

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

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



Réf :.....

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

MASTER

Thème

Étude comparative des paramètres physico-chimiques et propriétés antioxydantes des produits de la ruche : gelée royale, miel, pollen, propolis et cire d'abeille

Présenté par :

AIT SOURA Ghania & MECELLEM El Hacene

Soutenu le : **21 Juin 2017**

Devant le jury composé de :

Dr BOUDRIES H.	MCA	President
Dr BACHIR BEY M.	MCB	Encadreur
Dr CHIKHOUNE A.	MCB	Examineur

Année universitaire : 2016 / 2017

Remerciements

Avant tout nous remercions Dieu le tout puissant qui nous a procuré courage et volonté pour achever ce travail.

Nous tenons à remercier Mr BOUDRIES d'avoir accepté de présider le jury de notre soutenance.

Nous remercions sincèrement le promoteur, M^r BACHIR BEY, s'est toujours montrée à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'il a bien voulu nous consacrer.

Nos remerciements vont également à Mr CHIKHOUNE qui a consacré de son temps pour la lecture de notre mémoire ainsi que pour toutes les remarques et corrections.

Nous souhaitons adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce travail en particulier Djouadene Ouarda.

Nous remercions nos familles et en particulier nos chers parents pour tous les efforts qu'ils ont faits pour réaliser ce travail.

DEDICACES

Je dédie ce travail à :

*Mes très chers parents qui m'ont beaucoup soutenu et
encouragé afin de réaliser ce travail*

Mes chers frères « Lounes », « Youva »

Mon unique chère sœur « Lila »

Mon bien aimé « Nazim »

Mes chères amis & amies

Ghania

DEDICACE

*Je dédie ce travail à mes **Parents** qu'ils trouvent ici
toute ma gratitude*

*Pour leur soutien tout le long de mes
études*

A mes **frères** (Kamel et Rachid)

A mes **sœurs** (Djedjiga, Houria, Yamina, Rachida,
Rabiha)

A toute ma famille et à mes amis

A ceux qui m'ont tout donné sans rien en retour

EL HACENE

Liste des abréviations

10-2 HDA : Acide 10-hydroxy-trans-2-décénoïque.

ADN : Acide DésoxyriboNucléique.

BHT : Dibutyl hydroxytoluène.

DPPH : 1,1-diphényl-2-picrylhydrazyl.

EAA : Equivalent Acide Ascorbique.

EAG : Equivalent Acide Gallique.

EQ : Equivalent Quercétine.

ER : Equivalent Rutine.

Kcal : Kilocalorie.

Meq : Milliequivalent.

MRJP : Major Royal Jelly Proteins.

N : Normalité.

nm : nanomètre.

ORAC : Oxygen Radical Absorbance Capacity (Capacité d'absorption des radicaux oxygénés).

pH : Potentiel Hydrogène.

r : coefficient de corrélation.

Liste des figures

Figure 1 : Principaux composants du miel	5
Figure 2 : Origine du grain de pollen	7
Figure 3 : Abeille porteuse une pelote de pollen.....	7
Figure 4 : Composition moyenne du pollen	8
Figure 5 : Une cellule royale contenant une larve de future reine et la gelée royale	10
Figure 6 : Composition chimique de la gelée royale.....	11
Figure 7 : Photographie de la propolis récoltée par l'homme à partir de la ruche	13
Figure 8 : Composition chimique de la propolis	13
Figure 9 : Photographie de la cire d'abeille.....	15
Figure 10 : Composition moyenne de la cire d'abeille.....	16
Figure 11 : Photographie de la gelée royale	17
Figure 12 : Photographie du miel	17
Figure 13 : Photographie du pollen	18
Figure 14 : Photographie de la propolis	18
Figure 15 : Photographie de la cire.....	18
Figure 16 : Réduction du radical DPPH	21
Figure 17 : Humidité des produits de la ruche	23
Figure 18 : pH des produits de la ruche.....	25
Figure 19 : Acidités des produits de la ruche	26
Figure 20 : Teneurs en composés phénoliques des produits de la ruche.....	27
Figure 21 : Teneurs en flavonoïdes des produits de la ruche	28
Figure 22 : Teneurs en flavonols des produits de la ruche	30
Figure 23 : Activité antiradical DPPH des produits de la ruche	31
Figure 24 : Pouvoir réducteur des produits de la ruche.....	32
Figure 25 : Activité antioxydante au phosphomolybdate des produits de la ruche.....	33

Liste des figures en annexes

- Figure a** : Courbe d'étalonnage des composés phénoliques.
- Figure b** : Courbe d'étalonnage des flavonoïdes.
- Figure c** : Courbe d'étalonnage des flavonols.
- Figure d** : Courbe d'étalonnage de l'activité anti-radicalaire.
- Figure e** : Courbe d'étalonnage du pouvoir réducteur.
- Figure f** : Courbe d'étalonnage du test au phosphomolybdate.



Liste des tableaux

Tableau I : Quantités des produits et volumes de solvant utilisés	19
Tableau II : Matrice de corrélations des paramètres physico-chimiques et antioxydants des produits de la ruche	35

Les tableaux en annexes

Tableau a : Teneurs du miel en acide aminés libres (mg/100g).

Tableau b : Teneurs du miel en minéraux (mg/100g).

Tableau c : Enzymes et cofacteurs présentent dans les pelotes du pollen.

Table des matières

Table des matières

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction 1

Synthèse bibliographique

1. Ruche d’abeille.....	3
2. Miel.....	4
2.1 Définition du miel.....	4
2.2. Origine du miel.....	4
2.2.1. Nectar.....	4
2.2.2. Miellat.....	4
2.3. Composition chimique du miel	4
2.4. Valeur nutritionnelle et effets thérapeutiques du miel.....	6
2.4.1. Action énergétique.....	6
2.4.2. Activité antioxydante.....	6
2.4.3. D’autres activités	6
3. Pollen.....	7
3.1. Définition du pollen.....	7
3.2. Composition chimique du pollen.....	8
3.3. Valeur nutritionnelle et effets thérapeutiques du pollen.....	9
3.3.1. Aliment protéinique.....	9
3.3.2. Aliment d’équilibre physiologique.....	9
3.3.3. Action antioxydante.....	9
4. Gelée royale.....	10
4.1 Définition de la gelée royale.....	10

4.2. Composition chimique de la gelée royale	10
5. Propolis.....	12
5.1. Définition de la propolis	12
5.2. Composition chimique de la propolis.....	13
5.4. Propriétés thérapeutiques de la propolis.....	14
5.4.1. Activité antioxydante.....	14
5.4.2. Propriété immunostimulante	14
5.4.3. Propriété anti-inflammatoire.....	14
5.4.3. Propriété cicatrisante et régénératrice.....	14
5.4.4. Propriété antifongique et antiparasitaire.....	14
5.4.5. Propriété cytostatique (anti-cancéreuse).....	15
6. Cire d'abeille	15
6.1. Définition de la cire d'abeille	15
6.2. Composition chimique de la cire d'abeille.....	15
6.3. Usages de la cire d'abeille.....	16
6.4. Valeur thérapeutique de la cire d'abeille.....	16

Partie pratique

I. Matériel et méthodes

1. Echantillonnage et préparation des échantillons	17
2. Analyses physico-chimiques	18
2.1 Test d'humidité.....	18
2.2 Mesure du pH et de l'acidité libre	18
3. Dosage des antioxydants et évaluation de l'activité antioxydante	19
3.1 Extraction des antioxydants.....	19
3.2 Dosage des antioxydants	20
3.2.1 Dosage des composés phénoliques.....	20
3.2.2 Dosage des flavonoïdes	20
3.2.3 Dosage des flavonols.....	20

3.2 Evaluation de l'activité antioxydante	20
3.3.1 Activité antiradical DPPH	20
3.3.2 Pouvoir réducteur	21
3.3.3 Test au phosphomolybdate	21
4. Etude statistique.....	22

II. Résultats et discussion

1. Analyses physico-chimiques	23
1.1. Humidité	23
1.2. pH	24
1.3 Acidité libre	25
2. Teneurs en antioxydants et activités antioxydantes.....	26
2.1. Teneurs en antioxydants	26
2.1.1. Composés phénoliques	26
2.1.2. Teneurs en flavonoïdes.....	28
2.1.2. Teneurs en flavonols.....	29
2.2. Évaluation de l'activité antioxydante	30
2.2.1. Activité antiradical DPPH	30
2.2.2. Pouvoir réducteur	31
2.2.3. Test au phosphomolybdate	32
3. Analyse des corrélations.....	34

Conclusion	36
-------------------------	-----------

Références bibliographiques.....	37
---	-----------

Annexes



Introduction

Introduction

« *Si l'abeille venait à disparaître, l'homme n'aurait plus que quelques années à vivre* », Albert Einstein... Les abeilles font partie depuis des millénaires de la culture et du patrimoine humain, et elles sont donc essentielles au maintien d'une biodiversité végétale très importante pour l'humanité (David Paterson, 2008), car sans elles, pas de grains, pas de fruits et pas de reproduction possible pour une grande majorité de plantes, elles rendent un service écologique précieux et indispensable (Bacher, 2008).

L'importance des abeilles ne réside pas seulement dans le fait qu'elles sont des insectes pollinisateurs, mais également, ses produits précieux (le miel, la gelée royale, le pollen, la propolis, la cire...) qui ont un impact positif sur la santé humaine grâce à leur richesse en composés phénoliques (notamment les flavonoïdes), en minéraux, en vitamines...

Le miel possède un pouvoir énergétique grâce à sa composition élevée en glucides (Cousin, 2014), et plusieurs effets thérapeutiques (activité antioxydante, action cicatrisante, anti-inflammatoire, antifongique, antibactérienne...) (Gharbi, 2011).

Le pollen est considéré comme un aliment protéinique, car il contient tous les acides aminés essentiels (Philippe, 1999), ainsi que sa composition en sélénium qui lui confère une activité antioxydante contre les radicaux libres (Gharbi, 2011).

La gelée royale a des propriétés stimulante, revitalisante et dynamisante grâce à la présence de nombreuses substances bioactives douées de propriétés antioxydantes, régulatrices ... (Mickael, 2010).

La propolis renferme beaucoup de flavonoïdes dont elle tire sa capacité à piéger les radicaux libres, et d'autres propriétés thérapeutiques (propriété antibiotique, immunostimulante, anti-inflammatoire, antifongique, cytostatique...) (Sauvager, 2012 ; Cousin, 2014 ; Gharbi, 2011).

Et la cire d'abeille possède aussi une activité antioxydante (Anilakumar *et al.*, 2007), mais elle présente un avantage supplémentaire d'être non périssable qui sera utilisé directement pour confectionner des bougies ou utilisé dans le domaine cosmétique... (Philippe, 1999 ; Gharbi, 2011).

Afin d'étudier les caractéristiques physico-chimiques et les propriétés antioxydantes des cinq produits de la ruche (miel, pollen, gelée royale, propolis, cire d'abeille) le présent travail est divisé en deux parties. La première partie est une synthèse bibliographique qui où sont exposés les généralités sur la ruche et les produits de la ruche.

La deuxième partie, la partie pratique, est scindée en deux sections dont la première décrit le matériel et les méthodes utilisés et la seconde est réservée pour les résultats obtenus et la discussion.

Synthèse bibliographique

Synthèse bibliographique

1. Ruche d'abeille

L'abeille est un insecte appartenant à l'ordre des hyménoptères et vivant en société. Il existe neuf espèces du genre *Apis*, la seule espèce adaptée à l'apiculture est *Apis mellifera*. Dans une colonie les abeilles sont caractérisées par la division et la spécialité du travail ; la reine est la seule femelle reproductrice de la ruche pendant quatre à cinq ans ; les mâles ou les faux bourdons leur rôle social est de féconder la reine ; les ouvrières ont un rôle de veiller à la sécurité et à la prospérité de toute la ruche (Biri, 2002, Domerego *et al.*, 2007).

Les ouvrières sont classées en fonction de leurs activités en :

- **Gardiennes** restent à l'entrée de la ruche et contrôlent les abeilles qui rentrent et même elles cherchent à les reconnaître, ces abeilles surveillent contre les agressions externe (guêpes, papillons et autres abeilles) (Layens, 2013).
- **Ventileuses** ont un but d'aérer la ruche, réguler la température, taux d'humidité et de taux de gaz carboné et elles servent aussi à sécher le nectar (Bruneau *et al.*, 2002).
- **Nettoyeuses** elles s'occupent du transport en dehors de la leur ruche tous les débris inutiles et à rejeter au loin les abeilles mortes (Layens, 2013).
- **Architectes** et maçonnes construisent les alvéoles pour recevoir des œufs, des larves, du pollen et du miel.
- **Butineuses** leur rôle est d'apporter tous les éléments nécessaire à la survie de la colonie à savoir le nectar pour fabriquer du miel (source de glucides), le pollen pour nourrir les jeunes abeilles en période de développement (source de protéines), l'eau pour boire et diminuer la température et la propolis pour colmater les trous de leurs ruche (Bruneau *et al.*, 2002).
- **Nourrices** assurent le développement du couvain, en produisant la nourriture pour les larves, donc elles consomment du pollen pour que ses glandes hypopharyngiennes sécrètent de la gelée royale (Bruneau *et al.*, 2002).

De nombreux produits sont élaborés par les abeilles dont la gelée royale, le miel, le pollen, la propolis, la cire d'abeille.

2. Miel

2.1 Définition du miel

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

2.2. Origine du miel

Il existe deux matières premières naturelles que les abeilles utilisent pour fabriquer du miel, le nectar et le miellat (Phillippe, 1999).

2.2.1. Nectar

Le nectar est la sève sucrée sécrétée par les nectaires des plantes pour attirer au bon endroit les insectes pollinisateurs afin d'assurer leur fécondation (Lacube, 2015).

2.2.2. Miellat

Le miellat est un liquide sucré excrété par certains insectes comme les cochenilles, pucerons et psylles sur les plantes, qui sera par la suite récolté par les abeilles (Phillippe, 1999).

Le miel de miellat se distingue par une valeur élevée de conductivité électrique, de pH, d'acidité et de la teneur en cendre (Pita-Calvo et Vázquez, 2016).

2.3. Composition chimique du miel

La composition du miel dépend de plusieurs facteurs : espèces butinées, nature du sol, races d'abeille, état physiologique de la colonie (Jean-Prost, 1987) (Figure 1).

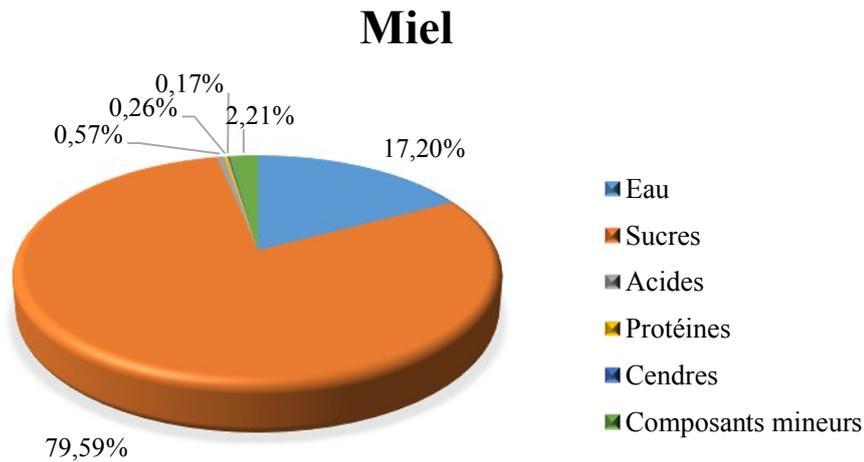


Figure 1 : Principaux composants du miel (Phillippe, 1999).

La composition chimique du miel est comme suit (Avisse, 2014) :

- **L'eau** avec une teneur de 14 à 25% (20% c'est la limite maximale fixé par la législation).
- **Les glucides** simples et complexes qui constituent 70 à 99% de matière sèche. Les deux sucres majeurs sont des monosaccharides : le fructose (30 à 50%) et le glucose (20 à 42%) qui représentent 80 à 95% des sucres du miel, la proportion faible est représentée par les disaccharides (ou diholosides) et les trisaccharides (ou triholosides).
- **Les acides organiques** présentent 0,57% de la matière sèche du miel et sont soit libres, soit combinés sous forme de lactones.
- **Les substances azotées** : les acides aminés libres et les protéines sont présentes avec un faible taux (moins de 1%). La composition en acides aminés libres du miel est indiquée dans l'Annexe 2, Tableau a.
- **Les lipides** se trouvent en petites quantité sous forme de stérols, triglycérides et acides gras libres.
- **La matière minérale (cendres)** est présente en faible quantité, moins de 1% dans les miels de fleurs et plus de 1% dans les miels de miellat (Annexe 2, Tableau b).
- **Les enzymes** (alpha et bêta amylase, invertase et glucose-oxydase).
- **Les vitamines** du groupe B (thiamine, riboflavine, pyridoxine, acide pantothénique, nicotinique, folique et biotine).
- **Les substances aromatiques volatiles** (alcools, cétones, acides, aldéhydes, quinones...).

- **Les grains de pollen et des pigments** (polyphénols) sont des indicateurs de la qualité du miel, car ils sont responsables de l'activité antioxydante. Les polyphénols présents dans le miel sont les acides phénoliques et les flavonoïdes.
- **Les facteurs antimicrobiens naturels « inhibines »** comme le peroxyde d'hydrogène, aussi d'autres inhibines tels que les acides organiques, les flavonoïdes et les substances aromatiques volatiles.

2.4. Valeur nutritionnelle et effets thérapeutiques du miel

2.4.1. Action énergétique

Vu sa richesse en sucre, le miel apporte 350 kcal/100g, par conséquent, il est conseillé aux sportifs, car il améliore l'endurance et la lutte contre la fatigue (Mickaël, 2010). Du fait de sa teneur élevée en vitamines et en minéraux, le miel est recommandé comme un complément alimentaire pour les personnes en carence (Cousin, 2014).

2.4.2. Activité antioxydante

Le stress oxydant est un déséquilibre entre la production des radicaux libres et les défenses antioxydantes de l'organisme qui génère des maladies liées au vieillissement comme le cancer et les maladies cardio-vasculaires (Haleng *et al.*, 2007). Les antioxydants sont les substances qui possèdent une activité contre ces radicaux libres et ces pathologies (Rigal, 2012).

Les composés phénoliques du miel sont les principaux composants responsables de l'activité antioxydante, mais également d'autres composants comme les vitamines (la vitamine C) et les oligoéléments (sélénium, zinc, etc.) (Rigal, 2012).

2.4.3. Autres activités

Outre les sucres, les propriétés biologiques sont nombreuses :

- Activité cicatrisante, anti-inflammatoire, antifongique, antibactérienne, anticancéreuse (Gharbi, 2011).
- Facilite l'absorption des sels minéraux (Sauvager, 2012).
- Le miel stimule les organes hématopoïétiques pour produire les globules rouges et les macrophages (Sauvager, 2012).

3. Pollen

3.1. Définition du pollen

Le terme pollen vient du Grec « Palé » qui signifie « farine ou poussière » (Amigou, 2016). Les grains de pollen sont issus du tissu sporogène des sacs polliniques des plantes (Figure 2) (Gharbi, 2011).

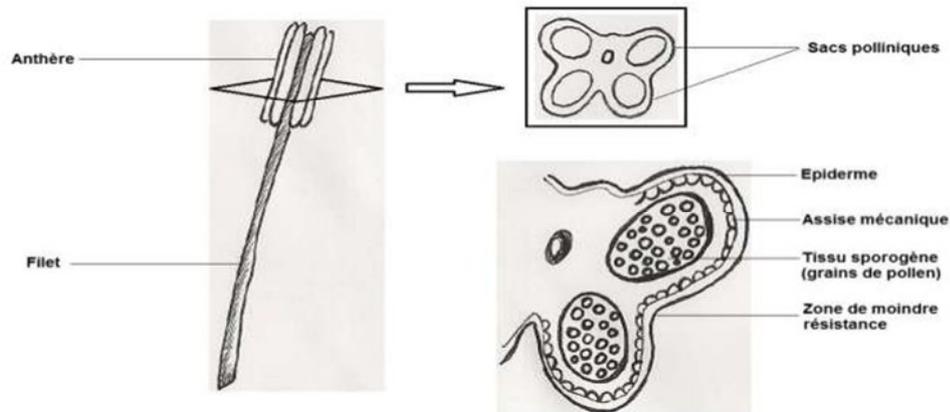


Figure 2 : Origine du grain de pollen (Gharbi, 2011).

Les abeilles récoltent le pollen sur les anthères des fleurs et le ramènent à la ruche sous forme de pelotes collées à leurs pattes (David Paterson, 2008), ces pelotes ont une couleur unique, et qui varie d'une plante à une autre, vu que les abeilles butinent une seule espèce de plante par voyage (Amigou, 2016) (Figure 3). Le pollen est une source protéique pour les abeilles, également il assure le bon fonctionnement des glandes hypopharyngiennes (Lacube, 2015).



Figure 3 : Abeille porteuse une pelote de pollen.

Source : <http://moracasanoastra.blogspot.com/2012/07/albinele-micile-fapturi-ale-zeilor.html>

3.2. Composition chimique du pollen

Le genre et l'espèce botanique sont les deux paramètres essentiels qui influencent la variation de la composition chimique du pollen, surtout en ce qui concerne sa teneur en protéines (Philippe, 1999). La figure 4 illustre la composition moyenne du pollen.

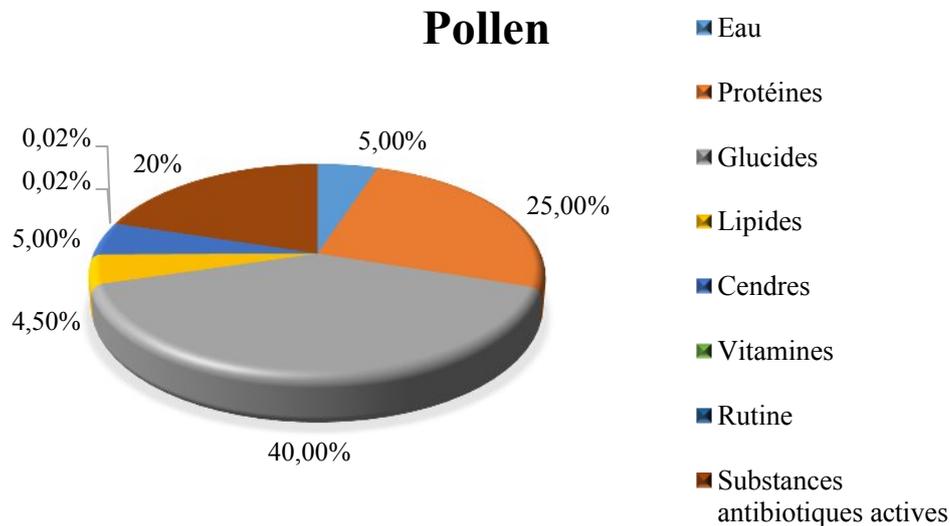


Figure 4 : Composition moyenne du pollen (Philippe, 1999).

Le pollen contient :

- **L'eau :** La teneur en eau du pollen sur la fleur est en moyenne 10% et entre 10 à 40% pour le pollen de trappe (Jean-Prost, 2005). Au cours de la fabrication des pelotes par les abeilles, il y a une augmentation de la teneur en eau en raison du contact avec la salive, le miel ou le nectar (Amigou, 2016).
- **Les glucides :** Le glucose et le fructose sont les éléments majoritaires des glucides et qui proviennent du nectar de la plante, ils présentent un tiers de la valeur calorique du pollen (246 Kcal/100g) (Gharbi, 2011).
- **Les protides** présentent de 20 à 35% de la matière sèche et les huit acides aminés essentiels sont présents ainsi que tous les acides aminés semi-essentiels (Gharbi, 2011).
- **Les substances cellulosiques :** La paroi des grains de pollen est constituée de cellulose et d'hémicellulose, la teneur en substances cellulosique varie en fonction de l'origine florale (Amigou, 2016).
- **Les lipides :** la teneur en lipides varie en quantité et en qualité selon l'origine géobotanique, elle est environ de 5%, il s'agit des phospholipides, des glycérides, des acides gras libres et des stérols (Eon, 2011).

➤ **Les minéraux** : la concentration en minéraux varie en fonction de l'origine florale et de la saison. Les éléments présents sont le phosphore, le calcium, le magnésium, le sodium, le zinc, le manganèse, le fer, le cuivre, le sélénium et le potassium avec une quantité très élevée (Amigou, 2016).

➤ **Les substances mineures** : De nombreuses vitamines sont contenues dans le pollen dont celles du groupe B (thiamine, riboflavine, nicotinamide, acide pantothénique, pyridoxine, méso-inositol, biotine, acide folique et cyanocobalamine) et les vitamines C, D, E et A (Eon, 2011). Des pigments (les flavonoïdes), des enzymes et des cofacteurs (Annexe 2, Tableau c), des hormones de croissance, des stérols, des facteurs antimicrobiens, des composés volatils et des ferments lactiques (Amigou, 2016).

3.3. Valeur nutritionnelle et effets thérapeutiques du pollen

3.3.1. Aliment protéinique

Le pollen est l'aliment le plus riche qualitativement en acides aminés, 100g de pollen contiennent les mêmes quantités d'acides aminés présents dans un demi-kilogramme de viande de bœuf. Il renferme tous les acides aminés essentiels puisqu'il provient de plusieurs espèces végétales (Philippe, 1999).

3.3.2. Aliment d'équilibre physiologique

Le pollen a une action régulatrice des fonctions intestinales, augmentation du taux d'hémoglobine chez les anémiés, reprise du poids et d'appétit chez les personnes amaigries, action fortifiante sur le système circulatoire et une action bénéfique sur la fatigue intellectuelle (Philippe, 1999).

3.3.3. Action antioxydante

Les résultats obtenus par Percie du Sert (2017), sur les différents pollens en utilisant le test ORAC, montrent que l'activité antioxydante du pollen est beaucoup plus élevée que celle des fruits et légumes, 15 ou 20g de pollen sont équivalents 900g de légumes.

La richesse du pollen en antioxydants (provitamine A, vitamines E et C, sélénium, flavonoïdes) lui donne une capacité à éliminer les radicaux libres et le peroxyde d'hydrogène en agissant contre le vieillissement accéléré des cellules. Sur le plan expérimental, le pollen induit sur les cerveaux des rats une augmentation de l'activité antioxydante, dans ce cas le pollen peut être utilisé comme un adjuvant pour les traitements du cancer (Gharbi, 2011).

4. Gelée royale

4.1. Définition de la gelée royale

La gelée royale est une substance centrale de la ruche, elle assure son existence et son fonctionnement. Elle est sécrétée par les glandes hypopharyngiennes et mandibulaires des jeunes nourrices âgées de 5 à 15 jours. La gelée royale sert à nourrir toutes les larves pendant les trois premiers jours et le long de la vie des larves qui sont sélectionnées à devenir reines (Rigal, 2012).

Elle se distingue par des caractéristiques spécifiques : une couleur blanchâtre qui devient jaune au contact avec l'air (Figure 5), une odeur caractéristique du phénol, un goût gélatineux, visqueux (Fratini *et al.*, 2016), fortement acide et légèrement amer avec une odeur âcre (Philippe, 1999).

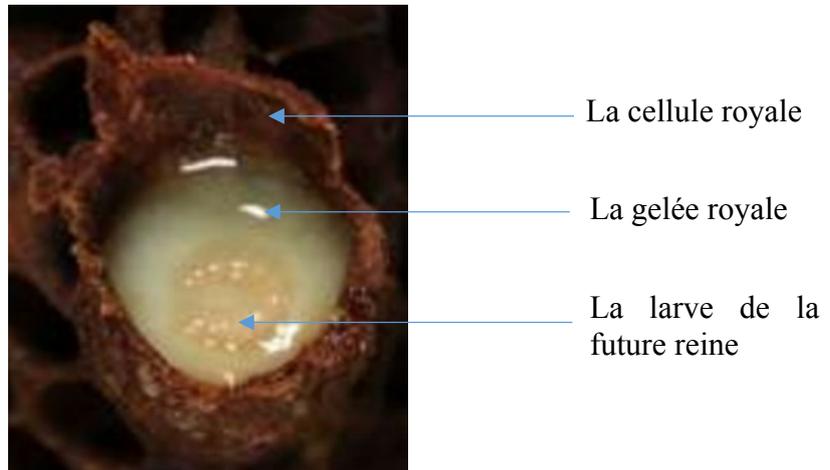


Figure 5 : Une cellule royale contenant une larve de future reine et la gelée royale (Gharbi, 2011).

4.2. Composition chimique de la gelée royale

La composition de la gelée royale dépend de la race d'abeilles qui la produise (Rigal, 2012) (Figure 6), elle présente plus de 3% de substances indéterminées (Philippe, 1999).



Figure 6 : Composition chimique de la gelée royale (Ravazzi, 2007).

La gelée royale est composée :

- **Des glucides** avec 9,76% du glucose, 11,32% du fructose et 0,94% du saccharose (Gharbi, 2011).
- **Des protéines, des acides aminés :** la gelée royale est fortement riche en protéines qui sont représentées dans un groupe de 5 protéines (MRJP : Major Royal Jelly Proteins) avec une proportion de 80% (Gharbi, 2011), mais également des protéines de faibles poids moléculaires (Amigou, 2016) ainsi que tous les acides aminés essentiels et semi-essentiels (Gharbi, 2011).
- **Les lipides :** il s'agit des acides gras libres avec une proportion de 80 à 90%, par contre les triglycérides et les diglycérides sont absents. L'acide 10-hydroxy-trans-2-décénoïque (10H2DA) représente l'acide gras le plus important, sa teneur est comprise entre 1,98 et 6,37% (Gharbi, 2011). Cet acide gras joue un rôle important dans les propriétés biologiques de la gelée royale (rôle antibactérien, antifongique et immunostimulant) (Amigou, 2016) ainsi que la détermination de la qualité de la gelée royale (Rigal, 2012). La gelée royale contient également des acides gras volatils, des stérols, des lipides neutres et des hydrocarbures avec une proportion de 10% (Amigou, 2016).
- **Les minéraux :** La gelée royale présente une faible quantité des minéraux (0,3 à 8%) il s'agit du potassium, calcium, sodium, magnésium, zinc, fer, cuivre, et du manganèse (Amigou, 2016).
- **Les vitamines :** La gelée royale est la source naturelle la plus riche en acide pantothénique (vitamine B5) et riche également en vitamines du groupe B (Gharbi, 2011),

les vitamines C, D et PP (vitamine B3) (Phillippe, 1999) et les vitamines liposolubles se trouvent sous forme de traces (Amigou, 2016).

➤ **Autres :**

- Des enzymes (glucose-oxydase, un précurseur de l' α -glucosidase et la glucose déshydrogénase) (Gharbi, 2011).
- Des pigments (flavonoïdes) (Gharbi, 2011).
- De l'acétylcholine (Phillippe, 1999).
- Des hormones sexuelles (œstrogènes, progestérone, testostérone) (Amigou, 2016).

4.3. Effets thérapeutiques de la gelée royale

- La gelée royale entre dans la réparation tissulaire grâce à sa richesse en acides aminés et en particulier la proline et l'hydroxyproline (précurseurs de l'élastine et du collagène) (Rigal, 2012).
- Elle diminue le taux de sucre dans le sang (jusqu'à 30%) chez les diabétiques trois heures après une prise de la gelée royale (Phillippe, 1999).
- Elle stimule les organes hématopoïétiques pour produire les globules rouges et blancs, également elle stimule l'appétit et la prise de poids donc la résistance physique (Mickaël, 2010).
- Elle possède des propriétés bactériostatiques et bactéricides contre *Proteus* et *Escherichia coli* et contre le bacille de Koch (Mickaël, 2010) grâce à la présence d'acide 10-hydroxy-trans-2-décénoïque (Rigal, 2012), cet acide gras a aussi une action sur l'ADN des cellules cancéreuses (Mickaël, 2010)
- Sa richesse en acétylcholine et en vitamine du groupe B lui permet d'intervenir dans l'équilibre neuropsychique (Mickaël, 2010).
- La présence des composés phénoliques dans la gelée royale lui permet d'exercer une activité antioxydante contre la peroxydation des lipides (Cousin, 2014).

5. Propolis

5.1. Définition de la propolis

La propolis est une substance produite par les abeilles qui constitue un mélange de cire et de matériel botanique comme les bourgeons, les résines végétales (Figure 7). Elle est utilisée par les ouvrières pour colmater les trous et les fissures de leur ruche pour la protéger contre les conditions météorologiques défavorables et comme c'est une substance

antiseptique, elle protège ainsi la ruche contre les contaminations bactériennes ainsi que les invasions étrangères (Philippe, 1999 ; Andelkovi *et al.*, 2016).



Figure 7 : Photographie de la propolis récoltée par l'homme à partir de la ruche.

Source : www.leboncomplement.com/propolis

5.2. Composition chimique de la propolis

La propolis est composée de résine, de cire, des sécrétions salivaires et du pollen (Amigou, 2016) (Figure 8). L'origine botanique et les modifications issues des sécrétions hypopharyngiennes des abeilles (hydrolyse des hétérosides de flavonoïdes en aglycone) sont les deux facteurs responsables de sa composition (Cardinault *et al.*, 2012).

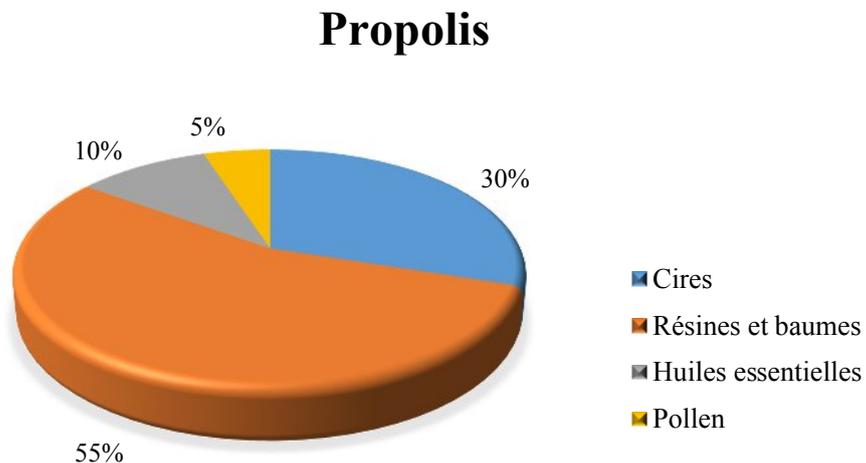


Figure 8 : Composition chimique de la propolis (Philippe, 1999).

D'après Amigou (2016), la propolis se compose de deux parties :

➤ **Partie balsamique** : C'est la partie la plus importante pour l'Homme, car elle contient des substances actives sur le plan pharmaceutique, sa composition lui confère des propriétés antibactériennes et antioxydante, il s'agit en particulier des flavonoïdes (de flavones et de flavonols ainsi que des flavanones et des dihydroflavonols) ainsi que d'autres composés comme l'acide benzoïque, l'acide cinnamique et leurs dérivés, les aldéhydes et les composants volatiles des huiles essentielles comme les monoterpènes et sesquiterpènes.

➤ **Partie non balsamique** : les composants de cette partie proviennent de la cire tels que les hydrocarbures, les esters, les acides et les alcools. Elle présente peu d'intérêts biologiques pour l'Homme.

Les composants de faibles concentrations présents dans la propolis sont les glucides, les protéines, les vitamines et les minéraux qui proviennent du pollen.

5.4. Propriétés thérapeutiques de la propolis

5.4.1. Activité antioxydante

La richesse de la propolis en flavonoïdes lui confère une propriété à piéger les radicaux libres, elle possède aussi d'autres composants responsables du pouvoir antioxydants comme l'acide caféique, l'acide caféoylquinique, l'acide cinnamique, et leurs dérivés, ainsi que la drupanine (Cousin, 2014).

5.4.2. Propriété immunostimulante

Augmente le nombre de macrophages et la quantité d'anticorps (Sauvager, 2012).

5.4.3. Propriété anti-inflammatoire

Les flavonoïdes inhibent la synthèse de monoxyde d'azote, de prostaglandines et des cytokines inflammatoires (Cousin, 2014).

5.4.3. Propriété cicatrisante et régénératrice

La propolis favorise la multiplication des fibroblastes et la stimulation de la synthèse de l'élastine (Sauvager, 2012).

5.4.4. Propriété antifongique et antiparasitaire

Elle présente des effets contre l'*Aspergillus* et la toxoplasmose (Sauvager, 2012).

5.4.5. Propriété cytostatique (anti-cancéreuse)

La propolis contient des substances cytotoxiques naturelles comme les flavanones, l'artépilline C et les diterpénoïdes qui déclenchent l'apoptose des cellules cancéreuses (Gharbi, 2011).

6. Cire d'abeille

6.1. Définition de la cire d'abeille

La cire d'abeille est une substance grasse fabriquée par les ouvrières âgées environ de deux semaines par les quatre paires de glandes à cire qui sont localisées sur la partie ventrale de l'abdomen. Elle est fabriquée à partir du miel par la réduction chimique des sucres et en utilisant les protéines du pollen, les abeilles consomment 6,06 à 8,8kg de miel pour fabriquer 1kg de cire (Phillippe, 1999). La cire est utilisée par les abeilles comme un matériau de construction des alvéoles de leur nid (Jean-prost, 2005). La couleur de la cire est blanche au départ, par la suite, elle devient de plus en plus brune au contact avec le miel, la propolis et le pollen (Figure 9) (Gharbi, 2011).



Figure 9 : Cire d'abeille.

Source : <http://moracasanoastra.blogspot.com/2012/07/albinele-micile-fapturi-ale-zeilor.html>

6.2. Composition chimique de la cire d'abeille

La cire d'abeille est un mélange de substances grasses (Figure 10), elle est constituée essentiellement de lipides (les hydrocarbures, les esters et les acides), flavone et des alcools (Jean-prost, 2005), elle est d'origine animale, mais elle contient 6% de propolis (Gharbi, 2011).

Cire d'abeille

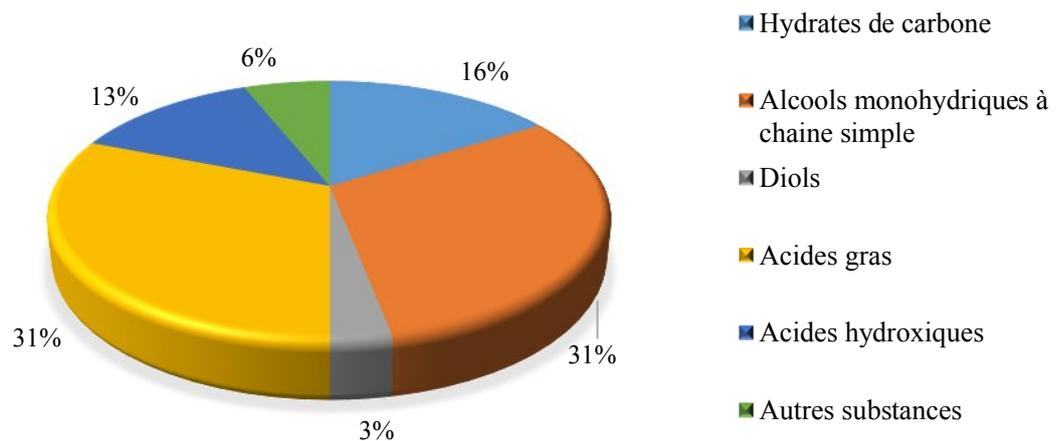


Figure 10 : Composition moyenne de la cire d'abeille (Phillippe, 1999).

6.3. Usages de la cire d'abeille

La cire d'abeille est utilisée :

- Pour la fabrication de feuilles de cire gaufrées destinées à l'apiculture, ainsi que la production d'onguents, les produits d'enrobages et la fabrication des bougies et de cierges (Phillippe, 1999).
- En dentisterie humaine pour renforcer les bandages périodontaux (Gharbi, 2011).
- En cosmétologie, elle rentre dans la formulation des crèmes, des mascaras, des laits démaquillants... (Gharbi, 2011).

6.4. Valeur thérapeutique de la cire d'abeille

La cire d'abeille possède :

- Une action anti-inflammatoire et cicatrisante (Gharbi, 2011).
- Des propriétés antioxydantes contre le stress oxydatif (Anilakumar *et al.*, 2007).
- Une action antibactérienne et antifongique contre les salmonelles, *Staphylococcus aureus* et *Candida albicans* (Gharbi, 2011).

Partie pratique

I. Matériel et méthodes

I. Matériel et méthodes

1. Echantillonnage et préparation des échantillons

La présente étude est réalisée sur cinq produits de la ruche : la gelée royale, le miel, le pollen, la propolis et la cire d'abeille, ces produits ont été récoltés en 2016 dans la commune de Chellata (Bejaïa) distance de 80km du chef-lieu de la wilaya de Bejaïa et sur une altitude de 1136 m.

L'échantillon de la gelée royale (10g) est déposé dans un petit flacon bien fermé et enrobé avec du papier aluminium pour assurer l'obscurité et le flacon est transporté dans la glace pour éviter minimiser sa dégradation. Durant la partie pratique, la gelée royale est conservée au réfrigérateur.

L'échantillon du miel utilisé dans cette étude, d'un poids de 250g, est procuré dans un flacon en plastique. Les échantillons de pollen et de propolis, d'environ 150g chacun, sont transportés au laboratoire dans des sacs. Afin d'assurer l'homogénéité de l'échantillon de la cire d'abeille, de nombreux morceaux de cadres (50g) sont rassemblés. Les photographies des échantillons de produits de la ruche analysés sont montrées dans les figures 11-15.



Figure 11 : Photographie de la gelée royale.



Figure 12 : Photographie du miel.



Figure 13 : Photographie du pollen.



Figure 14 : Photographie de la propolis.



Figure 15 : Photographie de la cire.

2. Analyses physico-chimiques

2.1 Test d'humidité

La détermination des taux d'humidité des cinq produits de la ruche consiste à peser 2,5g d'échantillons dans des creusets et les placer dans une étuve à 105°C pendant 3 heures. Les creusets sont repesés après refroidissement dans un dessiccateur. Le taux d'humidité est exprimé en pourcentage (Nabas *et al.*, 2014).

2.2 Mesure du pH et de l'acidité libre

Une quantité de 2g d'échantillons est homogénéisée pendant 5 minutes dans 20ml d'eau distillée. Le pH est mesuré par un pH-mètre (BANTE instruments, 920, Chine) après étalonnage.

L'acidité est mesurée par titrage avec la soude (0,05 N). Le titrage est suivi par le pH-mètre et le volume équivalent est pris au pH de 8,1 (Bogdanov, 1999).

3.2 Dosage des antioxydants

3.2.1 Dosage des composés phénoliques

Le réactif du Folin-ciocalteu est un mélange d'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$), et d'acide phosphomolybdique ($H_3PMO_{12}O_{40}$). Il est réduit, lors de l'oxydation des phénols, en un mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène. La coloration produite est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans les extraits (Boizot et Charpentier, 2006).

Un volume de 100 μ l d'extrait est mélangé avec 100 μ l du réactif de Folin-Ciocalteu (dilué à 50% avec l'eau distillée) et du 2,2ml de carbonate de sodium à 2%. Après 30 minutes d'incubation, la lecture de l'absorbance est faite à 720nm (Naithani *et al.*, 2006). Les résultats sont exprimés en mg équivalents d'acide gallique par 100g d'échantillons (mg EAG/100g) en utilisant la courbe standard d'acide gallique (Annexe figure a).

3.2.2 Dosage des flavonoïdes

Le contenu en flavonoïdes est déterminé par la méthode colorimétrique décrite par Marquele *et al.* (2005). Un volume de 1ml d'extrait est mélangé avec 1ml de la solution de chlorure d'aluminium. Après 30min d'incubation, l'absorbance est lue avec un spectrophotomètre à une longueur de 415nm. Les résultats sont exprimés en mg équivalents quercétine/100g d'échantillons (mg EQ/100g) en utilisant la courbe standard de quercétine (Annexe figure b).

3.2.3 Dosage des flavonols

Le taux des flavonols dans les produits de la ruche est déterminé par la méthode décrite par Adedapo *et al.* (2008). Un volume de 500 μ l d'extrait est ajouté à 500 μ l d'acétate de sodium (50%) et 750 μ l de chlorure d'aluminium (2%). La lecture de l'absorbance est faite à 440nm après 2 heures et demie d'incubation, les résultats sont exprimés en mg équivalents quercétine/100g d'échantillons (mg EQ/100g) en utilisant la courbe standard de quercétine (Annexe figure c).

3.2 Evaluation de l'activité antioxydante

3.3.1 Activité antiradical DPPH

Le composé chimique 1,1-diphényl-2-picrylhydrazyl est un radical libre stable de couleur violacée, en présence des antioxydants le radical DPPH sera réduit par un transfert d'hydrogène et change de couleur vers le jaune (Chaabi, 2008).

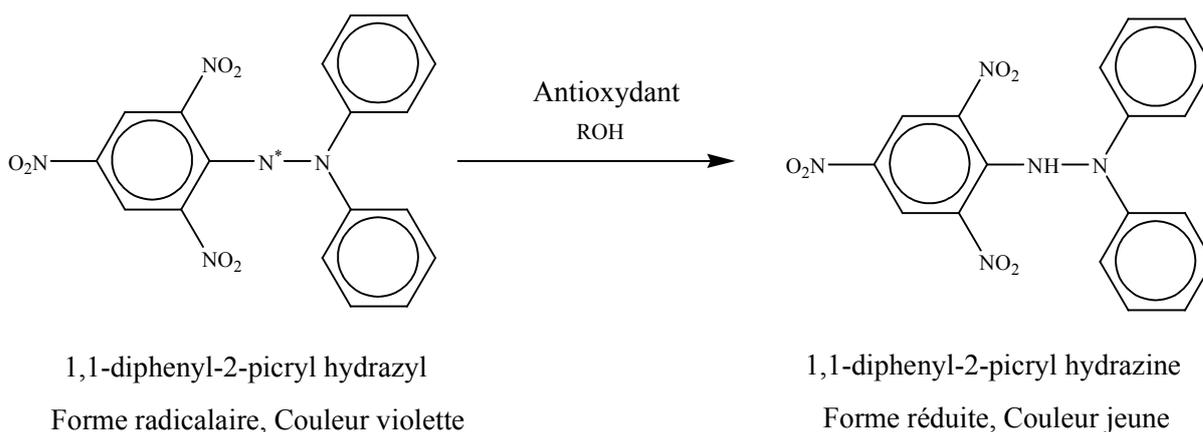


Figure 16 : Réduction du radical DPPH (Molyneux. 2004).

La capacité des antioxydants des produits de la ruche à réduire le radical DPPH est évaluée par la méthode décrite par Adedapo *et al.* (2008). Un volume de 0,1ml d'extrait est additionné à 1ml de la solution alcoolique de DPPH (80mM). Après 30min d'incubation à température ambiante, la lecture de l'absorbance est faite à 517nm. Les résultats sont exprimés en mg équivalents d'acide gallique par 100g d'échantillons (mg EAG/100g) en utilisant la courbe standard d'acide gallique (Annexe figure d).

3.3.2 Pouvoir réducteur

La puissance réductrice des produits de la ruche est déterminée par la méthode décrite par Saha *et al.* (2008). Un volume de 1ml d'extrait est mélangé avec 2,5ml du tampon phosphate (0,2N, pH = 6,6) et 2,5ml de ferricyanure de potassium à 1%. Après incubation au bain marie à 50°C pendant 20min, 2,5ml d'acide trichloracétique (10%) sont ajoutés au mélange. A 1ml du mélange obtenu sont ajoutés 1ml d'eau distillée puis 0,2ml de chlorure ferrique FeCl₃ (0,1%). L'absorbance est lue à 700nm et les résultats sont exprimés en mg équivalents acide gallique par 100g d'échantillons (mg EAG/100g) en utilisant la courbe standard d'acide gallique (Annexe figure e).

3.3.3 Test au phosphomolybdate

La capacité antioxydante totale des produits de la ruche a été évaluée par la méthode de Ramalakshmi *et al.* (2008). Un volume de 0,2ml d'extrait est mélangé avec 2ml de réactif phosphomolybdate (0,6M d'acide sulfurique, 28mM de phosphate de sodium et 4mM de molybdate d'ammonium). La lecture de l'absorbance à 695nm est faite après incubation à 95°C pendant 90min. Les résultats sont exprimés en mg équivalents acide gallique par 100g d'échantillons (mg EAG/100g) en utilisant la courbe standard d'acide gallique (Annexe figure f).

4. Etude statistique

Les résultats d'analyse des cinq produits de la ruche sont calculés à partir de trois essais. Les données ainsi que les présentations graphiques sont traitées à l'aide de Microsoft Office Excel.

L'analyse statistique est faite dans le but de comparer les moyennes des résultats obtenus par l'analyse de la variance (ANOVA, test LSD) en utilisant le logiciel STATISTICA 5.5, le seuil de signification est pris à $p < 0,05$. Les corrélations entre les paramètres étudiés sont effectuées avec la statistique élémentaire du logiciel STATISTICA 5.5 et les résultats sont présentés dans une matrice de corrélation avec des seuils de signification : $p < 0,05$, $p < 0,01$ ou $p < 0,001$.

II. Résultats et discussion

II. Résultats et discussion

1. Analyses physico-chimiques

1.1. Humidité

L'humidité du miel est un paramètre qui détermine le degré de maturité, le mode d'extraction et la densité du miel (Chefrour *et al.*, 2009).

La figure 17 montre que les résultats d'humidité des produits de la ruche varient de 1,08 à 65,28%. L'humidité la plus élevée est de 65,28% est présentée par la gelée royale avec une différence significative par rapport aux autres produits, suivie par celle du pollen avec 21,04%, le miel avec une teneur de 14,64%. La propolis et la cire d'abeille présentent les taux d'humidité les plus faibles qui sont de 2,96 et 1,08%, respectivement.

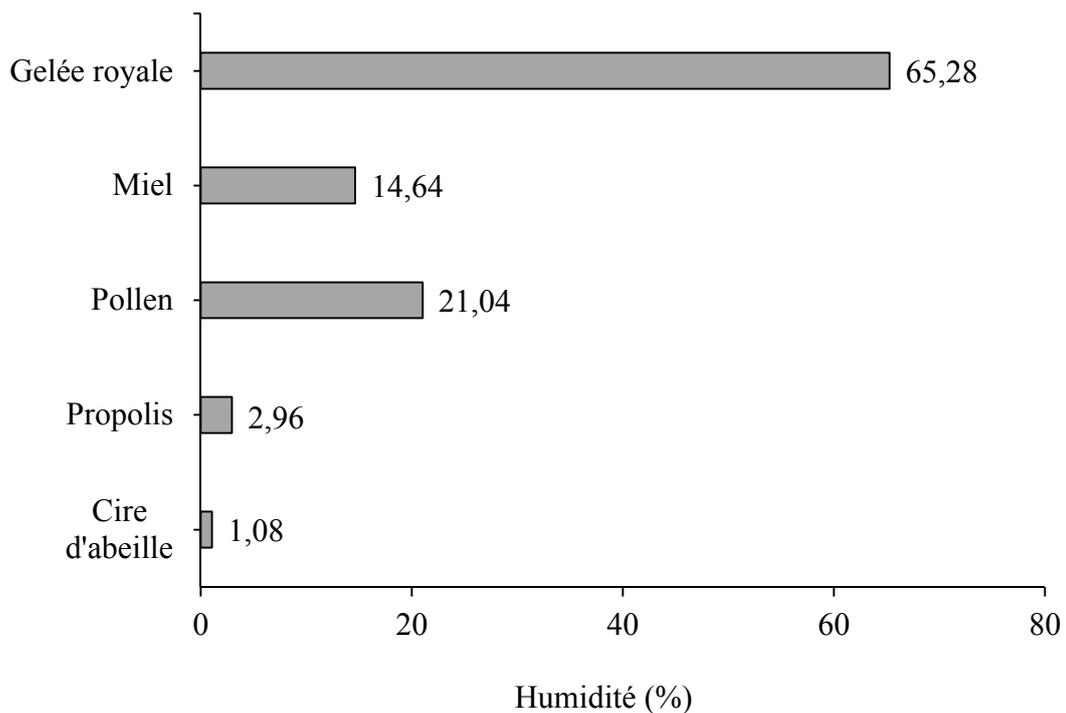


Figure 17 : Humidité des produits de la ruche.

Le taux d'humidité de la gelée royale répond aux exigences fixées par la législation brésilienne (60 et 70%) (Commission brésilienne, 2000), et l'humidité du miel est inférieure à la limite fixée par le Codex Alimentarius (2001) ($\leq 20\%$).

Jahan *et al.* (2015) ont détecté une humidité supérieure pour le miel de Bangladesh qui est de 19,6%. Le miel analysé présente une valeur similaire avec le miel de Cotonou (UCAP miel de Parakou : 14,48%) évalué par Djossou *et al.* (2013).

Les teneurs en eau de la gelée royale de Jordanie trouvée par Nabas *et al.* (2014) (61,5%) et celle du pollen de Brésil déterminée par Almeida-Muradian *et al.* (2005) (7,4%) sont inférieures à celles obtenues dans cette étude.

L'humidité du miel peut être influencée par l'origine florale, la force des colonies d'abeilles, la méthode d'extraction et les conditions hygrométriques du rucher (Ouchemoukh, 2012).

L'humidité de la gelée royale dépend de la saison d'extraction, une augmentation d'humidité a eu lieu dans la saison pluvieuse, et une diminution dans la saison chaude (Wongchai, 2002).

1.2. pH

La figure 18 montre que tous les produits de la ruche analysés présentent un pH acide. La gelée royale et le pollen présentent un pH faible (3,81) par rapport aux autres produits. Le miel et la cire d'abeille présentent un pH de 4,53 et 4,88, respectivement. Cependant, la propolis présente le pH le plus élevé (5,11).

Les pH de la gelée royale et du pollen sont dans les intervalles fixés par la législation brésilienne avec 3,4 à 4,5 et 4 à 6, respectivement (Commission brésilienne, 2000).

Le pH de la gelée royale de Jordanie, obtenu par Nabas *et al.* (2014) (3,42) et le pH du miel des états unis trouvé par Ball (2007) (3,9) sont inférieurs aux résultats de cette étude.

Le miel élaboré par les abeilles *Apis dorsata* de Bangladesh, obtenu par Jahan *et al.* (2015), présente un pH similaire (4,2) avec le miel analysé. Le pH de miel analysé est dans l'intervalle de l'acidité obtenu par Ouchemoukh (2012) sur les miels polyfloraux. Alors que le pH du pollen (*Rosaceae Prunus*) rapporté par Feás *et al.* (2012) est supérieur (4,9) à celui obtenu dans cette étude.

L'étude faite par Wongchai (2002) sur la gelée royale de Thaïlande confirme que le pH est constant durant une année de conservation. Un pH faible du pollen évite la multiplication des microorganismes et améliore la durée de conservation (Feás *et al.*, 2012).

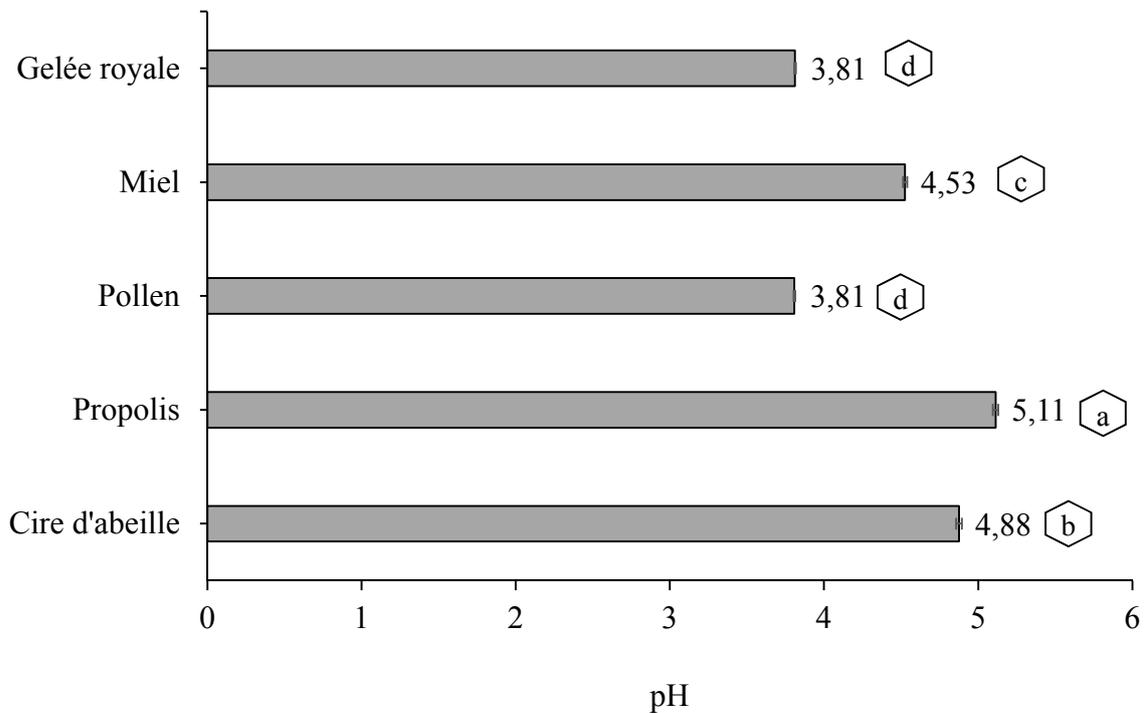


Figure 18 : pH des produits de la ruche.

1.3 Acidité libre

La figure 19 montre que l'acidité des produits de la ruche analysés varie de 15,63 à 396,88 meq/Kg. Les résultats obtenus dans cette étude révèlent que les cinq produits analysés présentent des acidités statistiquement différentes. Le pollen manifeste l'acidité la plus élevée suivie par la gelée royale. La propolis, le miel et la cire d'abeille ont des acidités très faibles comparativement aux deux produits précédant (pollen et gelée royale).

L'acidité du miel analysé est dans l'intervalle tolérée par le Codex Alimentarius (2001) (<50meq/Kg), par contre l'acidité du pollen dépasse la limite fixée par la législation brésilienne (300meq/Kg).

Le résultat obtenu pour le miel est semblable à celui trouvé par Djossou *et al.* (2013) pour le miel de Cotonou (*serein pur miel* : 30,78meq/Kg). La gelée royale présente une acidité supérieure à celle obtenue par Sereia et Toledo (2013) pour la gelée royale africaine

(14,26meq/Kg), ceci revient au fait que cette gelée royale est fraîche. Par contre, elle est inférieure à celle de la Roumanie obtenue par Pavel *et al.* (2015) (3860meq/Kg).

L'origine de l'acidité du miel revient à la présence des acides organiques (acide gluconique), et les ions inorganiques (phosphate et chlorure) (Ouchemoukh *et al.*, 2007). Les acides organiques caractéristiques de la gelée royale sont l'acide pantothénique et l'acide 10-hydroxy-2-décénoïque (10-2 HDA) (les secrets de la gelée royale).

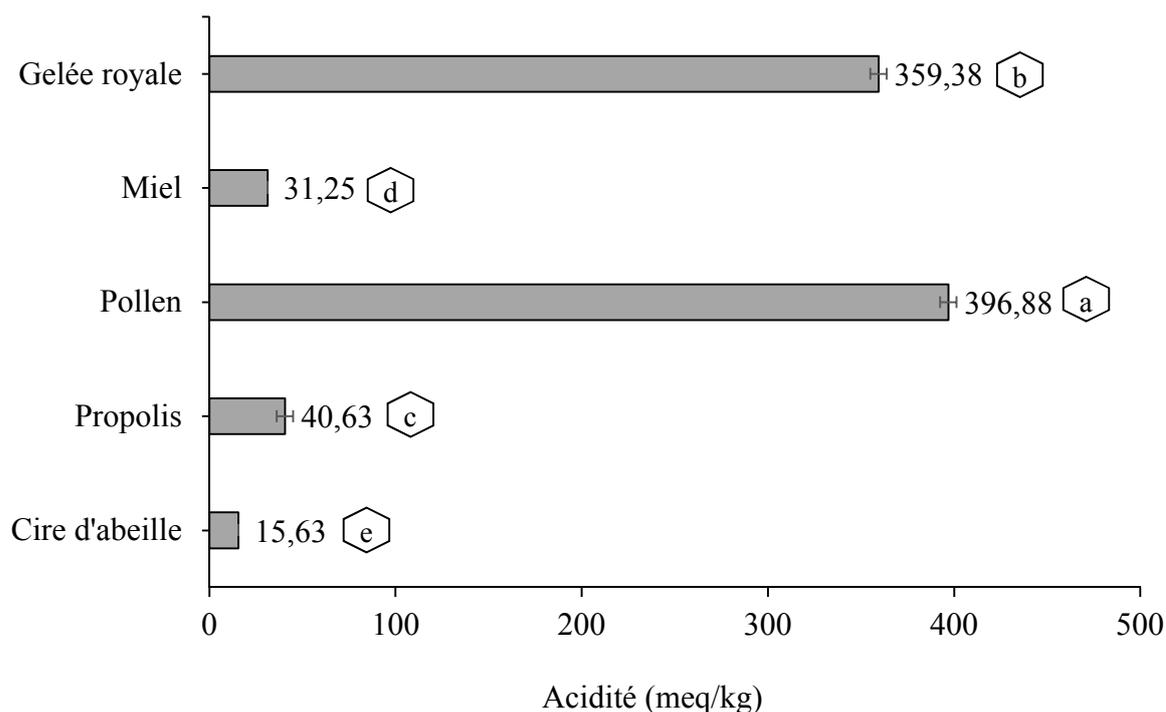


Figure 19 : Acidités des produits de la ruche.

2. Teneurs en antioxydants et activités antioxydantes

2.1. Teneurs en antioxydants

2.1.1. Composés phénoliques

Les composés phénoliques constituent la base des principes actifs chez les plantes médicinales. Ces molécules traces ont un impact direct sur la qualité nutritionnelle des produits alimentaires et leurs bienfaits pour les consommateurs sont incontestables (Macheix *et al.*, 2005).

La figure 20 illustre les résultats de dosage des composés phénoliques des produits de la ruche. La propolis présente la teneur la plus élevée en composés phénoliques par

rapport aux autres produits, suivie par le pollen puis la cire d'abeille. La gelée royale et le miel possèdent des teneurs relativement faibles en ces composés. L'analyse statistique montre qu'il n'y a pas de différences significatives entre la gelée royale et le miel, ainsi entre la gelée royale et la cire.

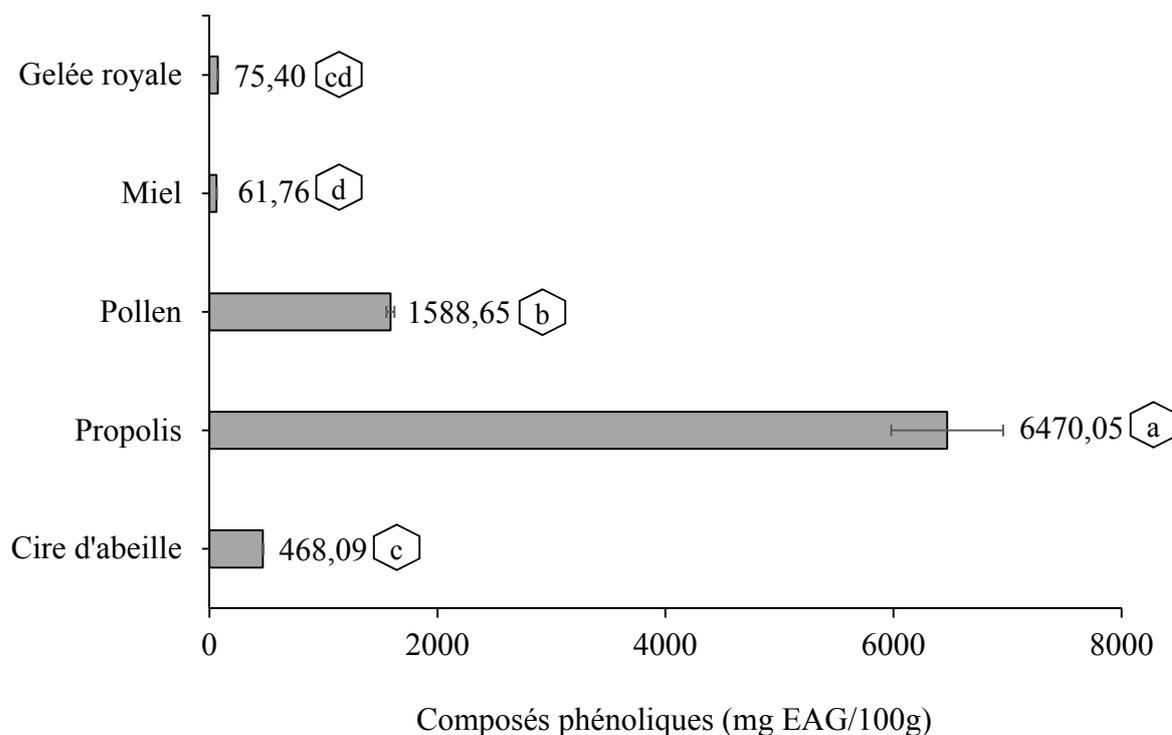


Figure 20 : Teneurs en composés phénoliques des produits de la ruche.

Le résultat obtenu par Tafinine *et al.* (2016) concernant la teneur en composés phénoliques de la propolis algérienne (Oued Ghir) est inférieur (5351,22mg EAG/100g) à celui obtenu dans cette étude. Ces variations de teneurs peuvent être expliquées par l'origine botanique et l'année de récolte (Tafinine *et al.*, 2016).

L'analyse du pollen a permis d'obtenir une concentration de 1588,65mg EAG/100g, qui est supérieure à celle rapportée par Temiser *et al.* (2017) pour le pollen de la Turquie (596,81 mg EAG/100g).

La teneur en composés phénoliques du miel analysé est supérieure à celle obtenue par Draghi et Fernandes (2016) pour le miel d'Atlanta (miels de fleurs sauvages : 43mg EAG/100g). Cependant, elle est inférieure à celles trouvées par Ouchemoukh (2012) qui a révélé après l'analyse de 27 échantillons du miel algériens que les concentrations en composés phénoliques varient de 90,06 à 289,19 mg EAG/100g.

La teneur en composés phénoliques obtenue pour la gelée royale (75,40mg EAG/100g) est inférieure à celle rapportée par Nabas *et al.* (2014) concernant la gelée royale de Jordanie (2330mgEAG/100g).

Ces variations des teneurs s'expliquent par l'origine botanique et/ou géographique des produits de la ruche et de la diversité des profils pollinique (Ouchemoukh, 2012).

2.1.2. Teneurs en flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des pigments responsables de la coloration des végétaux et assurent la protection des tissus contre les agressions externes (Hadri, 2015). Ces composés sont aussi considérés comme des antioxydants puissants qui ont la capacité d'éliminer les radicaux libres (Narayana *et al.*, 2001) et sont également connus pour leur aptitude de chélation des ions métalliques (Kumar et Pandey, 2013).

La figure 21 indique que la teneur en flavonoïdes des différents produits de la ruche analysés est comprise entre 1,39 et 987,33 mg EQ/100g. Le pollen se distingue par la concentration la plus élevée suivie par la propolis puis la cire d'abeille. La gelée royale et le miel sont les moins concentrés et l'analyse statistique montre qu'ils ne présentent aucune différence significative.

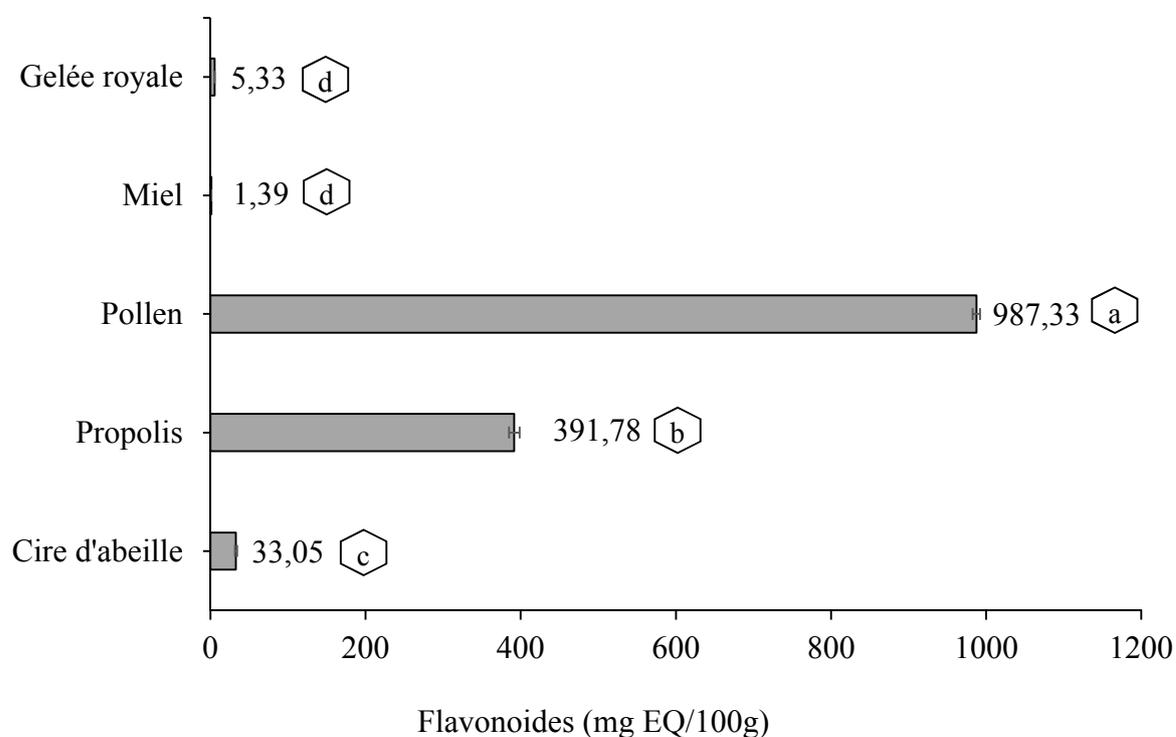


Figure 21 : Teneurs en flavonoïdes des produits de la ruche.

La teneur en flavonoïdes du pollen obtenue dans cette étude est dans l'intervalle déterminée par Marghitas *et al.* (2009) pour le pollen de Roumanie (60 à 1360mg EQ/100g). Pour le taux des flavonoïdes de la propolis, il est similaire à celui obtenu par Rebiai *et al.* (2014) (345,99 mg/100g) pour la propolis de Khenchla.

La teneur en flavonoïdes du miel analysé est dans l'intervalle obtenue par Ouchemoukh (2012) pour les miels polyfloraux algériens (0,30 à 35,61 mg EQ/100g). Cependant, la teneur en flavonoïdes de la gelée royale étudiée est inférieure par rapport au résultat rapporté par Nabas *et al.* (2014) (128mg ER/100g). Cela s'explique par l'utilisation dans cette étude d'une gelée royale de 2016. Malgré que l'échantillon de la gelée royale est stocké dans un réfrigérateur, mais vu que sa teneur en eau est élevée, une grande partie de ses flavonoïdes sont dégradés à cause des réactions chimiques, enzymatiques et/ou bactériennes. Cela pourrait être dû à l'utilisation de standards différents. En effet, dans cette étude la courbe d'étalonnage est tracée par la quercétine alors que Nabas *et al.* (2014) ont utilisé la rutine comme standard.

2.1.2. Teneurs en flavonols

Les Flavonols comptent parmi les sous-classes des flavonoïdes les plus importantes, ils sont présents dans la majorité des fruits et légumes et les extraits des plantes (Kuresh *et al.*, 2002). Les flavonols sont connus pour leurs multiples fonctions biologiques telles que les activités antiallergénique, anti-inflammatoire, antimicrobienne, antithrombotique, antioxydante, cardioprotectrice et vasodilatatrice (Manach *et al.*, 2005).

La figure 22 montre que la teneur des produits de la ruche analysés varie de 0,62 à 542,89mg EQ/100g. L'analyse statistique révèle que la propolis possède la teneur la plus élevée (542,89mg EQ/100g), viennent par la suite le pollen avec une teneur de 220,57mg EQ/100g puis la cire d'abeille (29,09mg EQ/100g). Les concentrations les moins élevées sont manifestées par la gelée royale (2,48mg/100g) et le miel (0,62mg/100g) sans différence significative.

La teneur en flavonols du pollen analysé concorde avec celle obtenue par Leja *et al.* (2007) pour le pollen de Pologne (*Trifolium sp* : 195mg/100g) mais, inférieure à celle obtenue par LeBlanc *et al.* (2009) pour le pollen des États-Unis d'Amérique (Mesquite : 354mg EQ/100g). La concentration de flavonols du miel analysé est inférieure à celle obtenue par Pontis *et al.* (2014) dans le miel de la Roraima (Brésil) (1,42mg EQ/100g). Les

flavonols identifiés dans le miel sont la kaempferol, la quercétine, l'isorhamnetine, la myricétine et kaempferide (Ouchemoukh, 2012).

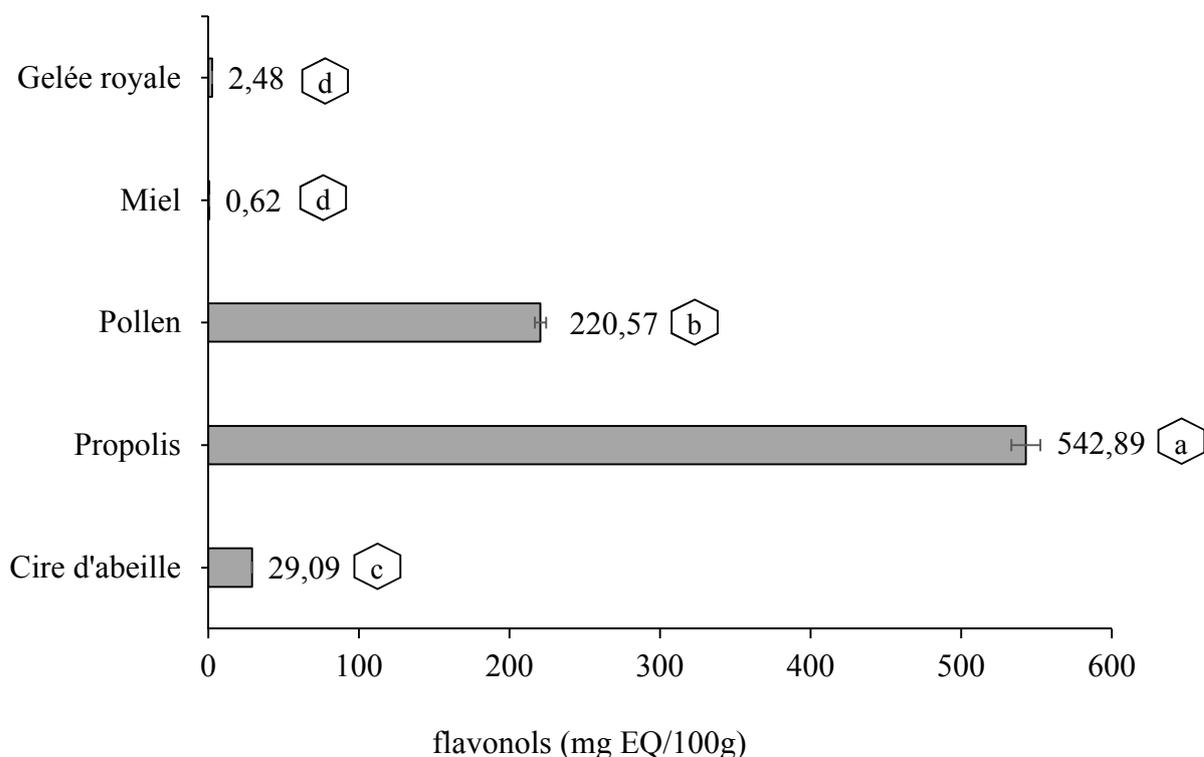


Figure 22 : Teneurs en flavonols des produits de la ruche.

2.2. Évaluation de l'activité antioxydante

2.2.1. Activité antiradical DPPH

La méthode du DPPH est un test antioxydant basé sur la réduction du radical DPPH• en présence des antioxydants. L'utilisation du test de DPPH fournit un moyen simple et rapide pour l'évaluation spectrophotométrique des antioxydants des extraits de plantes (Garcia *et al.*, 2012).

La figure 23 montre que l'activité antiradicalaire des produits de la ruche varie de 185,82 à 15346,86mg EAG/100g. L'activité la plus élevée à réduire le radical DPPH est présentée par la propolis suivie par le pollen, puis par la cire d'abeille. Avec des activités statistiquement similaires, le miel et la gelée royale ont les potentiels les plus faibles à réduire le radical DPPH. Le pouvoir antiradicalaire du miel obtenu est supérieur à celui obtenu par Chua *et al.* (2013) pour le miel de Malaisie (Gelum : 50,169mg EAA/100g).

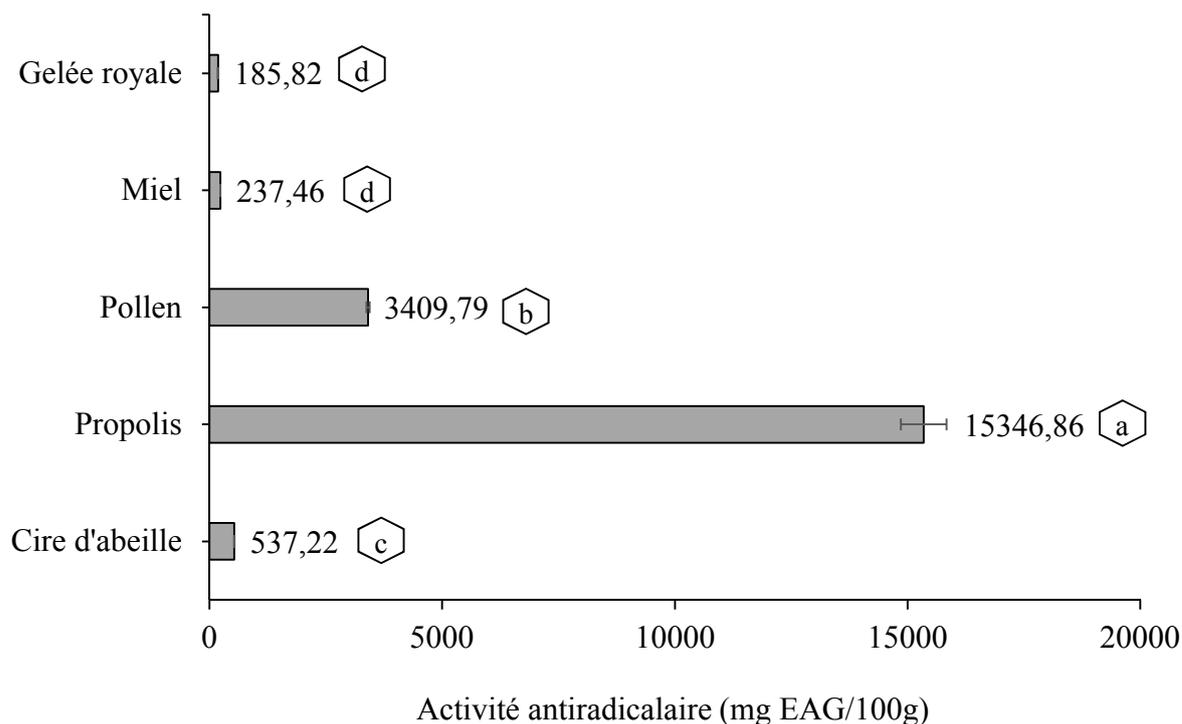


Figure 23 : Activité antiradical DPPH des produits de la ruche.

2.2.2. Pouvoir réducteur

Beaucoup d'études ont indiqué la présence d'une relation directe entre les activités antioxydantes et la puissance réductrice (Bentabet *et al.*, 2014). Cette méthode est utilisée pour évaluer la puissance réductrice des antioxydants des extraits via la réduction du fer ferrique (Fe^{+3}) en fer ferreux (Fe^{+2}) (Koula *et al.*, 2014).

Figure 24 montre que le pouvoir réducteur mesuré dans les différents produits analysés varie entre 33,05 et 15346,86mg EAG/100g. La propolis présente le pouvoir réducteur le plus élevé par rapport aux autres produits, suivi par le pollen et la cire d'abeille, avec des différences significatives. La gelée royale et le miel possèdent les activités les plus faibles, et l'analyse statistique montre qu'ils ne présentent aucune différence significative.

Le résultat obtenu pour le miel est supérieur à celui rapporté par Attanzio *et al.* (2016) pour le miel de Sicile (Italie) (*Acacia* : 21,1mg AAE/100g) mais, inférieur à celui du miel de myrtacées (*Eucalyptus* : 62,8mg AAE/100g) et similaire au miel d'amande : 43,8mg AAE/100g.

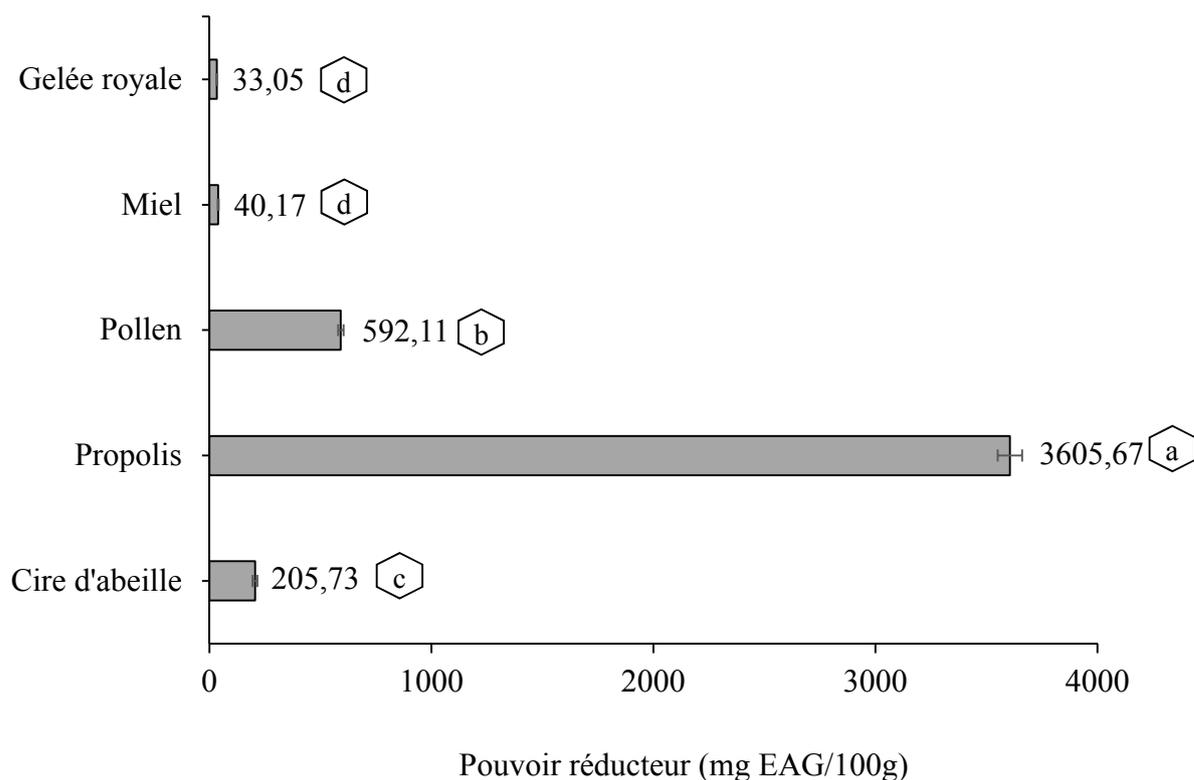


Figure 24 : Pouvoir réducteur des produits de la ruche.

Le pouvoir réducteur de la gelée royale obtenu par Liu *et al.* (2008) est fortement supérieur à celui obtenu dans cette étude. Ces auteurs ont obtenu dans le premier jour de la collecte une activité de 6650mg BHT/100g et 4390mg BHT/100g après 3 jours de stockage. La diminution de 34% du pouvoir réduction après seulement trois jours de stockage indique que la gelée royale est un produit très sensible. Cela explique également les faibles teneurs en antioxydants et les activités antioxydantes de la gelée royale analysées dans cette étude du fait que la récolte est faite en 2016.

L'activité réductrice de la propolis obtenue est supérieure à celle obtenue par Tafinine *et al.* (2016) pour la propolis de Oued Ghir (Algérie) avec 1700mg EAG/100g.

2.2.3. Test au phosphomolybdate

Le test au phosphomolybdate repose sur la réduction de Mo (VI) en Mo (V) en présence des antioxydants à pH acide et à température élevée et se manifeste par la formation d'un complexe de couleur verdâtre (Saha *et al.*, 2008, Rebiai & Lanez, 2012).

La figure 25 indique que l'activité antioxydante obtenue dans cette analyse varie de 1611,47 à 26672,73mg EAG/100g. D'après cette figure l'activité phosphomolybdate de la propolis est supérieure à celle des autres produits.

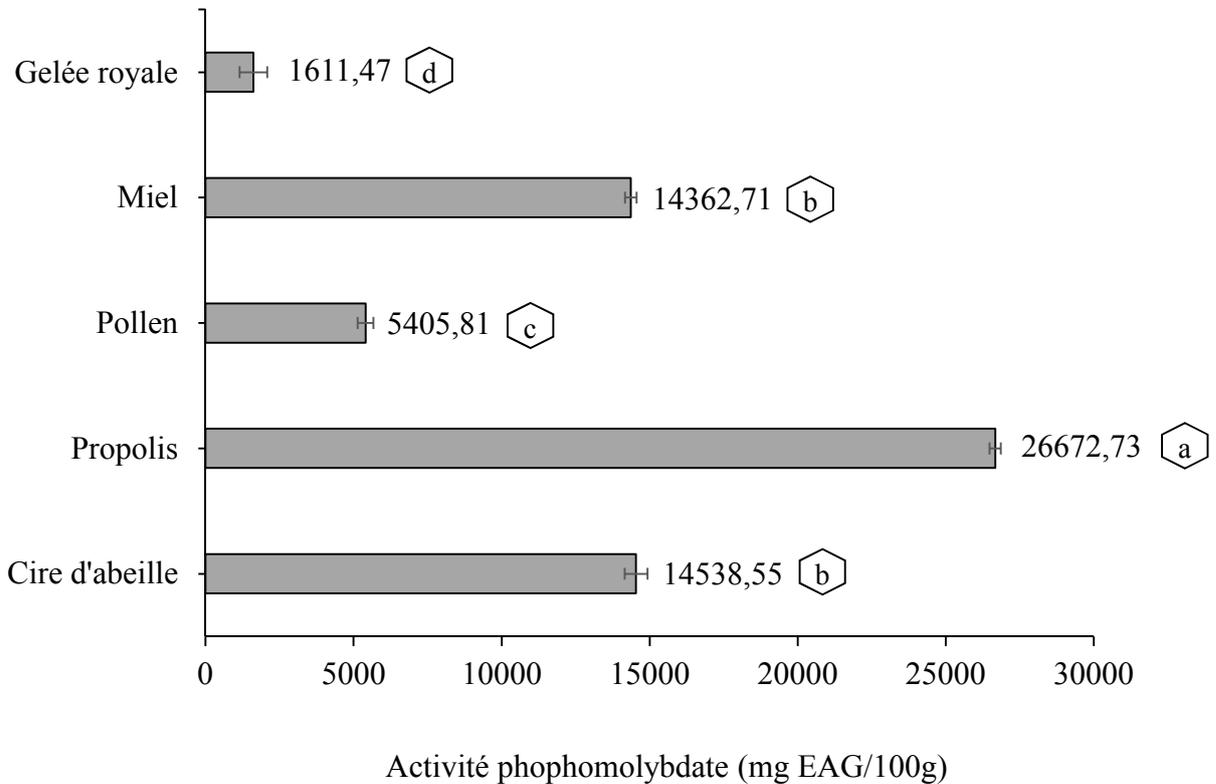


Figure 25 : Activité antioxydante au phosphomolybdate des produits de la ruche.

Le miel et la cire d'abeille présentent des activités antioxydantes similaires avec environ la moitié de celle de la propolis. La gelée royale se manifeste de l'activité la plus faible à réduire le molybdate.

Rebiai et Lanez (2012) ont révélé que le pollen de Boufarik (Blida) présente une activité supérieure (10158mg EAG/100g) deux fois plus par rapport à l'activité du pollen étudié. Cela pourrait s'expliquer par l'origine florale du pollen.

3. Analyse des corrélations

Plusieurs recherches ont étudié la relation entre les teneurs en antioxydants et les activités antioxydantes, la plupart des investigations confirment l'existence de corrélations positives entre les deux paramètres, par contre certaines indiquent qu'il n'existe pas de relation (El-Sayed, 2009).

Une matrice de corrélation est établie entre les paramètres physico-chimiques et antioxydants des produits de la ruche étudiés (Tableau II).

Il existe une corrélation négative entre le pH et l'acidité. Étant donné que le pH est le cologarithme de la concentration des ions H^+ , cela indique que la concentration des protons libérés au milieu est proportionnelle à la teneur en acides présents dans les produits de la ruche.

Le test au phosphomolybdate présente une corrélation positive avec le pH ($r = 0,94$; $p < 0,001$) et négative avec l'acidité ($r = -0,81$; $p < 0,01$). Cela indique que ce test pourrait être influencé négativement par l'acidité du produit analysé.

Les teneurs en composés phénoliques sont très bien corrélées avec les flavonols ($r = 0,99$), mais pas avec les flavonoïdes ($r = 0,36$). Meda *et al.* (2005) ont obtenu une corrélation de 0,11 entre les teneurs en polyphénols et flavonoïdes obtenus par la méthode au chlorure d'aluminium. Les auteurs ont expliqué ces résultats par la sous-estimation des teneurs en flavonoïdes mesurés étant donné que le chlorure d'aluminium interagit seulement avec certaines classes de flavonoïdes, les flavones et les flavonols.

Une très haute corrélation entre l'activité antiradicalaire et les composés phénoliques, avec $r = 0,94$, est déjà obtenue par Al *et al.* (2009).

L'activité antiradicalaire et le pouvoir réducteur sont très hautement corrélés avec les teneurs en composés phénoliques et en flavonols ($p < 0,001$). Le test au phosphomolybdate est significativement corrélé avec les polyphénols et les flavonols ($p < 0,05$).

La matrice de corrélation montre que les trois activités antioxydantes, l'activité antiradical DPPH, le pouvoir réducteur et le test au phosphomolybdate, sont corrélées avec une parfaite superposition des deux activités antiradicalaire et pouvoir réducteur.

Tableau II : Matrice de corrélations des paramètres physico-chimiques et antioxydants des produits de la ruche.

	pH	Composés phénoliques	Flavonoïdes	Flavonols	Activité antiradicalaire	Pouvoir réducteur	Test phosphomolybdate
Acidité	-0,93***	-0,25	0,52	-0,13	-0,25	-0,3	-0,81**
pH		0,55	-0,32	0,44	0,55	0,59	0,94***
Composés phénoliques			0,36	0,99***	1***	1***	0,76*
Flavonoïdes				0,51	0,34	0,28	-0,09
Flavonols					0,98***	0,97***	0,68*
Activité antiradicalaire						1***	0,76*
Pouvoir réducteur							0,79**

*Corrélation significative ($p < 0,05$), ** Corrélation hautement significative ($p < 0,01$) et

*** Corrélation très hautement significative ($p < 0,001$).

Conclusion
et
perspectives

Conclusion et perspectives

La présente étude a pour objectif l'analyse des paramètres physico-chimiques, la quantification des antioxydants et l'évaluation l'activité antioxydante de cinq produits de la ruche (gelée royale, miel, pollen, propolis et cire d'abeille).

Les résultats de l'analyse des paramètres physico-chimiques indiquent que la gelée royale possède le pourcentage le plus élevé en humidité (65,28%) par rapport aux autres produits et la cire d'abeille le taux le plus bas (1,08%). Le pollen et la gelée royale sont caractérisés par un pH faible (3,81) avec les acidités les plus élevées 397 et 359 meq/kg, respectivement. Ces deux paramètres manifestent une corrélation négative très hautement significative.

Concernant la composition en substances antioxydantes, la propolis renferme la quantité la plus importante en composés phénoliques (6470mg EAG/100g) suivie par le pollen (1589mg EAG/100g), par contre, le miel est le moins concentré (62mg EAG/100g).

Le pollen est caractérisé par la concentration la plus importante en flavonoïdes (987EQ/100g) suivi par la propolis mais, le miel et la gelée royale ne présentent que des infimes concentrations. La teneur la plus élevée en flavonols est obtenue dans la propolis (543EQ/100g) suivie par le pollen (220,57EQ/100g). Cependant les trois autres produits sont pauvres en cette sous classe de flavonoïdes.

L'évaluation de l'activité antioxydante, par la réduction du radical DPPH et du pouvoir réducteur, montre que la propolis suivie par le pollen sont les produits les plus actifs.

De parfaites corrélations sont constatées entre les composés phénoliques et le pouvoir réducteur ainsi que l'activité antiradicalaire ($r = 1$). Ce qui indique que ces deux activités sont complètement dues aux composés phénoliques. A l'exception des flavonoïdes, tous les autres paramètres antioxydants sont corrélés entre eux.

En perspectives, il est intéressant de tester d'autres activités biologiques telles que l'activité antibactérienne, antifongique...ainsi que les analyses *in vivo* pour détecter les effets thérapeutiques. Il est intéressant également d'effectuer des analyses pour plusieurs types de miels, gelée royale, pollen, propolis et la cire d'abeille dans les différentes régions de notre pays, afin de sélectionner les types les plus actifs pour de les utilisé dans les domaines pharmaceutique et cosmétique.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

A

- Adedapo A. A., Florence J. O., Srinivas K., Anthony A. J. and Patrick M. J. (2008).** Antibacterial and antioxidant properties of the methanol extracts of the leaves and stems of *Calpurnia aurea*. *BMC Complementary and Alternative Medicine* 10.1186/1472-6882-8-53.
- Al L. M., Dezmirean D., Adela M., Otilia B., Laura L., Bogdanov S. (2009).** Physico-chemical and bioactive properties of different floral origin honeys from Romania. *Food Chemistry* 112, 863-867.
- Almeida-Muradian L.B., Lucila C., Pamplona, Silvia C., Ortrud M. B. (2005).** Chemical composition and botanical evaluation of dried bee pollen pellets. *Journal of Food Composition and Analysis* 18, 105-111.
- Amigou M. (2016).** Les résidus de médicaments vétérinaires et de pesticides dans les produits apicoles alimentaires (miel, pollen, gelée royale et propolis). Thèse de Doctorat Vétérinaire, Faculté de médecine de Créteil, Ecole nationale vétérinaire d'Alfort, pp. 139, 27-41.
- Andelkovi B., Vujisi L., ckovi I. V., Tesevi V., Vajs V., devac D. G. (2016).** Metabolomics study of *Populus* type propolis. *Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, S0731-7085, 30493-9.
- Anilakumar K. R., Krishna K. R. S., Chandramohan G., Khanum F. and Bawa A. S. (2007).** Bees wax polyphenols as suppressor of ccl 4 -induced oxidative stress in rats. *Physiol Pharmacol*, 51 (4) : 361-367.
- Attanzio A., Luisa T., Mario A., Maria A. Livrea. (2016).** Monofloral honeys by Sicilian black honeybee (*Apis mellifera* ssp. *sicula*) have high reducing power and antioxidant capacity. *Chemical and Pharmaceutical Science and Technologies* 28, 90123.
- Avisse I.** Grand traité des miels, Editions Le Sureau, 2014, p. 293-80-111-113.

B

- Bacher R.** Les abeilles, le miel et l'apiculture, 2008, Edition Terre vivante p. 138,8.

- Ball D. W. (2007).** The Chemical Composition of Honey. *Journal of Chemical Education* 84, 44115.
- Bentabet N, Boucherit-Otmani Z, Boucherit K. (2014).** Composition chimique et activité antioxydante d'extraits organiques des racines de *Fredolia aretioides* de la région de Béchar en Algérie. *Phytothérapie* 10.1007.
- Biri M.** Le grand livre des abeilles, 2002, Edition De Vecchi S.A. p. 228, 13.
- Bogdanov S. (1999).** Harmonised methods of the international honey commission. International Honey Commission.
- Boizot N., Charpentier J-Paul. (2006).** Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. INRA, Amélioration, Génétique et Physiologie Forestières, Laboratoire d'Analyses Biochimiques, BP 20619-45166.
- Bruneau E., Barbançon J. M., Bonnaffé P., Clément H., Domerego R., Fert G., Le Conte Y. Ratia G., Reeb C. et Vaissière B. (2002).** Le traité Rustica de l'apiculture. Edition Rustica. pp. 528.

C

- Cardinault N., Cayeux M.O., Percie du Sert P. (2012).** La propolis : origine, composition et propriétés. *Phytothérapie*, 10:298-304.
- Chaabi M. (2008).** Etude phytochimique et biologique d'espèces végétales africaines : *Euphorbia stenoclada* Baill. (Euphorbiaceae), *Anogeissus leiocarpus* Guill. & Perr. (Combretaceae), *Limoniastrum feei* (Girard) Batt. (Plumbaginaceae). Thèse de Doctorat en Science de l'Université Louis Pasteur : Sciences Pharmaceutiques, Spécialité : Pharmacognosie et de de l'Université Mentouri de Constantine : Chimie Organique, Spécialité : Phytochimie, pp. 250, 33-34.
- Chefrour A, Draiaia R, Tahar A, Ait Kaki Y, Bennadja S and Battesti MJ. (2009).** Physicochemical characteristics and pollen spectrum of some north-east Algerian honeys. *African journal of food agriculture nutrition and development* 9, ISSN 1684-5374.
- Chua L. S., Norul L. Rahaman A., Nur A. A., and Ti Tjih E. T. (2013).** Antioxidant Activity of Three Honey Samples in relation with Their Biochemical Components. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, 8 ID 313798.

Codex, 2001 : PROGRAMME MIXTE FAO/OMS SUR LES NORMES ALIMENTAIRES. Commission du Codex Alimentarius. ALINORM 01/25, 1-31.

Commission Brésilienne (2000). Instruction normative N°11. Publié au Journal officiel de 23/10/00, Section I, p. 16-17.

Commission Européenne (2002). Directive 2001/110/EC du 20 décembre 2001 relative au miel.

Cousin L. (2014). L'abeille et le conseil à l'officine. Thèse pour le diplôme d'état de Docteur en Pharmacie. Université de POITIERS Faculté de Médecine et de Pharmacie, pp. 77, 21-39.

D

David Paterson P. L'apiculture, 2008, Edition Quae p. 144, 5-142.

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

Domerigo R., Imbert G., Blanchard C. Les remèdes de la ruche, 2007, Edition Alpen p. 94.

Draghi P. F., Fernandes J. C. B. (2016). Label-free potentiometric biosensor based on solid-contact for determination of total phenols in honey and propolis. 09521-160.

El-Sayed S. A-H. (2009). Total phenolic contents and free radical scavenging activity of certain Egyptian Ficus species leaf samples. Food Chemistry 114, 1271-1277.

Eon N. (2011). De la fleur à l'abeille, de l'abeille au miel, du miel à l'Homme : Miel et autres produits de la ruche. Thèse de Doctorat en Pharmacie. Université de Nantes, Faculté de pharmacie, pp. 163, 94.

F

Feás X., Pilar V-T. M., Estevinho L., Julio A. S. and Antonio I. (2012). Organic Bee Pollen: Botanical Origin, Nutritional Value, Bioactive Compounds, Antioxidant Activity and Microbiological Quality. Molecules 17, 8359-8377.

Fratini F., Cilia G., Mancini S., Felicioli A. (2016). Royal Jelly: An ancient remedy with remarkable antibacterial properties. *Microbiological Research*, S0944-5013, 30083-0.

G

Garcia E. J., Tatiane L. Cadarin O., Severino M. de A., Alessandra R., Alessandro D. Loguercio, Rosa H. M. G. (2012). Antioxidant Activity by DPPH Assay of Potential Solutions to be Applied on Bleached Teeth. *Braz Dent* 23(1) : 22-27.

Gharbi M. (2011). Les produits de la ruche : Origines - Fonctions naturelles - Composition Propriétés thérapeutiques Apithérapie et perspectives d'emploi en médecine vétérinaire. Thèse de Doctorat en Médecine-pharmacie, Université Claude-Bernard - Lyon I, pp. 221.

H

Hadri N. (2015). Etude phytochimique et activité antioxydante d'extrait de plantes *Sedum villusum*L. (Orpin) et *Anabasis articulata*Moq. (Forsk). Thèse de Doctorat en Biologie cellulaire et biochimie. Université Abou Bakr Belkaid Tlemcen, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, des Sciences de la Terre et de l'Univers, pp. 106.

Haleng J., Pincemail J., Defraigne J.O., Charlier C., Chapelle J.P. (2007). Le stress oxydant. *Rev Med Liege*, 62 : 10 : 628-638.

J

Jahan N., Islam A. Md., Alam F., Gan S. H. and Md. Khalil I. (2015). Prolonged heating of honey increases its antioxidant potential but decreases its antimicrobial activity. *Afr J Tradit Complement Altern Med*, 12(4):134-144.

Jean-Prost P. Apiculture, 7^e Edition LAVOISIER, 2005, p. 682.

Jean-Prost P. Apiculture, Sixième Edition LAVOISIER, 1987, p. 565.

K

Koula D., Souhila T., Asma D., Zahira H. (2014). Etude physicochimique et phytochimique de quelques types de miels Algériens. *Revue Ecologie-Environnement* (10), ISSN : 1112-5888.

- Kumar S. and Pandey A. K. (2013).** Chemistry and Biological Activities of Flavonoids: An Overview. *The Scientific World Journal*, Article ID 162750, 16.
- Kuresh A Y., Jeremy P.E S., Hagen S. and Rice-Evans C. (2002).** Dietary Flavonoids as Potential Neuroprotectants. *Biol. Chem.*, Vol.383, pp. 503-519.

L

- Lacube J.** L'ABC de l'apiculture, Rustica éditions, 2015, p. 219-48-52.
- Layens D. G.** cours complet d'apiculture, 2013, Edition Belin p. 458, 6-9-10.
- LeBlanc B. W., Davis O. K., Boue S., DeLuca A., Deeby T. (2009).** Antioxidant activity of Sonoran Desert bee pollen. *Food Chemistry* 115, 1299-1305.
- Leja M, Mareczek A, Wyzgolik G, Klepacz-Baniak J, Czekon´ska K. (2007).** Antioxidative properties of bee pollen in selected plant species. *Food Chemistry* 100, 237-240.
- Les secrets de la gelée royale**, Edition E.I.T.C.A.M. p. 19, 2. Disponible sur : https://www.google.dz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj3z4jw16vUAhVM0xoKHZ2_DFgQFgghMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.eitcam.com%2Fmedia%2Fgelee-royale.pdf&usg=AFQjCNFhn36AJd7zdPcJCp0lJzteecTI-w&sig2=p7_jMMTAccIGz7JNIAWVoA. (Consulté 04 avril 2017).
- Liu J-R., Yang Y-C., Shi L-S., and Peng C-C. (2008).** Antioxidant Properties of Royal Jelly Associated with Larval Age and Time of Harvest. *Food Chem*, 56, 11447-11452.

M

- Macheix J-J., Fleuriet A., Jay-Allemand C.** Les composés phénoliques des végétaux : un exemple de métabolites secondaires d'importance économique, Presses polytechniques et universitaires romandes, 2005, p. 93.
- Manach, C., Mazur, A., et Scalbert, A. (2005).** Polyphenols and prevention of cardiovascular diseases. *Current Opinion in Lipidology*, 16, 77–84.
- Marghitas L.A., Stanciu O.G., Dezmirean D.S., Bobis O., Popescu O, Bogdanov S., Campos M.G. (2009).** In vitro antioxidant capacity of honeybee-collected pollen of selected floral origin harvested from Romania. *Food Chemistry* 115, 878–883.

- Marquele F. D., Mambro V. M. Di, Georgetti S. R., Casagrande R., Valimb Y. M.L, Fonseca M. J. V. (2005).** Assessment of the antioxidant activities of Brazilian extracts of propolis alone and in topical pharmaceutical formulations. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* 39, 455-462.
- Meda A., Lamien C. E., Romito M., Millogo J., Nacoulma O. G. (2005).** Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Fasan honey, as well as their radical scavenging activity. *Food Chemistry* 91, 571-577.
- Mickaël B. (2010).** Propriétés et usage médical des produits de la ruche. Thèse de Doctorat en Pharmacie. Université de Limoges, Faculté de Médecine et Pharmacie, pp. 119, 12-18.
- Molyneux P. (2004).** The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Technol.*, 26(2): 211-219.
- Moreno M.I.N., Isla M.I., Sampietro A.R., Vattuone M.A. (2000).** Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis from several regions of Argentina. *Journal of Ethnopharmacology* 71, 109-114.

N

- Nabas Z., Haddadin M. S.Y, Haddadin J., Nazer I. K. (2014).** Chemical Composition of Royal Jelly and Effects of Synbiotic with Two Different Locally Isolated Probiotic Strains on Antioxidant Activities. *Food Nutr. Sci*, Vol. 64, No. 3, pp. 171-180.
- Naithani V., Nair S., Kakkar P. (2006).** Decline in antioxidant capacity of Indian herbal teas during storage and its relation to phenolic content. *Food Research International* 39, 176-181.
- Narayana R. K., Reddy S. M., Chaluvadi M.R., Krishna D.R. (2001).** Bioflavonoids classification, pharmacological, biochemical effects and therapeutic potential. *Indian Journal of Pharmacology*, 33: 2-16.

O

- Ouchemoukh S. (2012).** Caractérisation physico-chimique, profils polliniques, glucidiques et phénoliques et activité antioxydante de miels algériens. Thèse de Doctorat en Biochimie : Science biologique. Université Abderrahmane Mira de Béjaia, Faculté Science de la Nature et de la vie, pp. 164.

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

P

Pavel C. I., Mărghitaş L. A., Dezmirean D. S., Tomoş L. I., Bonta V., Şapcaliu A. & Buttstedt A. (2015). Comparison between local and commercial royal jelly-use of antioxidant activity and 10-hydroxy-2- decenoic acid as quality parameter. *Journal of Apicultural Research* 53(1) : 116-123.

Percie du Sert P. La force des produits de la ruche. [en ligne]. 2017. Disponible sur : <https://www.lanutrition.fr/interviews/patrice-percie-du-sert-l-la-force-des-produits-de-la-ruche-r> (Consulté 03 juin 2017).

Philippe J. M. le guide de l'apiculteur, Troisième Edition EDISUD, 1999, p.1087.

Pita-Calvo Consuelo and Vázquez Manuel. (2016). Differences between honeydew and blossom honeys, *Analytical Chemistry*, S0924-2244, 30263-1.

Pontis J. A., Costa Luiz A. M. Alves da., Silva S. J. R. da, Flach A. (2014). Color, phenolic and flavonoid content, and antioxidant activity of honey from Roraima, Brazil. *Food Science and Technology* ISSN 0101-2061.

R

Ramalakshmi K., Kubra R. I., Rao Jagan M. L. (2008). Antioxidant potential of low-grade coffee beans. *Food Research International* 41, 96-103.

Ravazzi G. Abeilles et apiculture, 2007, Edition de Vecchi S.A, pp, 152, 111.

Rebiai A and Lanez T. (2012). Chemical composition and antioxidant activity of *Apis Mellifera* bee pollen from northwest Algeria. *Journal of fundamental and Applied Sciences*, ISSN 1112-9867.

Rebiai A., Lanez T. and Belfar M. L. (2014). Total polyphenol contents, radical scavenging and cyclic voltammetry of Algerian propolis. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences* ISSN- 0975-1491.

Rigal M-L. (2012). Miel et gelée royale : utilisations thérapeutiques dans le domaine cutané et applications en cosmétologie. Thèse de Doctorat en Pharmacie. Université de Limoges, Faculté de Pharmacie, pp. 156.

S

Saha M. R, Hasana S. M. R, Aktera R, Hossaina M. M, Alamb M. S, Alam M. A., and Mazumder M. E. H. (2008). In vitro free radical scavenging activity of methanol extract of the leaves of *mimusops elengi* linn. Vet. Med, 6 (2) : 197-202.

Sauvager F. (2012). Les produits de la ruche et la santé humaine. Conférence donnée à la salle Pétrarque de Montpellier.

Sereia M. J., Toledo de Vagner de Alencar Arnaut. (2013). Quality of royal jelly produced by Africanized honeybees fed a supplemented diet. Food Science and Technology, ISSN 0101-2061.

T

Tafinine M. Z., Ouchemoukh S., Tamendjari A. (2016). Antioxydant activity of some Algerian honey and propolis. INDCRO-8748; No. of Pages 6.

Temizer I. K., Guder A., Turkmen Z., Celekli O. G. (2017). Gas chromatography and mass spectrometry analysis, chemical contents and antioxidant properties of *onobrychis* spp. (fabaceae) pollen collected by honeybees. Fresenius Environmental Bulletin, Volume 26 ± No. 1a, pages 962-968.

Wongchai V. (2002). Seasonal Variation of Chemical Composition of Royal Jelly Produced in Thailand. Tech., Vo.7, No.2.

Annexes

Annexe 1

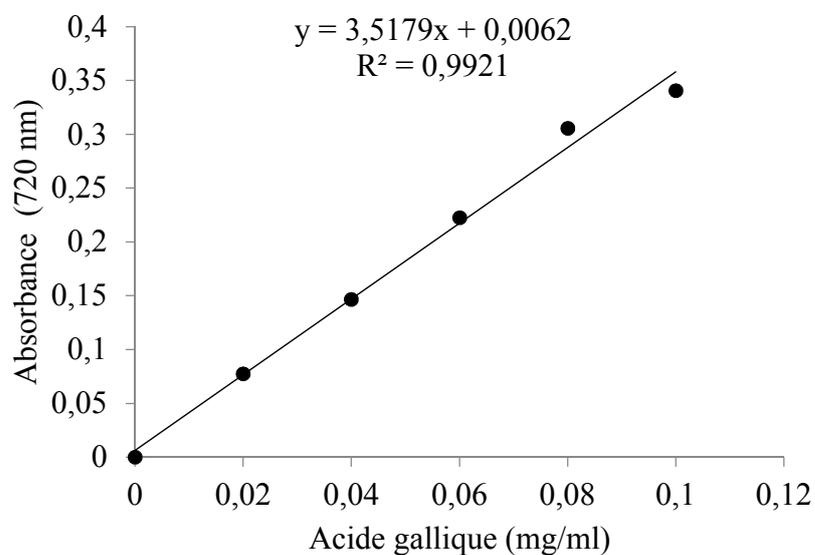


Figure a : Courbe d'étalonnage des composés phénoliques.

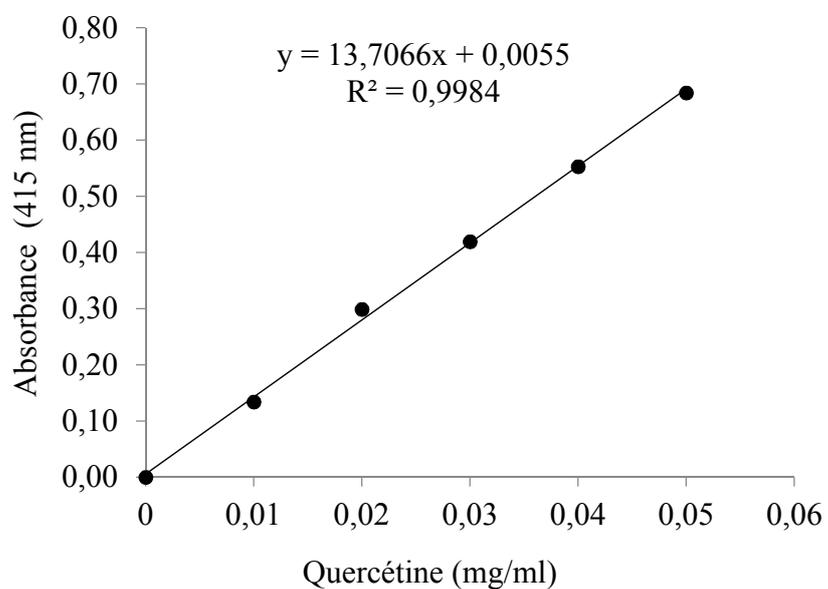


Figure b : Courbe d'étalonnage des flavonoïdes.

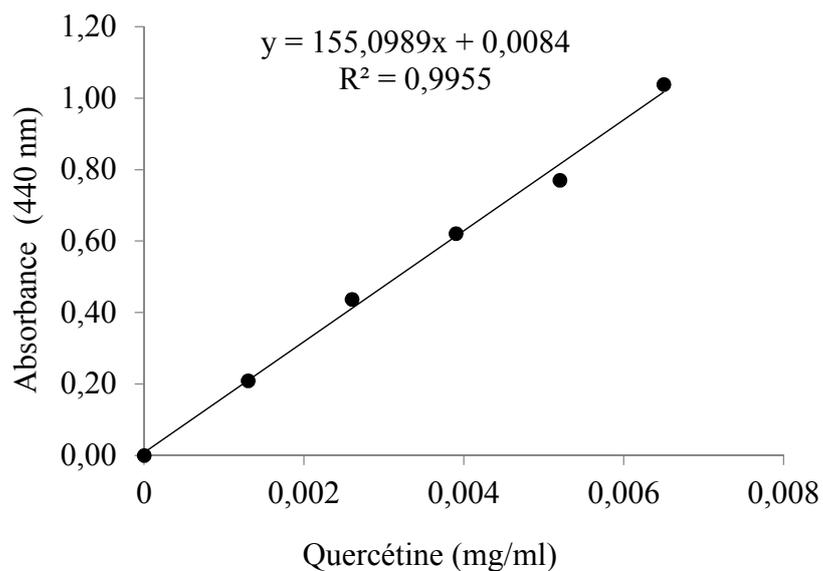


Figure c : Courbe d'étalonnage des flavonols.

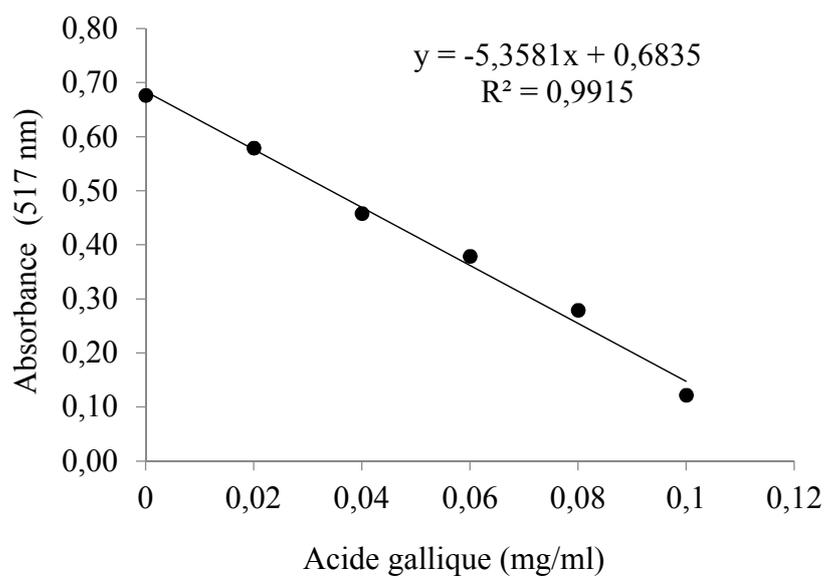


Figure d : Courbe d'étalonnage de l'activité anti-radicalaire.

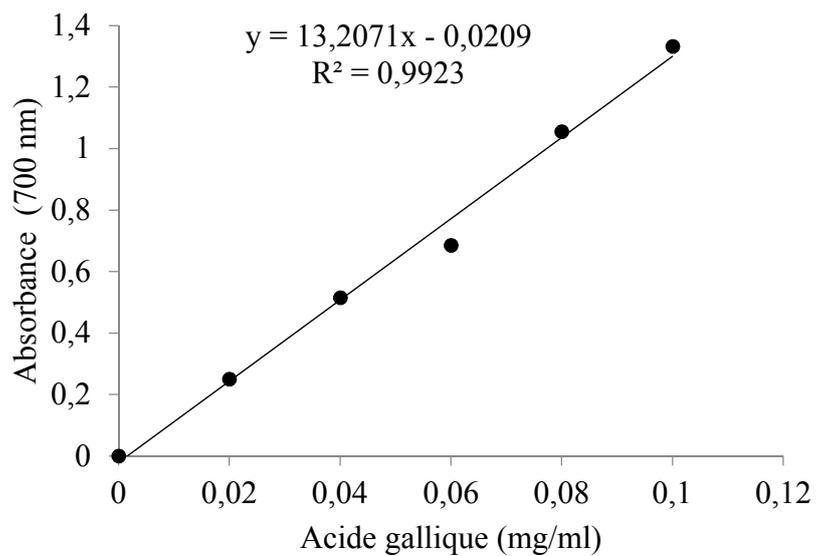


Figure e : Courbe d'étalonnage du pouvoir réducteur.

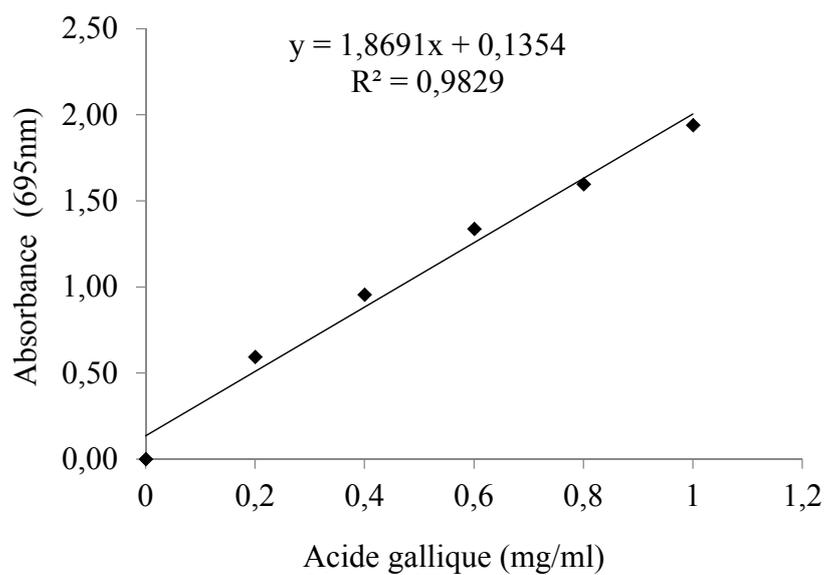


Figure f : Courbe d'étalonnage du test au phosphomolybdate.

Annexe 2

Tableau a : Teneurs du miel en acides aminés libres (mg/100g) (Philippe, 1999).

Acides aminés libres	Teneur (mg/100g)
Acide aspartique	De 0,06 à 17,0
Acide glutamique	De 0,50 à 19,0
Alanine	De 0,32 à 10,5
Arginine	De 0,00 à 5,8
Cystine	De 0,00 à 6,1
Glycine	De 0,20 à 5,9
Histidine	De 0,56 à 10,7
Isoleucine	De 0,12 à 4,6
Leucine	De 0,15 à 5,3
Lysine	De 0,40 à 38,2
Méthionine	De 0,00 à 2,7
Phénylalanine	De 0,28 à 16,6
Proline	De 6,20 à 249,0
Sérine	De 0,34 à 23,6
Thréonine	De 0,20 à 4,5
Tyrosine	De 0,18 à 6,9
Tryptophane	De 0,00 à 0,1

Tableau b : Teneurs du miel en minéraux (mg/100g) (Philippe, 1999).

Minéraux	Teneur (mg/100g)
Calcium	De 4,0 à 30,0
Chlore	De 0,002 à 0,02
Cuivre	De 0,01 à 0,1
Iode	-
Fer	De 0,1 à 3,4
Magnésium	De 0,7 à 13,0
Manganèse	De 0,02 à 10,0
Phosphore	De 2,0 à 60,0
Potassium	De 10,0 à 470,0
Sodium	De 0,6 à 40,0
zinc	De 0,2 à 0,5

Tableau c : Enzymes et cofacteurs présentent dans les pelotes du pollen (Cousin, 2014).

Enzymes	Amylase, saccharase, Diastase, Phosphatase, Pectase, Cozymase, Pepsine, 14 Oxydoréductases, 333 Hydrolases, 21 Transférases, 11 Lyases, 5 Isomérases, Trypsine, Disphorase, Enzymes du système cytochrome, Déshydrogénases.
Coenzymes	Biotine, glutathion, NAD, certains nucléosides.

Résumé

L'objectif de cette étude est l'évaluation des propriétés physico-chimiques et antioxydantes de cinq produits de la ruche : la gelée royale, le miel, le pollen, la propolis et la cire d'abeille. Les résultats montrent que les produits analysés présentent des teneurs en eau très variable allant de 1 (cire d'abeille) à 65% (gelée royale). Le pollen puis la gelée royale sont caractérisées par des acidités élevées, avec 397 et 360 meq/kg, respectivement. La propolis est caractérisée par les teneurs les plus élevées en composés phénoliques (6470 mg/100g) et en flavonols (543mg/100g) et le pollen est le produit le plus concentré en flavonoïdes (987 mg/100g). L'activité antioxydante mesurée par la réduction du radical DPPH et le pouvoir réducteur montre que la propolis suivie du pollen sont les produits les plus actifs. A l'exception des flavonoïdes, de bonnes corrélations sont établies entre les paramètres antioxydants des produits de la ruche étudiés.

Mots clés : Gelée royale, Miel, Pollen, Propolis, Cire d'abeille, Propriétés physico-chimiques, Antioxydants, Activités antioxydantes.

Abstract

The objective of this study was to evaluate the physicochemical and antioxidant properties of five products of hive: royal jelly, honey, pollen, propolis and beeswax. The results show that the analyzed products have very variable water contents ranging from 1 (beeswax) to 65% (royal jelly). Pollen and then royal jelly were characterized by high acidity, with 397 and 360 meq/kg, respectively. Propolis had the highest phenolic compounds level (6470 mg/100g) and flavonols (543 mg/100g) and pollen was the most flavonoids concentrated (987 mg/100g). The antioxidant activity measured by DPPH radical scavenging and reducing power showed that propolis followed by pollen were the most active products. With exception of flavonoids, good correlations were obtained between antioxidant parameters of studied hive products.

Keywords: Royal jelly, Honey, Pollen, Propolis, Beeswax, Physico-chemical properties, Antioxidants, Antioxidant activities.

ملخص

الهدف من هذه الدراسة تقييم الخصائص الفيزيائية والكيميائية والمضادة للأكسدة لخمس منتجات خلية النحل: غذاء ملكة النحل، العسل، حبوب اللقاح، البروبوليس وشمع النحل. أظهرت نتائج الدراسة ان كمية الرطوبة شديدة التباين من منتج الى اخر، حيث تتراوح بين 1 (شمع النحل) الى 65% (غذاء ملكة النحل). تتميز حبوب القاح و يليها غذاء ملكة النحل بحموضة عالية ب 397 و 360 مغ /كيلوغرام. على التوالي. يتميز البروبوليس بأعلى مستويات من المركبات الفينولية (6470 مغ/100غ) والفلافونول (543 مغ/100غ). وبما يخص حبوب اللقاح فهو يعتبر الأكثر تركيزا بالفلافونويدات (987 مغ/100غ). النشاط المضاد للأكسدة يقاس عن طريق ارجاع جذر DPPH، و القوة الإرجاعية تبين ان البروبوليس تليه حبوب القاح هما المنتجان الأكثر نشاط ما عدى مركبات الفلافونويد. نلاحظ ظهور ارتباط جيد بين معلمات مواد المضادة للأكسدة لعائدات الخلية.

مفتاح الكلمات: غذاء ملكات النحل، العسل، حبوب اللقاح، البروبوليس، شمع النحل، الخصائص الفيزيائية والكيميائية، المواد المضادة للأكسدة، الأنشطة المضادة للأكسدة