d</sup>	0,013 <sup>f</sup>	62,23 <sup>a</sup>	83,53 <sup>a</sup>	830,24 <sup>a</sup>	25,58 <sup>d</sup>
<b>Miels monofloraux</b>							
M1	41,37 <sup>h</sup>	0,77 <sup>e</sup>	0,013 <sup>e</sup>	4,01 <sup>g</sup>	5,39 <sup>e</sup>	99,31 <sup>h</sup>	14,79 <sup>f</sup>
M3	73,44 <sup>e</sup>	1,08 <sup>d</sup>	0,013 <sup>de</sup>	17,59 <sup>f</sup>	48,36 <sup>c</sup>	434,02 <sup>e</sup>	28,50 <sup>a</sup>
M4	60,90 <sup>g</sup>	0,74 <sup>e</sup>	-	18,24 <sup>f</sup>	55,22 <sup>ab</sup>	321,64 <sup>g</sup>	17,93 <sup>d</sup>
M7	50,68 <sup>f</sup>	1,10 <sup>d</sup>	0,060 <sup>a</sup>	26,75 <sup>e</sup>	43,30 <sup>d</sup>	407,21 <sup>f</sup>	17,89 <sup>d</sup>
M11	94,96 <sup>d</sup>	2,39 <sup>b</sup>	0,030 <sup>c</sup>	43,99 <sup>c</sup>	57,57 <sup>a</sup>	695,87 <sup>a</sup>	21,67 <sup>c</sup>
M18	126,12 <sup>b</sup>	3,07 <sup>a</sup>	0,027 <sup>c</sup>	35,05 <sup>d</sup>	53,22 <sup>b</sup>	640,20 <sup>b</sup>	23,25 <sup>b</sup>
M19	122,38 <sup>c</sup>	1,98 <sup>c</sup>	0,035 <sup>b</sup>	47,28 <sup>b</sup>	49,01 <sup>c</sup>	488,66 <sup>d</sup>	06,72 <sup>g</sup>
M20	217,09 <sup>a</sup>	3,09 <sup>a</sup>	0,016 <sup>d</sup>	62,87 <sup>a</sup>	54,94 <sup>b</sup>	532,99 <sup>c</sup>	17,19 <sup>e</sup>

Chaque valeur représente la moyenne  $\pm$  écartype (n = 3).

Les valeurs portant la même lettre ne sont pas différentes significativement.

### III.3.1- Composés phénoliques

Les composés phénoliques sont les composants principaux responsables de l'activité antioxydante du miel (**Bueno-Costa et al., 2016**).

Les résultats obtenus montrent que les concentrations en polyphénols varient de 41,37 (M1) à 217,09 mg EAG / 100 g (M20) avec une moyenne de  $95,63 \pm 1,35$  mg EAG / 100 g. Ces résultats sont proches à ceux de **Wilczyńska (2014)** (40,5 à 177 mg GAE / 100 g), plus grands de ceux obtenus par **Perna et al. (2013)** (10,65 à 15,05 mg EAG / 100 g) et inférieurs à ceux de **Doukani et al. (2014)** (166,11 à 427,14 mg EAG / 100 g).

L'analyse des miels polyfloraux présente une moyenne de  $92,43 \pm 1,57$  mg EAG / 100 g. La valeur du M10 (63,80 mg EAG / 100 g) est similaire à celle rapportée par **Wilczyńska (2014)** (62,5 mg EAG / 100 g). Ces résultats sont supérieurs à ceux de **Bueno-Costa et al. (2016)** (11,37 à 54,01 mg EAG / 100 g). La majorité des miels polyfloraux ne montrent pas une différence significative ( $p < 0,01$ ).

Les miels monofloraux étudiés ont une teneur en phénols totaux qui varie de 41,37 (M1, *Fabaceae*) à 217,09 mg EAG / 100 g (M20, *Echium*). Ces résultats sont inférieurs à ceux de **Alvarez-Suarez et al. (2010)** (595,8 à 213,9 mg EAG / kg).

Les miels M1, M3 et M4 (*Fabaceae*) présentent une teneur en phénols proches, qui est probablement due au pourcentage de pollen y présent (47 %, 50 % et 45 %, respectivement). Le M11 et le M4, malgré leur même contenance en pollen dominant, ils ont une teneur différente en phénols, ceci est expliqué par la quantité et la qualité des pollens mineurs existants. Les miels monofloraux montrent une différence significative ( $p < 0,01$ ).

La composition en phytoconstituants dépend non seulement de la source florale, mais également de la zone géographique et même, les facteurs saisonniers et environnementaux, peuvent être responsables des différences détectées (**Bath et Singh, 1999; Habib et al., 2014**).

### III.3.2- Flavonoïdes

Selon **Beretta et al. (2005)**, les flavonoïdes et les caroténoïdes sont responsables de la couleur du miel.

Les échantillons de miels analysés ont des teneurs qui varient de 0,77 (M4) à 3,92 mg EC / 100 g (M2) avec une moyenne de  $1,81 \pm 0,12$  mg EC / 100 g qui est une valeur très faible par rapport aux résultats rapportés par **Escuredo et al. (2013)** (4,3 à 9,6 mg EC / 100 g) et **Canadanovic-Brunet et al. (2014)** (6,53 à 19,02 mg EC / 100 g).

La teneur des miels polyfloraux varie de 0,84 (M4) à 3,92 mg EC / 100 g (M2). Ces échantillons ne présentent aucune différence significative.

Les miels monofloraux ont exprimé une teneur qui varie de 0,74 (M4) à 3,09 mg EC / 100 g (M20). Les trois familles obtenues après l'analyse pollinique M1, M3, M4 et M11 (*Fabaceae*); M18 (*Myrtaceae*) et M7, M19 et M20 (*Echium*) présentent une différence significative ( $p < 0,05$ ).

### III.3.3- Caroténoïdes

La teneur en caroténoïdes des échantillons analysés varie de 0,001 (M16) à 0,060 mg E $\beta$ C / 100 g (M7), avec une moyenne de  $0,028 \pm 0,002$  mg E $\beta$ C / 100 g.

Les valeurs de dosage des caroténoïdes des miels polyfloraux analysés oscillent de 0,001 (M16) à 0,056 mg E $\beta$ C / 100 g (M5) et présentent une différence significative ( $p < 0,05$ ). Les miels M9 et M16 ont les plus faibles valeurs (0,007 mg E $\beta$ C / 100 g et 0,001 mg E $\beta$ C / 100 g, respectivement). Ces derniers ont une couleur claire ce qui explique ce manque en caroténoïdes.

Les miels monofloraux présentent une teneur qui varie de 0,013 à 0,06 mg E $\beta$ C / 100 g. Ces résultats sont inférieurs à la gamme rapportés par **Alvarez-Suarez et al. (2010)** (5,57 à 1,17 mg E $\beta$ C / 100 g). Les miels M1, M4, M7, M11, M19 et M20 présentent une différence significative ( $p < 0,05$ ).

### III.3.4- Pouvoir antiradicalaire par ABTS

L'activité antiradicalaire par l'ABTS est une autre méthode permettant d'évaluer la capacité des composés antioxydants à inhiber le radical cationique ABTS.<sup>+</sup> et le réduire en sa forme neutre ABTS (**Alvarez-Suarez et al., 2010; Khalil et al., 2012**).

Les échantillons analysés ont une gamme de valeurs qui varie de 4,01 (M1) à 62,87 % (M20) avec une moyenne de  $32,99 \pm 1,17$  % qui est inférieur au résultat obtenu par **Perna et al. (2013)** ( $59,17 \pm 1,69$  %).

L'activité antiradicalaire des échantillons du miel polyfloraux varient de 13,87 (M9) à 62,23 % (M17) qui s'approche au résultat de **Wilczyńska (2014)** (de 6 à 79 %). Leur moyenne est de  $33,66 \pm 1,06$  %, elle est inférieure à celle trouvée par **Perna et al. (2013)** ( $62,26 \pm 8,94$  %) des miels Italiens. Cette différence est due probablement à la diversification végétale entre l'Algérie et l'Italie donc une composition chimique différente. L'analyse de la variance montre une différence significative entre les échantillons ( $p < 0,05$ ).

Pour les miels monofloraux, les valeurs varient de 4,01 (M1, *Fabaceae*) à 62,87 % (M20, *Echium*). Ces résultats sont inférieurs à ceux trouvés par **perna et al. (2013)** (60,83 %

(chataigne) à 58,42 % (sainfoin)). Ces échantillons montrent une différence significative ( $p < 0,05$ ) et ils sont classés comme suit:  $M20 > M19 > M11 > M18 > M7 > M4 = M3 > M1$ .

### III.3.5- Pouvoir antiradicalaire par DPPH

Le DPPH est l'un des paramètres qui détermine l'activité antioxydante du miel par le piégeage des radicaux libres.

Les échantillons de miels analysés montrent des valeurs qui varient entre 5,39 (M1) et 83,53 % (M17). Les résultats obtenus par **Wilczyńska (2014)** (de 47,2 à 83,4 %) des miels de la Pologne sont incluses dans cet intervalle. Les miels analysés montrent une moyenne de  $50,15 \pm 1,20$  % qui est supérieur à celle trouvée par **khalil et al. (2012)** ( $39,57 \pm 4,18$  %).

La moyenne d'activité antiradicalaire par DPPH des échantillons polyfloraux est  $53,00 \pm 1,11$  %. Les échantillons M2, M8, M12 et M14; M5, M15 et M16 présentent des valeurs convergentes qui sont liées à la région de la récolte qui contient une variation botanique et climatique similaire.

Les échantillons monofloraux analysés montrent une activité qui varie de 5,39 % (M1) à 57,57 % (M11). Le M1 présente l'activité antiradicalaire la plus faible ce qui signifie que ce miel présente une faible activité antioxydante et confirme le faible contenu en phénols. Ces miels présentent une différence significative ( $p < 0,05$ ).

Les différents résultats de l'activité antioxydante des miels analysés évaluée par différentes méthodes s'expliquent par la diversité de l'origine botanique et géographique, la nature et les teneurs des composés phénoliques y présents. Plusieurs autres composés contribuent à la capacité antioxydante des miels, tels que l'acide ascorbique, les acides organiques et les enzymes (**Bath et Singh, 1999**).

### III.3.6-Test de FRAP

Le test de FRAP est basée sur la capacité des antioxydants à réduire le fer ferrique en fer ferreux ( $Fe^{3+} / Fe^{2+}$ ) (**Moniruzzaman et al., 2013**).

Les résultats de l'activité antioxydante évaluée par le test de FRAP montrent une capacité de réduction qui varie de 99,31 mg EAG / 100 g (M1) à 830,24 mg EAG / 100 g (M17) avec une moyenne de  $508,48 \pm 3,25$  mg EAG / 100 g. Ces résultats sont supérieurs à ceux de **Doukani et al. (2014)** (8,3 à 240 mg EAA / 100 g). Pour les échantillons polyfloraux, la moyenne de réduction est de  $545,82 \pm 3,37$  mg EAG / 100 g. Ces résultats sont distincts de ceux rapportés par **Moniruzzaman et al. (2014)** et **Perna et al. (2013)** (327,30, 349,11  $\mu$ mol

Fe (II) /100 g). Le miel M6 présente le potentiel antioxydant le plus faible (320,61 mg EAG / 100 g), d'où la confirmation de la non richesse en phénols pour ce miel.

Les miels monofloraux présentent une moyenne de  $452,49 \pm 3,07$  mg EAG / 100 g. Ce pouvoir antioxydant est plus grand que celui trouvé par **Khalil et al. (2012)** ( $403,54 \pm 1,31$  mg EAG / 100 g). Les échantillons analysés montrent une différence très hautement significative ( $p < 0,001$ ).

### III.3.7- Pouvoir réducteur

Le pouvoir réducteur est la capacité de céder un électron en réduisant de ce fait le fer ferrique en fer ferreux (**Ouchemoukh, 2012**). Le pouvoir réducteur des miels analysés varie de 3,72 (M5) à 54,87 mg EAG / 100 g (M14), mais ce pouvoir reste inférieur à celui rapporté par **Canadanovic-Brunet et al. (2014)** (39,06 à 120,00 mg EAG / 100 g).

Le pouvoir réducteur moyen des miels polyfloraux est de 26,16 mg EAG / 100 g. Leurs valeurs sont classées comme suit: M14 > M12 > M13 > M16 > M17 > M15 > M2 > M10 > M6 > M5. Les échantillons M15, M16 et M17; M2, M6 et M10 ne présentent aucune différence significative.

Les valeurs obtenues par les miels monofloraux varient de 6,72 (M19) à 28,5 mg EAG / 100 g (M3). Les miels analysés présentent une différence significative excepté les miels M4 et M7 qui ne présentent pas cette différence.

### III.4- ACTIVITÉ ANTIBACTÉRIENNE

L'évaluation de l'activité antibactérienne est réalisée sur huit échantillons de miel choisis selon leur meilleure activité antioxydante. L'évaluation de cette activité est basée sur la mesure des diamètres en (mm) des zones d'inhibition (tableau VII).

Le diamètre des zones d'inhibition varie de 12,33 à 22 mm pour *S. aureus* et de 6,6 à 15 mm pour *E. coli*, montrant que les deux souches sont affectées par les différents miels. L'effet antimicrobien du miel peut être expliqué par le contenu important en enzymes et les propriétés physiques du miel (**Al-Habsi et Niranjana, 2012**). Ces diamètres sont plus grands que ceux mesurés par **Voidarou et al. (2014)** sur *S. aureus* (0,9 à 12,88 mm).

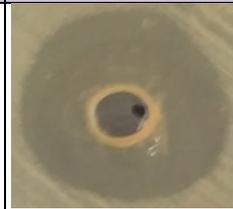
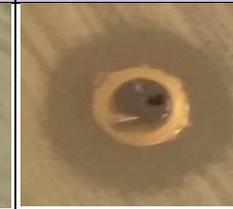
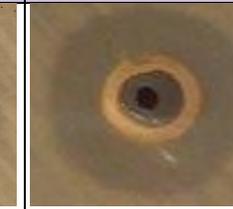
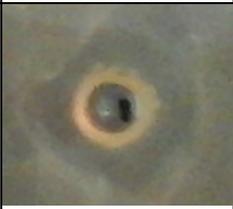
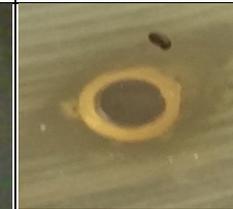
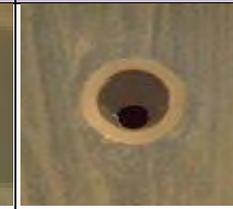
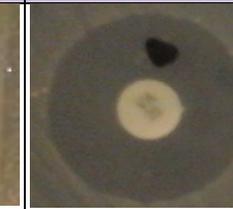
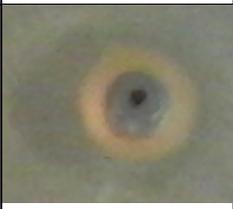
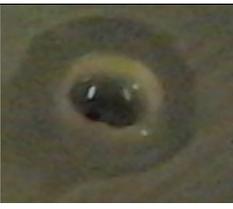
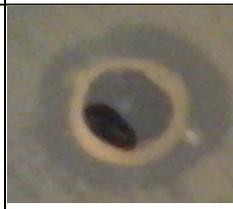
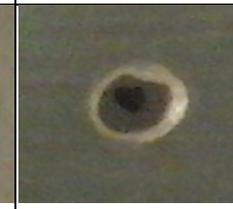
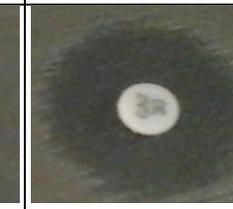
*S. aureus* présente une grande sensibilité vis-à-vis des miels analysés par rapport à *E. coli* qui est légèrement résistante, ceci est peut être expliqué par les différents mécanismes de résistance des bactéries à cause des différences morphologiques entre les bactéries Gram positive et les Gram négative. Ces résultats concordent avec les travaux de **Salwa et Maher**

(2014) sur les miels de Yémen et ceux de **Elbanna et al. (2014)** sur les miels Egyptiens. **Liu et al. (2013)** a montré que *S. aureus* a une sensibilité extrêmement élevée par rapport à celle obtenue par la présente étude.

L'étude fait ressortir que le miel M20, avec les plus grands diamètres d'inhibition et le M17, avec les plus petits diamètres d'inhibition, présentent une grande activité antioxydante par rapport aux autres miels testés. Ceci montre que les composés phénoliques ne sont pas les seuls facteurs principaux du processus antibactérien des miels.

D'après l'analyse de la variance, les miels M14 et M10; M10, M8 et M18 ne présentent aucune différence significative ( $p < 0,05$ ).

**Tableau VII:** Effet du miel pur sur *Staphylococcus aureus* et *Escherichia coli*.

Miels	M08	M10	M11	M12	M14
<b>D</b>					
	18,33 mm	17 mm	19,67 mm	14,66 mm	15 mm
<b>d</b>					
	10 mm	10 mm	13 mm	9 mm	11 mm
	M17	M18	M20	T-	T+
<b>D</b>					
	12,33 mm	14,33 mm	22 mm	0 mm	30 mm
<b>d</b>					
	6,6 mm	11 mm	15 mm	0 mm	27 mm

**D:** Diamètre de zone d'inhibition contre *S. aureus*.

**d:** Diamètre de zone d'inhibition contre *E. coli*.

**T-:** Eau distillée (témoin négatif).

**T+:** CAZ / VANCOMYCINE (témoin positif).

### III.5- CORRÉLATIONS

#### III.5.1- CORRÉLATIONS ACTIVITÉS ANTIOXYDANTES ET PARAMÈTRES PHYSICO- CHIMIQUES

L'analyse statistique des résultats obtenus dans cette étude indique l'existence d'une corrélation très hautement significative ( $p < 0,001$ ) entre la conductivité électrique et l'activité antioxydante ( $r = 0,44$  avec l'ABTS;  $r = 0,47$  avec le DPPH et  $r = 0,69$  avec le test de FRAP (Figures 01, 02 et 03 respectivement, annexe III). De même, une corrélation existe entre la teneur en protéines et l'activité antioxydante ( $r = 0,43$  avec l'ABTS;  $r = 0,56$  avec le test de FRAP (Figures 05 et 06 respectivement, annexe III), entre la couleur ( $r = 0,72$ ) et la conductivité électrique ( $r = 0,55$ ) (Figure 02, annexe IV). Ces résultats sont supérieurs à ceux de **Alvarez-Suarez *et al.* (2010)** qui ont rapporté un coefficient de corrélation  $r = 0,34$  entre les protéines et le test de FRAP. Ces données signifient que les protéines jouent un rôle important dans le potentiel oxydant.

De plus, une corrélation très hautement significative est marquée entre le pouvoir réducteur et la conductivité électrique ( $r = 0,50$ ) (Figure 04, annexe III).

#### III.5.2- CORRÉLATIONS COULEUR, ANTIOXYDANTS ET ACTIVITÉS ANTIOXYDANTES

La couleur des miels montre une corrélation très hautement significative ( $p < 0,001$ ) avec l'activité antioxydante évaluée par plusieurs méthodes ( $r = 0,43$  avec l'ABTS et le DPPH et  $r = 0,57$  avec le test de FRAP (Figures 03, 04 et 05 respectivement, annexe IV). Ces résultats sont proches à ceux de **Ouchemoukh (2012)** ( $r = 0,68$ ) et inférieur à ceux de **Alvarez-Suarez *et al.* (2010)** ( $r = 0,94$ ).

**Beretta *et al.* (2005)** a démontré un rapport positif entre la concentration phénolique, la capacité antioxydante et la couleur des miels mono et polyfloraux.

En général, un miel foncé contient plus d'antioxydants, ce qui augmente l'activité antioxydante et les résultats de la présente étude le confirment bien.

#### III.5.3- CORRÉLATIONS ANTIOXYDANTS ET ACTIVITÉS ANTIOXYDANTES

L'analyse de la variance montre des expressions hautement et très hautement significatives entre les antioxydants et l'activité antioxydante.

Les composés phénoliques des échantillons du miel présentent une corrélation linéaire très hautement significative ( $p < 0,001$ ) avec l'activité antioxydante par l'ABTS, le DPPH et

le FRAP dont les coefficients de corrélations sont  $r = 0,85$ ,  $r = 0,52$  et  $r = 0,56$ , respectivement (Figures 01, 02 et 03, respectivement, annexe V). **Das et al. (2015)** ont obtenus des corrélations positives entre les composés phénoliques avec l'activité antioxydante et la couleur. Cependant, les corrélations des flavonoïdes avec le test FRAP ( $r = 0,53$ ) et d'ABTS ( $r = 0,51$ ) ( $p < 0,001$ ) (Figures 04 et 05, respectivement, annexe V) ressemblent à celles des composés phénoliques. Ces valeurs sont proches de celles de **Perna et al. (2013)** entre les composés phénoliques et l'ABTS, le DPPH et le test de FRAP avec des coefficients de corrélation  $r = 0,58$ ;  $r = 0,53$  et  $r = 0,42$ , respectivement et inférieurs aux valeurs de corrélations obtenues entre les flavonoïdes et l'ABTS, le DPPH et le FRAP avec des coefficients  $r = 0,72$ ;  $r = 0,45$  et  $r = 0,76$ , respectivement.

Les phénols totaux et les flavonoïdes présentent une corrélation très hautement significative à une valeur  $r = 0,65$  (Figure 06, annexe V). Cette valeur est supérieure à celle de **Perna et al. (2013)** ( $r = 0,36$ ) et présente une corrélation inverse aux résultats révélés par **Ouchemoukh et al. (2012)** ( $r = -0,56$ ).

La corrélation positive entre la teneur en antioxydants et l'activité oxydante confirme la forte relation des polyphénols avec le potentiel antioxydant.

### III.6- ACTIVITÉ GASTROPROTECTRICE

La présente étude nous a permis d'évaluer le degré de protection du miel pour la muqueuse gastrique contre les ulcérations causées par le mélange HCl / Ethanol sur les souris NMRI comme modèle animal.

La solution de HCl / Ethanol, par ces ions  $H^+$ , est considéré comme un agent très ulcérigène. Le HCl induit des lésions gastriques par l'activation de la voie NF-kB et l'expression de COX-2. Par contre, l'éthanol seul induit l'ulcère par l'augmentation de la diffusion acide, la réduction du flux sanguin de la muqueuse gastrique et l'augmentation de la perméabilité gastrique vasculaire (**Manjusha et al., 2013**).

L'effet toxique de mélange HCl / Ethanol sur l'épithélium conduit à une réduction de la production de mucus induisant la formation des lésions gastriques. En outre, il induit le stress oxydatif et une réduction de la circulation sanguine gastrique. Cet agent rompt la barrière de la muqueuse et provoque une augmentation de la perméabilité de la muqueuse gastrique à  $H^+$  et aux ions  $Na^+$  en réduisant la différence de potentiel trans-muqueux et en induisant la formation de l'ulcère (**Martins et al., 2014**).

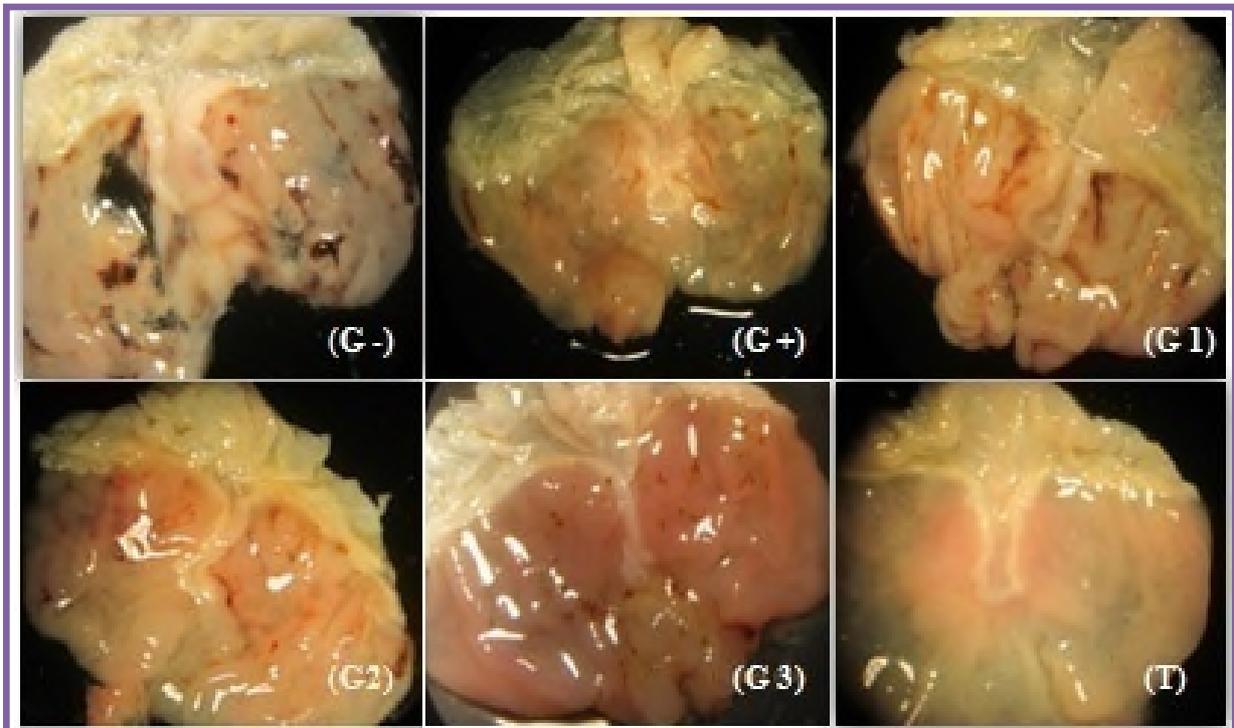
L'Oméprazole, un médicament gastroprotecteur, se transforme en sulfenamid en milieu acide et forme des liaisons sulfhydrile avec la pompe H<sup>+</sup> / K<sup>+</sup> ATPase ce qui provoque l'inactivation irréversible de l'enzyme. De ce fait, il diminue la sécrétion d'acides (Holt et Howden, 1991).

### III.6.1- Effet du miel sur l'ulcère induit par le mélange HCl / Ethanol.

Dans le but d'évaluer l'effet gastroprotecteur du miel, une analyse macroscopique qui ne s'intéresse qu'aux lésions externes observables des estomacs est réalisée.

#### ➤ Observations macroscopiques

Les lésions gastriques, les rougeurs de la muqueuse et les hémorragies sont les caractéristiques des estomacs présentant l'ulcère. Les souris ayant reçu le mélange HCl / Ethanol (G-) ont développé toutes ces caractéristiques d'ulcération. Par contre, un aspect normal des estomacs est présenté par les souris traitées par l'eau physiologique (G+) ou par le miel seul (EM). Les groupes de souris prétraités par le miel ont montré une protection et une réduction des lésions gastriques par rapport au groupe de contrôle G-. Le groupe de souris ayant reçu de l'Oméprazole a réduit significativement les ulcérations observées chez les souris de groupe G- (figure 4).



**Figure 4:** Photographie originale des estomacs après différents traitements.

Le mélange HCl / Ethanol (G-), Oméprazole (G+), solutions du miel à 25 mg / kg, 50 mg / kg et 100 mg / kg (G1, G2 et G3 respectivement), estomac normale (T) traitée par l'eau physiologique.

➤ **Evaluation de degré d'ulcération et d'inhibition par le calcul des surfaces**

L'effet gastroprotecteur de miel a permis de réduire significativement les lésions gastriques chez les souris prétraitées avec le mélange HCl / Ethanol. Ceci est évaluée avec le logiciel ImageJ en calculant approximativement les surfaces totales des estomacs et celles lésées.

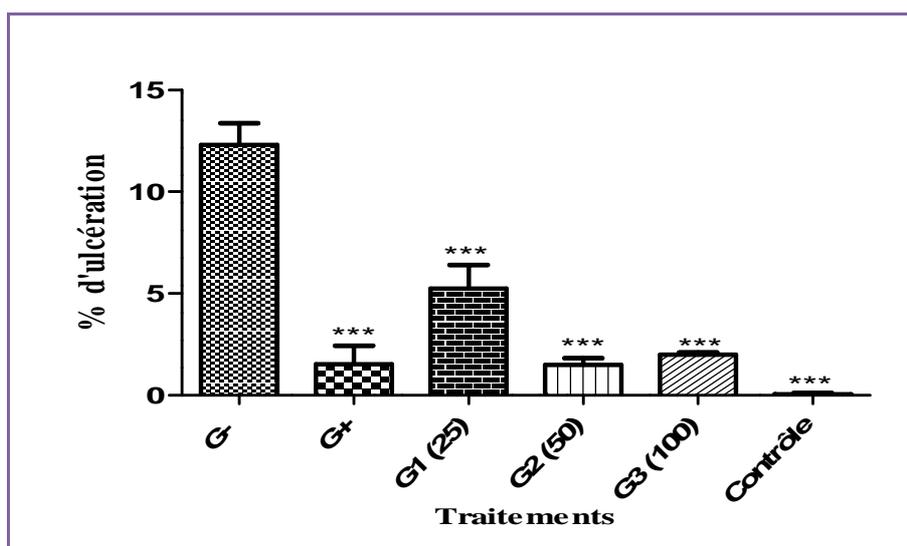
Le pourcentage d'ulcération le plus élevé correspond au groupe témoin négatif avec  $12,31 \pm 1,06$  %. Le groupe traité par l'Oméprazole présente une réduction significative ( $p < 0,05$ ) des surfaces lésées, ce qui coïncide au plus grand pourcentage d'inhibition soit 88,42 %.

Les souris ayant reçus du miel ont exhibé la présence d'une différence significative ( $p < 0,05$ ) entre le groupe de contrôle et les groupes traités (G1, G2, et G3) avec des pourcentages d'ulcération de 5,24 %, 1,49 % et 1,99 %, respectivement (Figure 5).

Le groupe G2 traité par le miel à 50 mg / kg a démontré la protection et la réduction de l'ulcère les plus élevées avec 1,49 et 87,90 %, respectivement (Tableau VIII).

**Tableau VIII:** Le pourcentage d'ulcération et d'inhibition pour les différents groupes.

Traitements	% d'ulcération $\pm$ SEM	% d'inhibition
G- (HCl / Ethanol)	$12,31 \pm 0,06$	-
G+ (Oméprazole)	$1,42 \pm 0,91$	88,42
EN (eau physiologique)	$0,05 \pm 0,05$	100,00
G1 (solution du miel, 25 mg / kg)	$5,24 \pm 1,17$	57,43
G2 (solution du miel, 50 mg / kg)	$1,49 \pm 0,33$	87,90
G3 (solution du miel, 100 mg / kg)	$1,99 \pm 0,12$	83,83



**Figure 5:** Effet de l'administration orale de différents traitements sur l'ulcère induit par HCl / Ethanol chez les souris. Le pourcentage d'ulcération est exprimé en moyenne  $\pm$  SEM pour  $n = 6$ , suivant le test one-way ANOVA suivi du test de Dunnett. \*\*\*  $p < 0,001$  significativement différent du groupe contrôle.

Le groupe G- traité par le mélange HCl / Ethanol présente le pourcentage d'ulcération optimal (12,31 %). En comparaison au G-, une réduction très hautement significative ( $p < 0,001$ ) des surfaces lésées, chez le groupe traité par l'Oméprazole et chez ceux traités par les différentes concentrations du miel.

Les résultats rapportés par **Nasuti et al. (2006)** ont montré que le miel à des doses plus élevées que celles utilisées dans la présente étude offrent toute la protection pour les ulcères induits par l'indométacine et la supplémentation des composants naturels n'améliore pas l'action gastroprotective du miel. Le prétraitement des rats avec du miel (2,5 g / kg) par **Almasaudi et al. (2015)** a fourni une protection significative de la muqueuse contre les lésions induites par l'éthanol (inhibition 96 %). Ce pourcentage d'inhibition ne diffère pas de celui des rats prétraités avec l'Omeprazole (40 mg / kg) (89 %). Cependant, les rats ayant reçu des concentrations de miel comme celles utilisées par la présente étude (0,1 et 1 g / kg) n'ont montré aucune protection.

D'après **Gürbüz et al. (2002)**, l'extrait aqueux de *Laurus nobilis* présente une inhibition de 83,8 % contre l'ulcère gastrique induit par l'éthanol, ce résultat est proche de celui du miel à 50 mg / kg et à 100 mg / kg trouvée dans cette étude (87,90 % et 83,83 %, respectivement).

Comme rapporté dans la littérature, tous les composants présents dans le miel (aluminium, sulfate et glucides) coopèrent à l'effet gastroprotecteur en adhérant à la muqueuse et formant une couche mécanique qui isole cette dernière des acides et de la pepsine (**Nasuti et al., 2006**).

L'effet gastroprotecteur du miel est probablement lié à ses caractéristiques physico-chimiques, ses enzymes et ses métabolites secondaires. Ces derniers sont doués d'activités antioxydantes et anti-inflammatoires. Par ailleurs, l'effet gastroprotecteur du miel peut être dû à sa richesse en phyto-constituants qui ont été déjà identifiés par des études antérieures telles que la quercétine et l'acide caféique (**Missio da Silva et al., 2016**), qui exercent une forte inhibition de la xanthine oxydase. Par conséquent, les oxydants sont piégés et les neutrophiles dans le muqueuse gastrique sont activées (**Nasuti et al., 2006**).

*CONCLUSION*

*ET*

*PERSPECTIVES*

L'Algérie est constituée d'une multitude de reliefs d'où l'existence d'une importante diversité végétale et des conditions climatiques favorables pour les abeilles, ce qui lui donne l'avantage d'avoir un miel de qualité et de différentes vertus soit nutritionnelles ou thérapeutiques.

Ce travail a permis d'évaluer les critères de qualité de 20 miels Algériens dont la majorité provient de la wilaya de Béjaïa, en se basant sur les résultats des analyses polliniques et physico-chimiques et des activités antioxydantes, antibactérienne et gastroprotectrice.

L'analyse pollinique montre que 12 miels sont polyfloraux et 8 autres sont monofloraux (4 miels de *Fabaceae*, 3 miels d'*Echium* et 1 miel de *Myrtaceae*). Les résultats obtenus concernant les propriétés physico-chimiques sont influencés par plusieurs paramètres: les conditions environnementales, le type de la flore butinée, la force de la colonie d'abeille et la compétence de l'apiculteur.

L'humidité des miels analysés varie de 12,86 à 18,76 %. Le pH oscille de 3,60 à 4,45. La conductivité électrique est comprise entre 0,39 à 2,79 mS / cm, les miels issus du nectar possèdent une conductivité électrique inférieure à 0,8 mS / cm ce qui confirme leur origine. Le pouvoir rotatoire montre que les miels analysés sont lévogyres à l'exception des miels M11 et M12 qui sont dextrogyres (+ 3,35 et + 1,10 respectivement) qui pourraient être des miels de miellat. La teneur en protéines et en proline oscillent de 48,46 à 112,46 mg E BSA / 100 g et de 204,88 à 1004,56 mg / kg respectivement. La teneur en HMF révèle des valeurs allant de 3,19 à 72,5 mg / kg, tous les miels répondent à la norme (> 40 mg / kg) excepté le M6 et le M13 qui la dépasse. La couleur enregistre des valeurs qui oscillent de 0,23 à 0,85 dont le miel 1 est le plus clair et le M12 est le plus foncé. En général, la couleur est le miroir de richesse de miel en antioxydants, le miel foncé en contient plus.

Les résultats des analyses physico-chimiques sont en accord, en général, avec les normes de la commission internationale du miel

La teneur en polyphénols des miels analysés montre une différence hautement significative qui varie de 41,37 à 217,09 mg EAG / 100 g, ainsi leur teneur en flavonoïdes et en caroténoïdes qui oscillent de 0,74 à 3,92 mg EC / 100 g et de 0,001 à 0,060 mg E $\beta$ -carotène / 100 g. Le miel M1 contient des taux faibles en polyphénols se qui révèle la couleur clair, par contre, les miels M20 et M2 de couleur foncé présentent des teneurs élevées en polyphénols et en flavonoïdes.

Les miels analysés montrent des activités antioxydantes importantes. L'activité antiradicalaire par l'ABTS et par le DPPH fluctuent de 4,01 à 62,87 % et de 5,39 à 73,53 %.

L'activité antioxydante par le test de FRAP et pouvoir réducteur montre des taux qui oscillent de 99,31 à 830,24 mg EAG / 100 g et de 3,72 à 36,53 mg EAG / 100 g, respectivement.

Les résultats de l'activité antibactérienne de huit miels (M8, M10, M11, M12, M14, M17, M18 et M20) montrent des zones inhibition qui varient de 12,33 à 22 mm avec la souche *S. aureus* et de 6,6 à 15 mm avec *E. coli*. En comparant ces résultats aux antibiotiques utilisés, il ressort que l'activité antibactérienne des miels analysés est de qualité thérapeutique importante.

L'effet gastroprotecteur de trois doses de miel M20 (G1 = 25 mg / kg, G2 = 50 mg / kg et G3 = 100 mg / kg) révèle des pourcentages d'inhibition de l'ulcération qui varient de 57,43; 87,90 et 83,83 %, respectivement. La dose G2 montre le pourcentage le plus proche de celui de l'Oméprazole (88,42 %). Ces résultats montrent une action thérapeutique intéressante de miel sur l'ulcère.

Des études complémentaires peuvent être envisagées afin de compléter ce travail:

- ★ Évaluation de l'activité antibactérienne sur une large gamme de bactéries pathogènes et résistantes afin de valoriser l'utilisation des substances naturelles dans le traitement des différentes maladies.
- ★ Identification des composés impliqués dans le pouvoir gastroprotecteur et élucidation de leur mode d'action.
- ★ Réalisation des études à grande échelle sur des mélanges miel - plante médicinale afin d'augmenter leurs effets thérapeutiques.

*REFERENCES*  
*BIBLIOGRAPHIQUES*

A

- ☞ **Alagwu, E.A., Nneli, R.O., Egwurugwu, J.N. et Osim, E.E. (2011).** Gastric cytoprotection and honey intake in albino Rats. *Nigerian Journal of Physiological Sciences*, 26: 39-42.
- ☞ **Al-Habsi, N.A. et Niranjana, K. (2012).** Effect of high hydrostatic pressure on antimicrobial activity and quality of Manuka honey. *Food Chemistry*, 135: 1448-1454.
- ☞ **Almasaudi, S.B., El-Shitany, N.A., Abbas, A.T., Abdel-dayem, U.A., Ali, S.S., Al Jaouni, S.K. et Harakeh, S. (2016).** Antioxidant, anti-inflammatory, and antiulcer potential of Manuka honey against gastric ulcer in rats. *Hindawi Publishing Corporation, Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 10 p.
- ☞ **Alvarez-Suarez, J.M., Tulipani, S., Diaz, D., Estevez, Y., Romandini, S., Giampieri, F., Damiani, E., Astolfi, P., Bompadre, S. et Battino, M. (2010).** Antioxidant and antimicrobial capacity of several monofloral Cuban honeys and their correlation with color, polyphenol content and other chemical compounds. *Food and Chemical Toxicology*, 48: 2490-2499.
- ☞ **Amić, D., Davidović-Amić, D., Bešlo, D. et Trinajstić, N. (2003).** Structure-radical scavenging activity relationships of flavonoids. *Croatica chemica ACTA CCACAA.*, 76 (1): 55-61.

B

- ☞ **Bath, P.K. et Singh, N. (1999).** A comparison between *Helianthus annuus* and *Eucalyptus lanceolatus* honey. *Food Chemistry*, 67: 389-397.
- ☞ **Belay, A., Solomon, W.K., Bultossa, G., Adgaba, N. et Melaku, S. (2013).** Physicochemical properties of the Hareenna forest honey, Bale, Ethiopia. *Food Chemistry*, 141: 3386-3392.
- ☞ **Belay, A., Solomon, W.K., Bultossa, G., Adgaba, N. et Melaku, S. (2015).** Botanical origin, colour, granulation, and sensory properties of the Hareenna forest honey, Bale, Ethiopia. *Food Chemistry*, 167: 213-219.
- ☞ **Belhaj, O., Oumato, J. et Zrira, S. (2015).** Étude physico-chimique de quelques types de miels marocains. *Marocan Science Agronomy and Veterinary*, 3 (3): 71-75.
- ☞ **Bentabol-Manzanares, A., Hernández-García, Z., Rodríguez-Galdón, B., Rodríguez, E. et Díaz Romero, C. (2014).** Physicochemical characteristics of minor monofloral honeys from Tenerife, Spain. *Food Science and Technology*, 55: 572-578.

- ☞ **Beretta, G., Granata, P., Ferrero, M., Orioli, M. et Facino, R.M. (2005).** Standardization of antioxidant properties of honey by a combination of spectrophotometric/ fluorimetric assays and chemometrics. *Analytica Chimica Acta*, 533: 185-191.
- ☞ **Bertrand, B. (2013).** Analyse de la diversité moléculaire de populations d'abeilles de la lignée ouest-méditerranéenne (*Apis mellifera mellifera*): application à la conservation. *HAL*.
- ☞ **Bettar, I., González-Miret, M.L., Hernanz, D., Marconi, A., Heredia, F.J. et Terrab, A. (2015).** Characterisation of Moroccan Spurge (*Euphorbia*) honeys by their physicochemical characteristics, mineral contents and colour. *Arabian Journal of Chemistry*.
- ☞ **Bogdanov, S. (1997).** Antibacterial substances in honey. *Swiss Bee Research Centre*, 10 p.
- ☞ **Bogdanov, S. et Blumer, P. (2001).** Propriétés antibiotiques naturelles du miel. *Centre Suisse de Recherches Apicoles*, 98 (3): 107-114.
- ☞ **Bogdanov, S., Martin, P., Lüllman, C., Borneck, R., Morlot, M., Heritier, J., Vorwohl, G., Russmann, H., Persano-Oddo, L., Sabatini, A.G., et al. (1997).** Harmonised methods of the european honey commission. *Apidologie*, 1-59.
- ☞ **Bogdanov, S., Lüllman, C., Martin, P., Von Der Ohe, W., Russmann, H., Vorwohl, G., Persano-Oddo, L., Sabatini, A.G., Marcazzan, G.L., Piro, R. et al. (1999).** Honey quality and international regulatory standards: review by the international honey commission. *Bee World*, 80 (2): 61- 69.
- ☞ **Bogdanov, S., Ruoff, K. et Persano Oddo, L. (2004).** Physico-chemical methods for characterisation of unifloral honeys, *Apidologie*, 35: 4-17.
- ☞ **Bonté, F. et Desmoulière, A. (2013).** Le miel: origine et composition. *Actualités pharmaceutiques*, 531: 18-21.
- ☞ **Bradford, M.M. (1976).** A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72: 248-254.
- ☞ **Brudzynski, K., Abubaker, K. et Miotto, D. (2012).** Unraveling a mechanism of honey antibacterial action: Polyphenol/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-induced oxidative effect on bacterial cell growth and on DNA degradation. *Food Chemistry*, 133: 329-336.

☞ **Bueno-Costa, F.M., Zambiasi, R.C., Wendt Bohmer, B., Chaves, F.C., Padilha da Silva, W., Zanusso, J.T. et Dutra, I. (2016).** Antibacterial and antioxidant activity of honeys from the state of Rio Grande do Sul, Brazil. *LWT - Food Science and Technology*, 65: 333-340.

C

☞ **Can, Z., Yildiz, O., Sahin, H., Turumtay, E.A., Silici, S. et Kolayli, S. (2015).** An investigation of Turkish honeys: Their physico-chemical properties, antioxidant capacities and phenolic profiles. *Food Chemistry*, 180: 133-141.

☞ **Canadanovic-Brunet, J., Gordana Cetkovic, G., Saponjaca, V.T., Stajcic, S., Vulica, J., Djilas, S., Stajner, D. et Popovic, B. (2014).** Evaluation of phenolic content, antioxidant activity and sensory characteristics of Serbian honey-based product. *Industrial Crops and Products*, 62: 1-7.

☞ **Codex Alimentarius Commission. (2001).** Revised codex standard for honey. *Revue*, 12: 1-7.

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

☞ **Cortopassi-Laurino, M. et Gelli, D. (1991).** Analyse pollinique, propriétés physico-chimiques et action antibactérienne des miels d'abeilles africanisées *Apis mellifera* et de Méliponines du Brésil. *Apidologie, Springer Verlag*, 22 (1): 61-73.

☞ **Couquet, Y., Desmolière, A. et Rigal, M.L. (2013).** Les propriétés antibactériennes et cicatrisantes du miel. *Actualités pharmaceutiques*, 531: 22-25.

D

☞ **Das, A., Datta, S., Mukherjee, S., Bose, S., Ghosh, S. et Dhar, P. (2015).** Evaluation of antioxidative, antibacterial and probiotic growth stimulatory activities of Sesamum indicum honey containing phenolic compounds and lignans. *Food Science and Technology*, 61: 244-250.

☞ **Decourtye, A., Lecompte, P., Pierre, J., Chauzat, M-P. et Thiébeau, P. (2007).** Introduction de jachères florales en zones de grandes cultures : comment mieux concilier agriculture, biodiversité et apiculture?. *Institut National de la Recherche Agronomique*, 54: 33-55.

☞ **Desmoulière, A. (2013).** Le miel, de remarquables propriétés cicatrisantes. *Actualités pharmaceutiques*, 531: 17.

- ∞ **Desmoulière, A. et Bonté, A. (2013).** Le miel, quel intérêt en cicatrisation. Le miel, de remarquables propriétés cicatrisantes. *Actualités pharmaceutiques*, n° 531.
- ∞ **Di Carlo, G., Mascolo, N., Izzo, A.A. et Capasso, F. (1999).** Flavonoids: old and new aspects of a class of natural therapeutic drugs. *Life Science*, 65: 337-53.
- ∞ **Doukani, K., Tabak, S., Derriche, A. et Hacini, Z. (2014).** Etude physicochimique et phytochimique de quelques types de miels Algériens. *Ecologie-Environnement*, 10: 1112-5888.

E

- ∞ **Elbanna, K., Attalla, K., Elbadry, M., Abdeltawab, A., Gamal-Eldin, H. et Ramadan, M.F. (2014).** Impact of floral sources and processing on the antimicrobial activities of different unifloral honeys. *Asian Pacific Journal of Tropical Diseases*, 4 (3): 194-200.
- ∞ **Erel, O. (2004).** A novel automated direct measurement method for total antioxidant capacity using a new generation, more stable ABTS radical cation. *Clinical Biochemistry*, 37: 277-285.
- ∞ **Escuredo, O., Seijo, M.C., Salvador, J. et González-Martín, M.I. (2013).** Near infrared spectroscopy for prediction of antioxidant compounds in the honey. *Food Chemistry*, 141: 3409-3414.

G

- ∞ **Ganash, M.A., Mujallid, M.I., Al-Robai, A.A. et Bazzaz, A.A. (2014).** Cytoprotectivity of the natural honey against the toxic effects of Doxorubicin in mice. *Advances in Bioscience and Biotechnology*, 5: 252-260.
- ∞ **Gharzouli, K., Amira, S., Gharzouli, A. et Khennouf, S. (2002).** Gastroprotective effects of honey and glucose-fructose-sucrose-maltose mixture against ethanol-, indomethacin and acidified aspirin-induced lesions in the rat. *Experimental and Toxicologic Pathology*, 54: 217-221.
- ∞ **Gürbüz, İ., Üstün, O., Yeşilada, E., Sezik, E. et Akyürek, N. (2002).** In vivo gastroprotective effects of five Turkish folk remedies against ethanol-induced lesions. *Journal of Ethnopharmacology*, 83: 241-244.

H

- ∞ **Habib, H.M., Al Meqbali, F.T., Kamal, H., Souka, U.D. et Ibrahim, W.H. (2014).** Physicochemical and biochemical properties of honeys from arid regions. *Food Chemistry*, 153: 35-43.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- ☞ **Hara, N. et Okabe, S. (1985).** Effect of gefernate on acute lesions in rats. *Folia Pharmacologica Japonica*, 85: 443-448.
- ☞ **Holt, S., Howden, C.W. (1991).** Omeprazole. *Digestive Diseases and Sciences*, 36 (4): 385-393.
- ☞ **Hoyet, C. (2005).** Le miel: De la source à la thérapeutique, Thèse en vue d'obtention de docteur en pharmacie, Pharmacie, Université Henri Poincaré - Nancy-I, p. 87.
- ☞ **Huchet, E., Julie, C. et Laurent, G. (1996).** Les constituants chimiques du Miel. *Science et Medecine*, 4: 1-7.

### I

- ☞ **Irlande, D. (2010).** Le miel et ses propriétés thérapeutiques. Utilisation dans les plaies cutanées. 1-25.
- ☞ **Islam, A., Khalil, I., Islam, N., Moniruzzaman, M., Mottalib, A., Sulaiman, S.A. et Gan, S.H. (2012).** Physicochemical and antioxidant properties of Bangladeshi honeys stored for more than one year. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 12:177.

### K

- ☞ **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.

### L

- ☞ **Lazarević, K.B., Andrić, F., Trifković, J., Tešić, Ž. et Milojković-Opsenica, D. (2012).** Characterisation of Serbian unifloral honeys according to their physicochemical parameters. *Food Chemistry*, 132: 2060-2064.
- ☞ **Leleux, J.P. (2012).** Guide pour la mise en place de plantations mellifères. *Communauté d'Agglomération Pôle Azur Provence*, 2-39.
- ☞ **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 Chemistry*, 139: 938-943.
- ☞ **Louveaux, J., Maurizio, A. et Vorwohl, G. (1978).** Methods of melissopalynology. *Bee World*, 59: 139-157.

### M

- ☞ **Makhloufi, C., Kerkvliet, D., Ricciardelli-D'albore, G., Choukri, A. et Samar, R. (2010).** Characterization of Algeriean honeys by palynological and physico-chemical methods. *Apidologie*, 41: 509-521.

- ☞ **Manjusha, Kumar, V. et Singh, S. (2013).** Gastroprotective activity of methanol leaves extract of *Barleria prionitis* linn on ethanol and indomethacin induced ulcer in rats. *British Journal of Pharmaceutical Research*, 3 (4): 817-829.
- ☞ **Martins, J.L.R., Rodrigues, O.R.L., Silva, D.M., Galdino, P.M., De Paula, J.R., Romão, W., Costa, H.B., Vaz, B.G., Ghedini, P.C. et COSTA, E.A. (2014).** Mechanisms involved in the gastroprotective activity of *Celtis iguanaea* (Jacq). Sargent on gastric lesions in mice. *Journal of Ethnopharmacology*, 155: 1616-1624.
- ☞ **Meda, A., Lamien, C.E., Romito, M., Millogo, J. et Nacoulma, O.G. (2005).** Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Fasho honey, as well as their radical scavenging activity. *Food Chemistry*, 91: 571-577.
- ☞ **Missio da Silva, P., Gauche, C., Gonzaga, L.V., Oliveira Costa, A.C. et Fett, R. (2016).** Honey: Chemical composition, stability and authenticity. *Food Chemistry*, 196: 309-323.
- ☞ **Molyneux, P. (2004).** The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 26 (2): 211-219.
- ☞ **Moniruzzaman, M., An, C.Y., Rao, P.V., Hawlader, M.N., Amirah, S., Bintimohd, A., Sulaiman, S.A. et Gan, S.H. (2014).** Identification of phenolic acids and flavonoids in monofloral honey from Bangladesh by high performance liquid chromatography: Determination of antioxidant capacity. *Hindawi Publishing Corporation*, 1-13.
- ☞ **Moniruzzaman, M., Sulaiman, S.A., Khalil, M.I. et Gan S.H. (2013).** Evaluation of physicochemical and antioxidant properties of sourwood and other Malaysian honeys: a comparison with Manuka honey. *Chemistry Central Journal*, 7: 138.

*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.
- ☞ **Nasuti, C., Gabbianelli, R., Falcionib, G. et Cantalamessa, F. (2006).** Antioxidative and gastroprotective activities of anti-inflammatory formulations derived from chestnut honey in rats. *Nutrition Research*, 26: 130-137.

*O*

- ☞ **Ouchemoukh, S. (2012).** Caractérisation physicochimique, profils polliniques, glucidiques et phénoliques et activités antioxydantes de miels Algériens. Thèse Doctorat, Biochimie. Université Abderrahmane Mira de Béjaïa, p. 162.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- ☞ **Ouchemoukh, S., Louaileche, H. et Schweitzer, P. (2007).** Physicochemical characteristics and pollen spectrum of some Algerian honeys. *Food Chemistry*, 18: 52-58.
- ☞ **Oudjet, k. (2012).** Le miel, Une Denrée à Promouvoir. *Infos-CACQE*, N°: 00: 1-3.

### P

- ☞ **Perna, A., Simonetti, A., Intaglietta, I. et Gambacorta, E. (2013).** Antioxidant properties, polyphenol content and colorimetric characteristics of different floral origin honeys from different areas of southern Italy. *Journal of Life Sciences*, 7 (4): 428-436.
- ☞ **Petit, N. (2012).** Le miel au secours de la médecine conventionnelle. *Santé*, 13-17.
- ☞ **Polus, P. (2007).** Récolte et conditionnement du miel. *Syndicat National de l'Apiculture*. 13 p.

### 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 and Medicine*, 26: 1231-1237.
- ☞ **Reille, M. (2013).** Leçons de palynologie et d'analyse pollinique. *Centre National de la Recherche scientifique*, 163p.
- ☞ **Ribeiro, R.O.R., Mársico, E.T., da Silva Carneiro, C., Guerra Monteiro, M.L., Júnior, C.A.C., Mano, S. et Oliveira de Jesus, E.F. (2014).** Classification of Brazilian honeys by physical and chemical analytical methods and low field nuclear magnetic resonance (LF <sup>1</sup>H NMR). *LWT - Food Science and Technology*, 55: 90-95.
- ☞ **Ribéreau-Gayon, J., Peynaud, E., Sudraud, P. et Ribéreau-Gayon, P. (1982).** Composés phénolique. In « traité d'oenologie, science et technique du vin ». *Edition Dunod*, 477-499.
- ☞ **Rodriguez-Flores, M.S., Escuredo, O. et Carmen Seijo, M. (2015).** Assessment of physicochemical and antioxidant characteristics of *Quercus pyrenaica* honeydew honeys. *Food Chemistry*, 166: 101-106.

### S

- ☞ **Salwa, H.A. et Maher, A.A.M. (2014).** Antibacterial Potential and Physicochemical Properties. *Global Advanced Research Journal*, 3 (3): 049-058.
- ☞ **Sanz, M.L., Gonzalez, M., De Lorenzo, C., Sanz, J. et Martinez-Castro, I. (2005).** A contribution to the differentiation between nectar honey and honeydew honey. *Food Chemistry*, 91: 313-317.

- ∞ **Sass-Kiss, A., Kiss, J., Mitotay, P., Kerek, M.M. et Toth-Markus, M. (2005).** Differences in anthocyanin and carotenoid content of fruits and vegetables. *Food Research International*, 38: 1023-1029.
- ∞ **Saxena, S., Gautam, S. et Sharma, A. (2010).** Physical, biochemical and antioxidant properties of some Indian honeys. *Food Chemistry*, 118 (2): 391-397.
- ∞ **Sultanbawa, Y., Cozzolino, D., Fuller, S., Cusack, A., Currie, M. et Smyth, H. (2015).** Infrared spectroscopy as a rapid tool to detect methylglyoxal and antibacterial activity in Australian honeys. *Food Chemistry*, 172: 207-212.

T

- ∞ **Terrab, A., Gonzalez, A.G., Diez, M.J. et Heredia, F.J. (2003).** Characterization of Moroccan unifloral honeys using multivariate analysis. *European Food Research and Technology*, 218: 88-95.

U

- ∞ **Urquiaga, I. et Leighton, F. (2000).** Plant polyphenol antioxidants and oxidative stress. *Biological Research*, 33 (2): 55-64.
- ∞ **Uthurry, C.A., Hevia, D. et Gomez-Cordoves, C. (2011).** Role of honey polyphenols in health. *Journal of ApiProduct and ApiMedical Science*, 3 (4): 141-159.

V

- ∞ **Vanier, P. et Cyr, J. (2016).** Miel. Profil santé, Institut des nutraceutiques et des aliments fonctionnels.
- ∞ **Vennetier, M., Bodin, J., Baudel, J., Piana, C., Celse, R., Ripert, C., Esteève, R., Lopez, J.M., Guéra, F., Martin, W. et Lemoine, T. (2013).** Débroussaillement réglementaire et apiculture. *Unité de recherche Écosystèmes Méditerranées et Risques*, 2-39.
- ∞ **Voidarou, C., Alexopoulos, A., Plessas, S., Karapanou, A., Mantzourani, I., Stavropoulou, E., Fotou, K., Tzora, A., Skoufos, I. et Bezirtzoglou, E. (2011).** Antibacterial activity of different honeys against pathogenic bacteria. *Anaerobe*, 17: 375-379.

W

- ∞ **Wardenier, R. (2012).** Le monde fascinant des abeilles. *Journal des Enfants*, 1- 4.
- ∞ **Wilczyńska, A. (2014).** Effect of filtration on colour, antioxidant activity and total phenolics of honey. *LWT - Food Science and Technology*, 57: 767-774.

Υ

- ∞ Yao, L., Datta, N., Tomas-Barberan, F.A., Ferreres, F., Martos, I. et Singanusong, R. (2003). Flavonoid, phenolic acids and abscisic acid in Australian and New Zealand Leptospermum honeys. *Food Chemistry*, 81 (2): 159-168.
- ∞ Yucel, Y. et Sultanoglu, P. (2013). Characterization of honeys from Hatay Region by their physicochemical properties combined with chemometrics. *Food Bioscience* 1, 16-25.

Site internet

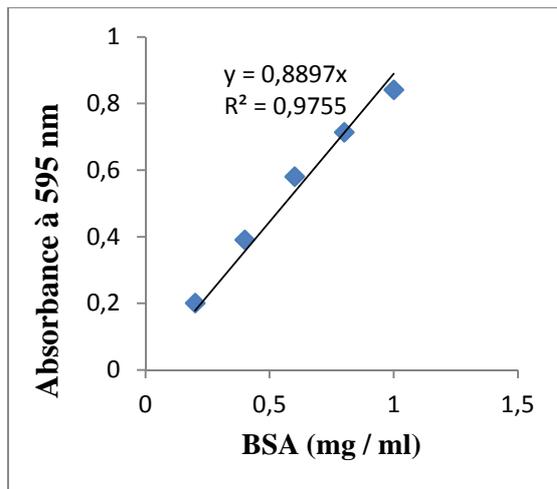
- ∞ La Catoire Fantasque (2013). <http://www.catoire-fantasque.be/animaux/abeille/histoire-apiculture-prehistoire.html>.

# *ANNEXES*

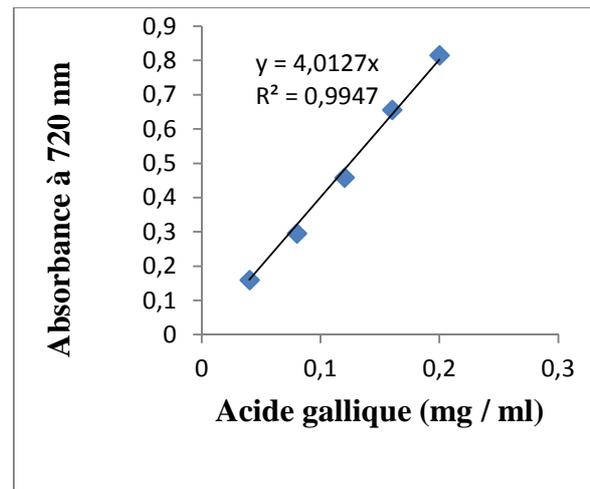
Table de CHATAWAY

<b>Indice de réfraction à 20 °C</b>	<b>Teneur en eau (%)</b>	<b>Indice de réfraction à 20 °C</b>	<b>Teneur en eau (%)</b>
1,5044	<b>13,0</b>	1,4885	<b>19,2</b>
1,5038	<b>13,2</b>	1,4880	<b>19,4</b>
1,5033	<b>13,4</b>	1,4875	<b>19,6</b>
1,5028	<b>13,6</b>	1,4870	<b>19,8</b>
1,5023	<b>13,8</b>	1,4865	<b>20,0</b>
1,5018	<b>14,0</b>	1,4860	<b>20,2</b>
1,5012	<b>14,2</b>	1,4855	<b>20,4</b>
1,5007	<b>14,4</b>	1,4850	<b>20,6</b>
1,5002	<b>14,6</b>	1,4845	<b>20,8</b>
1,4997	<b>14,8</b>	1,4840	<b>21,0</b>
1,4992	<b>15,0</b>	1,4835	<b>21,2</b>
1,4987	<b>15,2</b>	1,4830	<b>21,4</b>
1,4982	<b>15,4</b>	1,4825	<b>21,6</b>
1,4976	<b>15,6</b>	1,4820	<b>21,8</b>
1,4971	<b>15,8</b>	1,4815	<b>22,0</b>
1,4966	<b>16,0</b>	1,4810	<b>22,2</b>
1,4961	<b>16,2</b>	1,4805	<b>22,4</b>
1,4956	<b>16,4</b>	1,4800	<b>22,6</b>
1,4951	<b>16,6</b>	1,4795	<b>22,8</b>
1,4946	<b>16,8</b>	1,4790	<b>23,0</b>
1,4940	<b>17,0</b>	1,4785	<b>23,2</b>
1,4935	<b>17,2</b>	1,4780	<b>23,4</b>
1,4930	<b>17,4</b>	1,4775	<b>23,6</b>
1,4925	<b>17,6</b>	1,4770	<b>23,8</b>
1,4920	<b>17,8</b>	1,4765	<b>24,0</b>
1,4915	<b>18,0</b>	1,4760	<b>24,2</b>
1,4910	<b>18,2</b>	1,4755	<b>24,4</b>
1,4905	<b>18,4</b>	1,4750	<b>24,6</b>
1,4900	<b>18,6</b>	1,4745	<b>24,8</b>
1,4895	<b>18,8</b>	1,4740	<b>25,0</b>
1,4890	<b>19,0</b>		

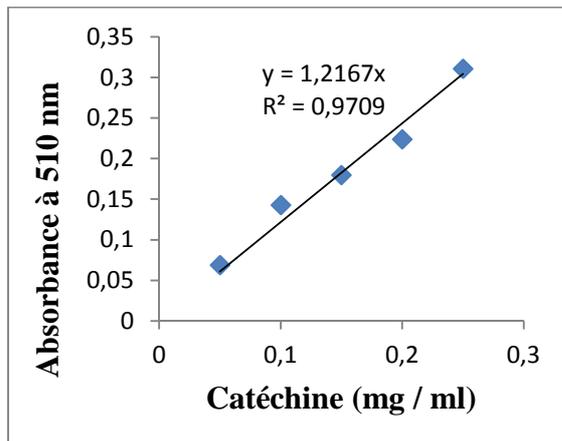
## Courbes d'étalonnages



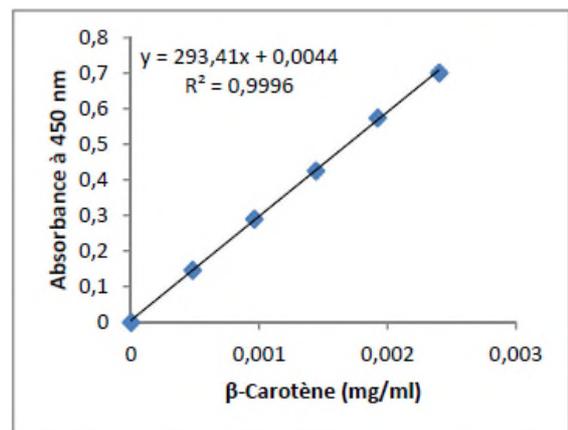
**Figure 01:** Courbe d'étalonnage des protéines.



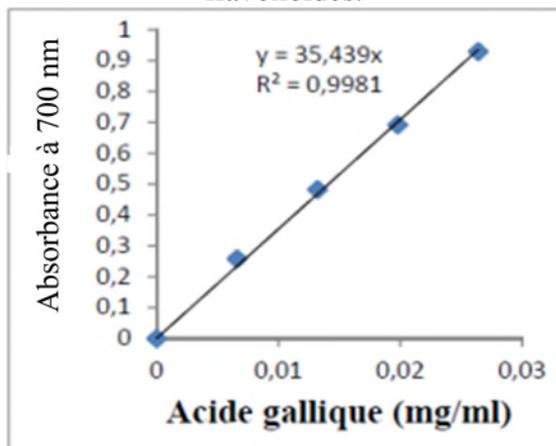
**Figure 02:** Courbe d'étalonnage des phénols totaux.



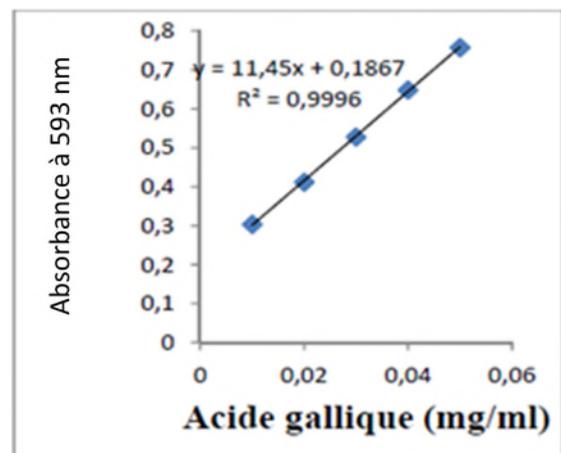
**Figure 03:** Courbe d'étalonnage des flavonoïdes.



**Figure 04:** Courbe d'étalonnage des caroténoïdes

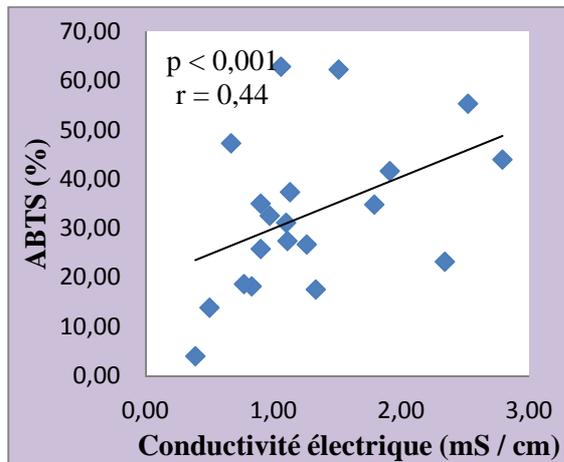


**Figure 05:** Courbe d'étalonnage du pouvoir réducteur.

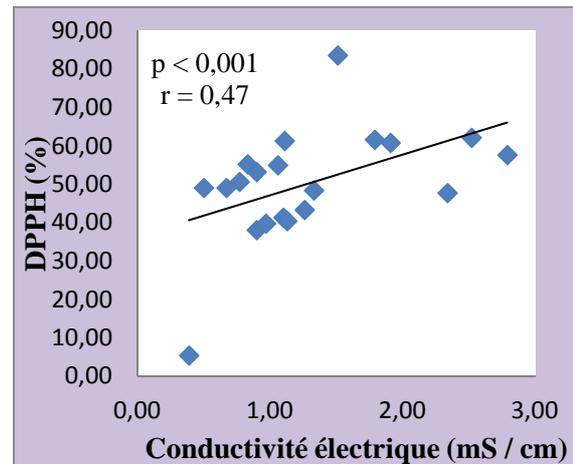


**Figure 06:** Courbe d'étalonnage du test FRAP.

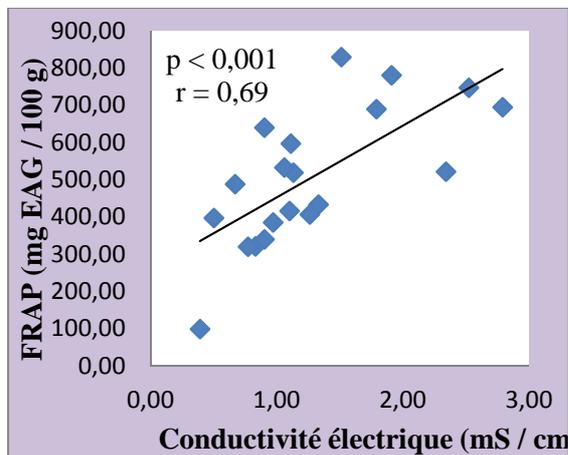
## Corrélations paramètres physico-chimiques et activités antioxydantes



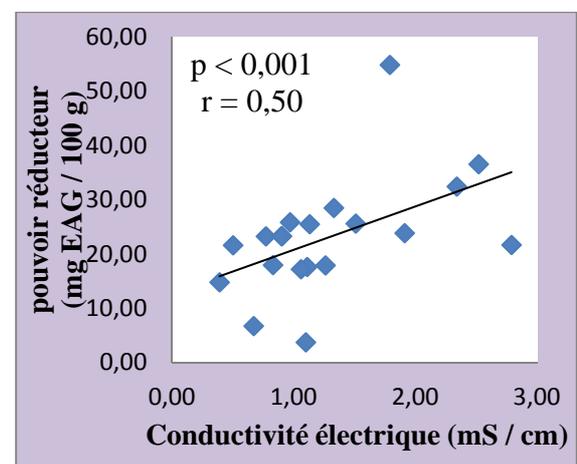
**Figure 01:** Corrélacion entre conductivité électrique et ABTS.



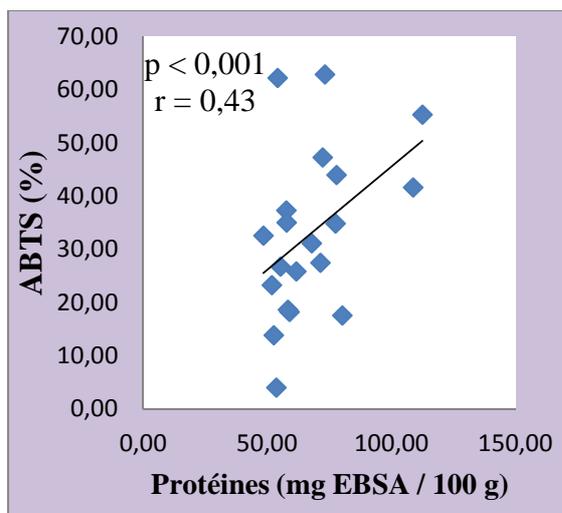
**Figure 02:** Corrélacion entre conductivité électrique et DPPH.



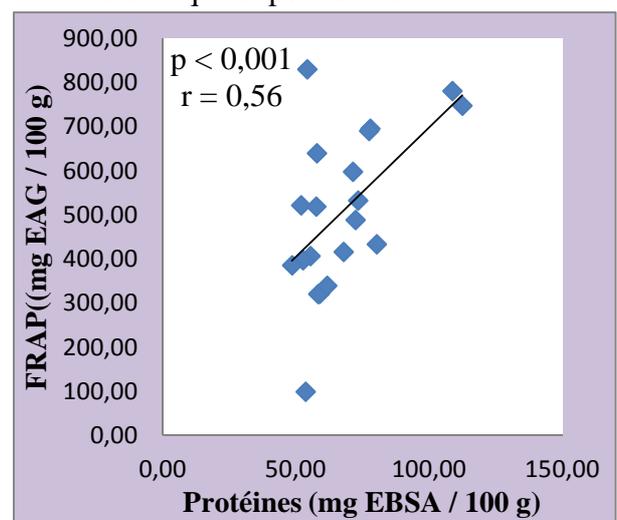
**Figure 03:** Corrélacion entre conductivité électrique FRAP.



**Figure 04:** Corrélacion entre conductivité électrique et pouvoir réducteur.

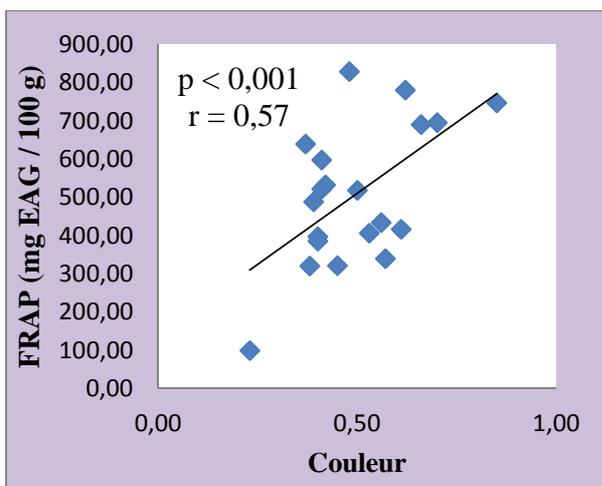
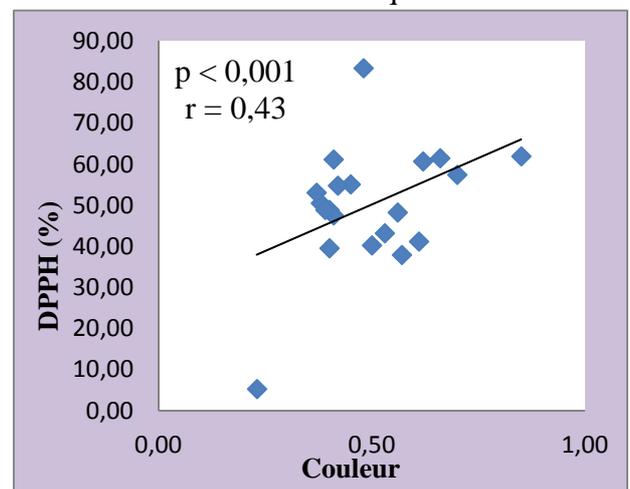
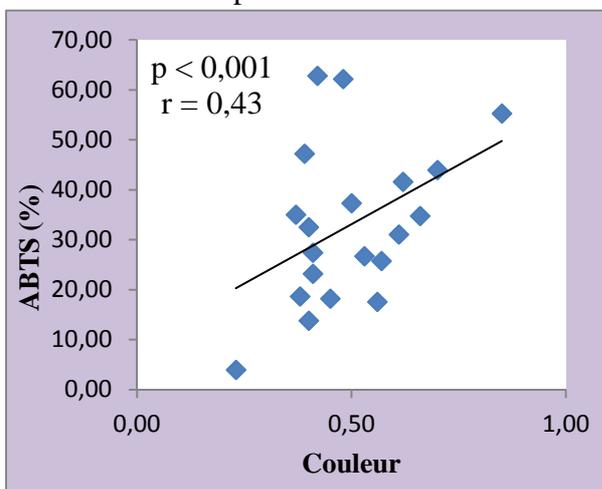
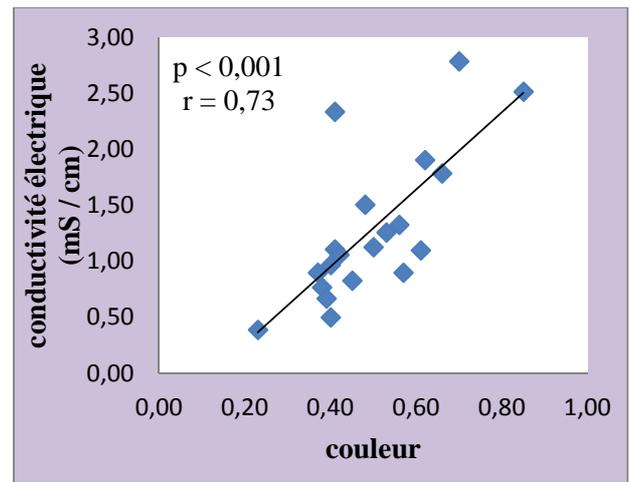
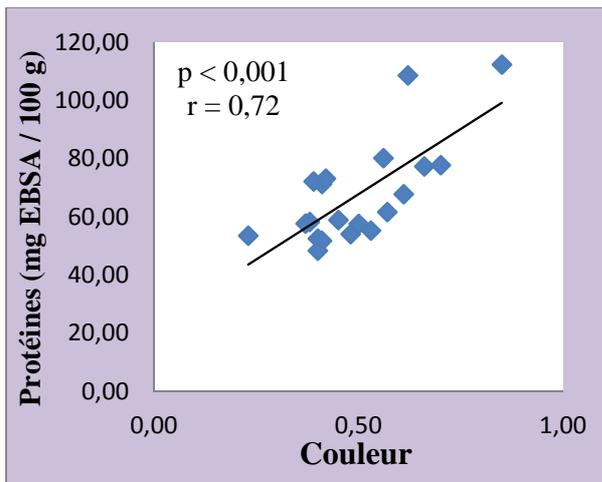


**Figure 05:** Corrélacion entre protéines et ABTS.

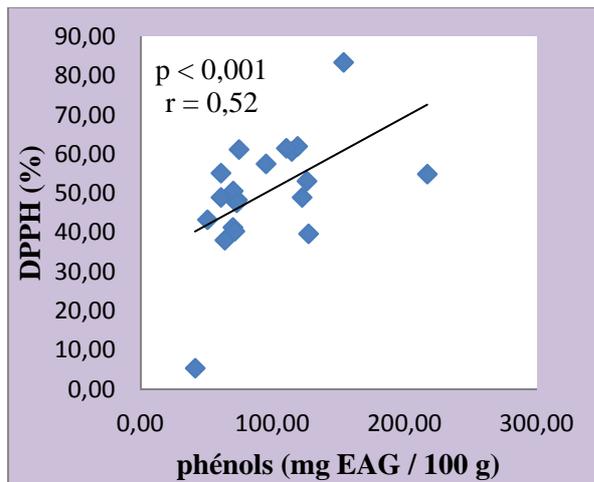


**Figure 06:** Corrélacion entre protéines et FRAP.

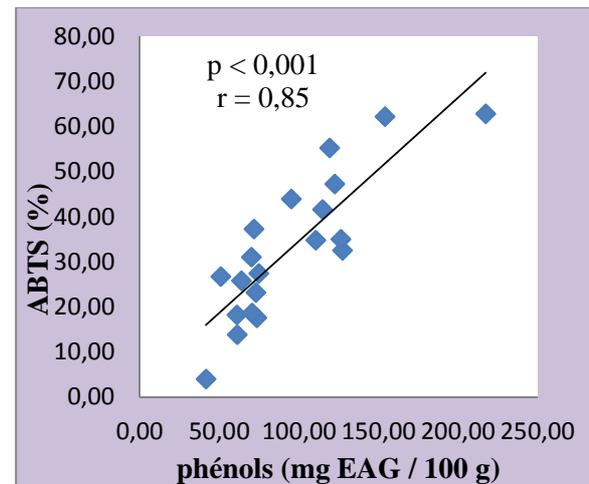
## Corrélation couleur et paramètres physico-chimiques, activités antioxydantes



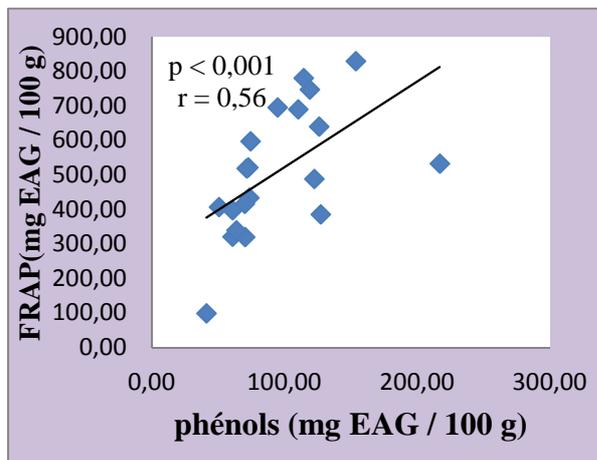
## Corrélations antioxydants et activités antioxydantes



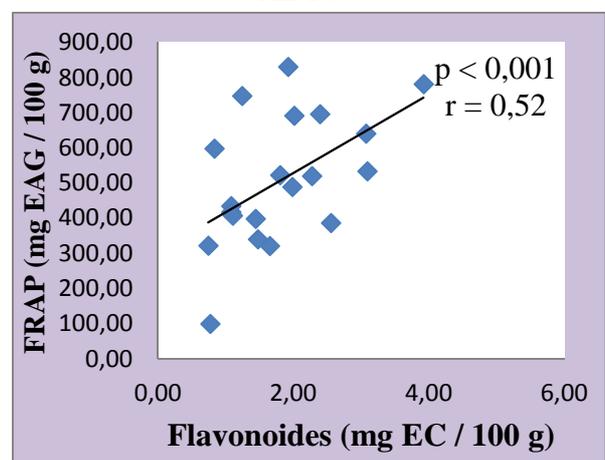
**Figure 02:** Corrélation entre phénols et DPPH.



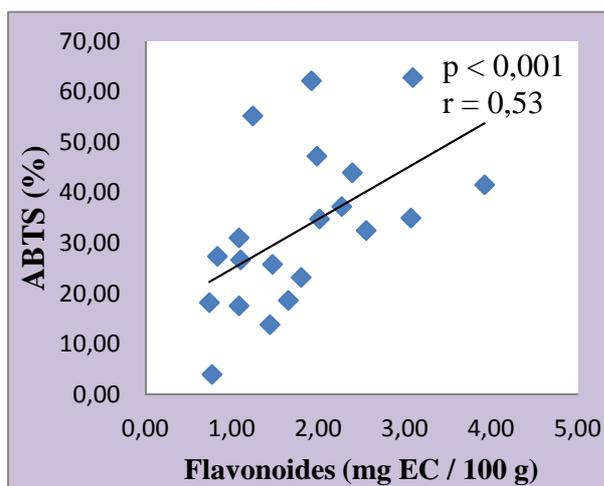
**Figure 01:** Corrélation entre phénols et ABTS.



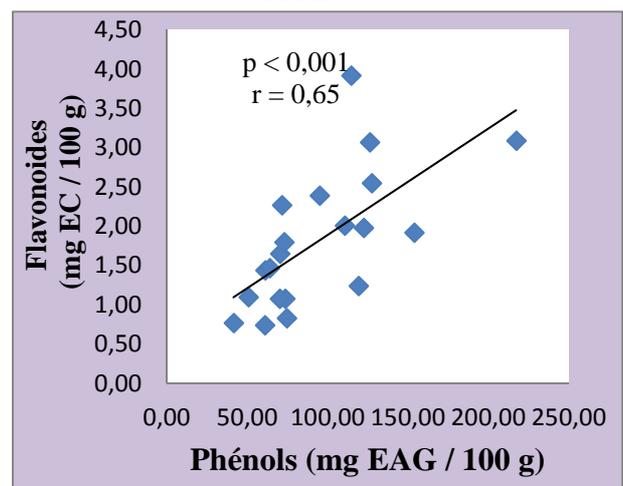
**Figure 03:** Corrélation entre phénols et FRAP.



**Figure 04:** Corrélation entre flavonoïdes et FRAP.



**Figure 05:** Corrélation entre flavonoïdes et ABTS.



**Figure 06:** Corrélation entre phénols et flavonoïdes.

Corrélations significatives marquées à  $p < 0,05$ ;  $p < 0,01$  et  $p < 0,001$  des miels analysés

Suite...		Corrélations significatives marquées à $p < ,05000$ N=60 (Suppression des observ. à VM)													
Variable	HUMID	PH	BRIX	COULEU R	CONDU	P_RÉDU CT	HMF	PROTÉI NE	PROLIN E	PHÉNOL S	FLAVO	ABTS	DPPH	FRAP	CAROT
HUMID	1,00	,03	-,82	-,17	-,08	,10	-,19	-,17	-,09	-,34	-,40	-,33	-,34	-,30	,18
PH	,03	1,00	,08	,51	,34	,04	-,41	,35	-,12	-,01	-,06	,23	,37	,27	,36
BRIX	-,82	,08	1,00	,19	,14	-,05	,24	,35	,22	,28	,53	,24	,26	,31	-,15
COULEUR	-,17	,51	,19	1,00	,73	,41	-,11	,72	,32	,10	,06	,42	,43	,57	-,08
CONDU	-,08	,34	,14	,73	1,00	,50	,29	,56	,41	,19	,24	,44	,47	,69	-,16
P_RÉDUCT	,10	,04	-,05	,41	,50	1,00	,40	,24	,45	,11	,15	,09	,33	,42	-,11
HMF	-,19	-,41	,24	-,11	,29	,40	1,00	,03	,22	-,06	,18	-,16	,09	,14	-,22
PROTÉINE	-,17	,35	,35	,72	,56	,24	,03	1,00	,57	,27	,25	,43	,36	,56	-,12
PROLINE	-,09	-,12	,22	,32	,41	,45	,22	,57	1,00	,29	,26	,19	,27	,45	-,23
PHÉNOLS	-,34	-,01	,28	,10	,19	,11	-,06	,27	,29	1,00	,65	,85	,52	,56	-,20
FLAVO	-,40	-,06	,53	,06	,24	,15	,18	,25	,26	,65	1,00	,53	,28	,52	-,29
ABTS	-,33	,23	,24	,42	,44	,09	-,16	,43	,19	,85	,53	1,00	,64	,76	-,22
DPPH	-,34	,37	,26	,43	,47	,33	,09	,36	,27	,52	,28	,64	1,00	,83	,08
FRAP	-,30	,27	,31	,57	,69	,42	,14	,56	,45	,56	,52	,76	,83	1,00	-,24
CAROT	,18	,36	-,15	-,08	-,16	-,11	-,22	-,12	-,23	-,20	-,29	-,22	,08	-,24	1,00

Suite...		Corrélations significatives marquées à $p < ,01000$ N=60 (Suppression des observ. à VM)													
Variable	HUMID	PH	BRIX	COULEU R	CONDU	P_RÉDU CT	HMF	PROTÉI NE	PROLIN E	PHÉNOL S	FLAVO	ABTS	DPPH	FRAP	CAROT
HUMID	1,00	,03	-,82	-,17	-,08	,10	-,19	-,17	-,09	-,34	-,40	-,33	-,34	-,30	,18
PH	,03	1,00	,08	,51	,34	,04	-,41	,35	-,12	-,01	-,06	,23	,37	,27	,36
BRIX	-,82	,08	1,00	,19	,14	-,05	,24	,35	,22	,28	,53	,24	,26	,31	-,15
COULEUR	-,17	,51	,19	1,00	,73	,41	-,11	,72	,32	,10	,06	,42	,43	,57	-,08
CONDU	-,08	,34	,14	,73	1,00	,50	,29	,56	,41	,19	,24	,44	,47	,69	-,16
P_RÉDUCT	,10	,04	-,05	,41	,50	1,00	,40	,24	,45	,11	,15	,09	,33	,42	-,11
HMF	-,19	-,41	,24	-,11	,29	,40	1,00	,03	,22	-,06	,18	-,16	,09	,14	-,22
PROTÉINE	-,17	,35	,35	,72	,56	,24	,03	1,00	,57	,27	,25	,43	,36	,56	-,12
PROLINE	-,09	-,12	,22	,32	,41	,45	,22	,57	1,00	,29	,26	,19	,27	,45	-,23
PHÉNOLS	-,34	-,01	,28	,10	,19	,11	-,06	,27	,29	1,00	,65	,85	,52	,56	-,20
FLAVO	-,40	-,06	,53	,06	,24	,15	,18	,25	,26	,65	1,00	,53	,28	,52	-,29
ABTS	-,33	,23	,24	,42	,44	,09	-,16	,43	,19	,85	,53	1,00	,64	,76	-,22
DPPH	-,34	,37	,26	,43	,47	,33	,09	,36	,27	,52	,28	,64	1,00	,83	,08
FRAP	-,30	,27	,31	,57	,69	,42	,14	,56	,45	,56	,52	,76	,83	1,00	-,24
CAROT	,18	,36	-,15	-,08	-,16	-,11	-,22	-,12	-,23	-,20	-,29	-,22	,08	-,24	1,00

Suite...		Corrélations significatives marquées à $p < ,00100$ N=60 (Suppression des observ. à VM)													
Variable	HUMID	PH	BRIX	COULEU R	CONDU	P_RÉDU CT	HMF	PROTÉI NE	PROLIN E	PHÉNOL S	FLAVO	ABTS	DPPH	FRAP	CAROT
HUMID	1,00	,03	-,82	-,17	-,08	,10	-,19	-,17	-,09	-,34	-,40	-,33	-,34	-,30	,18
PH	,03	1,00	,08	,51	,34	,04	-,41	,35	-,12	-,01	-,06	,23	,37	,27	,36
BRIX	-,82	,08	1,00	,19	,14	-,05	,24	,35	,22	,28	,53	,24	,26	,31	-,15
COULEUR	-,17	,51	,19	1,00	,73	,41	-,11	,72	,32	,10	,06	,42	,43	,57	-,08
CONDU	-,08	,34	,14	,73	1,00	,50	,29	,56	,41	,19	,24	,44	,47	,69	-,16
P_RÉDUCT	,10	,04	-,05	,41	,50	1,00	,40	,24	,45	,11	,15	,09	,33	,42	-,11
HMF	-,19	-,41	,24	-,11	,29	,40	1,00	,03	,22	-,06	,18	-,16	,09	,14	-,22
PROTÉINE	-,17	,35	,35	,72	,56	,24	,03	1,00	,57	,27	,25	,43	,36	,56	-,12
PROLINE	-,09	-,12	,22	,32	,41	,45	,22	,57	1,00	,29	,26	,19	,27	,45	-,23
PHÉNOLS	-,34	-,01	,28	,10	,19	,11	-,06	,27	,29	1,00	,65	,85	,52	,56	-,20
FLAVO	-,40	-,06	,53	,06	,24	,15	,18	,25	,26	,65	1,00	,53	,28	,52	-,29
ABTS	-,33	,23	,24	,42	,44	,09	-,16	,43	,19	,85	,53	1,00	,64	,76	-,22
DPPH	-,34	,37	,26	,43	,47	,33	,09	,36	,27	,52	,28	,64	1,00	,83	,08
FRAP	-,30	,27	,31	,57	,69	,42	,14	,56	,45	,56	,52	,76	,83	1,00	-,24
CAROT	,18	,36	-,15	-,08	-,16	-,11	-,22	-,12	-,23	-,20	-,29	-,22	,08	-,24	1,00

**Solutions utilisées**

- ☞ **Solution de Bradford:** 100 mg de bleu de coomassie G250; 50 ml de l'éthanol; 100 ml de  $\text{H}_3\text{PO}_4$  et une quantité suffisante de l'eau distillée pour 1000 ml.
- ☞ **Solution de FRAP:** (300 mM de la solution acétate de sodium, pH = 3,6); 40 mM TPTZ et 20 mM de la solution de chlorure de fer ( $\text{FeCl}_3, 6\text{H}_2\text{O}$ ) sont mélangés avec un rapport de 10 / 1 / 1 (v / v / v).
- ☞ **Solution de Mcfarlon:** 99,5 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (0,18 M) et 0,5 ml de chlorure de barium (0,048 M).

## Résumé

Le but de la présente étude est de déterminer les caractéristiques physico-chimiques et les activités antioxydantes de 20 miels Algériens. En outre, l'activité antibactérienne est testée avec 8 miels, vis-à-vis de *S. aureus* et d'*E. coli*. L'évaluation de l'effet gastro-protecteur est réalisée sur le miel de Bordj Bou Arreridj. Suite aux analyses polliniques, 40 % des miels analysés sont monofloraux. Les résultats obtenus montrent que la majorité des miels analysés sont conformes à la législation. L'humidité oscille de 12,86 à 18,76 %. Le pH moyen et la conductivité électrique moyenne est de 4,07 et 1,29 mS / cm respectivement. La teneur moyenne en proline et en HMF est de 501,62 mg / kg et 21,30 mg / kg, respectivement. Tous les miels analysés sont lévogyres sauf les miels M11 et M12. Le taux des polyphénols varie de 41,37 à 217,09 mg EAG / 100 g d'où les miels analysés présentent des activités antioxydantes variables avec les différentes méthodes. Ces variations sont dues essentiellement à l'origine botanique des échantillons analysés. De nombreuses corrélations sont observées entre la couleur, les antioxydants et les activités antioxydantes. L'activité antibactérienne montre que les deux souches sont affectées par les différents miels, avec une légère résistance d'*E. coli*. Les différentes doses de miel (25, 50 et 100 mg / kg) utilisées pour l'évaluation de l'effet gastroprotecteur ont exhibé des résultats significatifs avec des pourcentages d'inhibition de 57,43, 87,90 et 83,83 %, respectivement. Ces résultats confirment que le miel constitue une source importante en antioxydants et possède de multiples effets thérapeutiques.

**Mots clés:** miel, propriétés physico-chimiques, analyses polliniques, activité antioxydante, activité antibactérienne, effet gastroprotecteur.

## Summary

The aim of this study is to determine the physicochemical characteristics and the antioxydant activities of 20 Algerian honeys. Moreover, the antibacterial activity is tested with 8 honeys against *S. aureus* and *E. coli*. The examination of the gastro-protective effect is carried out on the honey of Bordj Bou Arreridj. Following the pollinic analysis, 40 % of analyzed honeys are monofloraux. The results obtained show that the majority of analyzed honeys are in conformity with the legislation. Moisture oscillates from 12,86 to 18,76 %. The average pH and average of electric conductivity is 4,07 and 1,29  $\pm$  0,02 ms / cm respectively. The average content of proline and of HMF is 501,62 mg / kg and 21,30 Mg/kg respectively. All analyzed honeys are levogyrous except honeys M11 and M12. The rate of polyphenols varies from 41,37 to 217,09 mg EAG / 100 g it where analyzed honeys present variable antioxydant activities by various methods. These variations are primarily depends at the botanical origin of the analyzed samples. Many correlations are observed between color, antioxydants and antioxydant activities. The antibacterial activity shows that the two stumps are affected by various honeys, with a light resistance of *E. coli*. The various honey amounts (25, 50 and 100 mg / kg) used for the evaluation of the gastro protective effect exhibited significant results with 57,43 , 87,90 and 83,83 % inhibition, respectively. These results confirm that honey constitutes a significant source of antioxydants and it has multiple therapeutic effects.

**Key words:** honey, physicochemical properties, pollinic analysis, antioxydant activity, antibacterial activity, gastro protective effect.

## ملخص

الهدف من هذه الدراسة هو تحديد الخصائص الفيزيوكيميائية والنشاط المضاد للأوكسدة لعشرين نوع من العسل الجزائري. علاوة على ذلك، تمت دراسة النشاط المضاد للبكتيريا على 8 أنواع من العسل ضد نوعين من البكتيريا (*S. aureus* و *E. coli*). إن المفعول المضاد للقرحة المعدية أختبر على عسل برج بوعريريج. تبعاً لتحليل حبوب الطلع فإن 40 % من العسل هو من نوع أحادي الأزهار. النتائج المتحصل عليها تُبين أنّ أغلبية العينات تطابق المقاييس الدولية. الرطوبة تتراوح بين 12,86 و 18,76 %. معدّل pH و التوصيل الكهربائي هو 4,07 و 1,29 mS / cm على التوالي. معدل فحوى البرولين و HMF هو 501,62 مغ/ كغ و 21,30 مغ/ كغ على التوالي. كل العينات المحلّلة هي أيسريّة التدوير إلا M11 و M12. إنّ عينات العسل تكشف أنشطة مختلفة مضادة للأوكسدة راجعة إلى كمية البوليفينول التي تتراوح بين 41,37 و 217,09 مغ EAG / 100غ، و هذا الإختلاف راجع أساساً إلى إختلاف المصدر النباتي للعينات. هناك ملاحظة علاقة تناسبية متبادلة بين اللون، مضادات الأوكسدة و النشاط المضاد للأوكسدة. النشاط المضاد للبكتيريا يظهر أنّ البكتيريا متأثرة بالعسل المستعمل مع وجود مقاومة طفيفة من طرف *E. coli*. جرعات العسل المستعملة (25، 50 و 100 مغ / كغ) من أجل تقييم مفعولها المضاد للقرحة المعدية أظهرت نتائج مهمة مع نسب تثبيط تعادل 57,43 %، 87,90 % و 83,83 % على التوالي. هذه النتائج تثبت أنّ العسل يحتوي على مصدر مهم من مضادات الأوكسدة كما يحتوي على مختلف المنافع العلاجية.

**كلمات المفتاح:** عسل، الخصائص الفيزيوكيميائية، تحليل حبوب الطلع، نشاط مضاد للأوكسدة، نشاط مضاد للبكتيريا، مضاد للقرحة المعدية.