

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOULOU MAMMERI DE TIZI-OUZOU
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES

Domaine : sciences de la nature et de la vie

Filière : Sciences alimentaires

Spécialité : Agroalimentaire et contrôle de qualité



Mémoire de fin de cycle

En vue de l'obtention du diplôme de master

Thème

**Evaluation de quelques paramètres physicochimiques et de
l'activité antioxydante du pollen d'abeilles issu de la
bruyère arborescente (*Caluna vulgaris*)**



Soutenu le : 08/10/2019

Réalisé par :

Mlle Belkacemi Dehbia

Mlle Bachir Lynda

Membre du jury :

Mr Sadoudi.R

Mme Remane.Y

Mr Bengana.M

MCCA

MACA

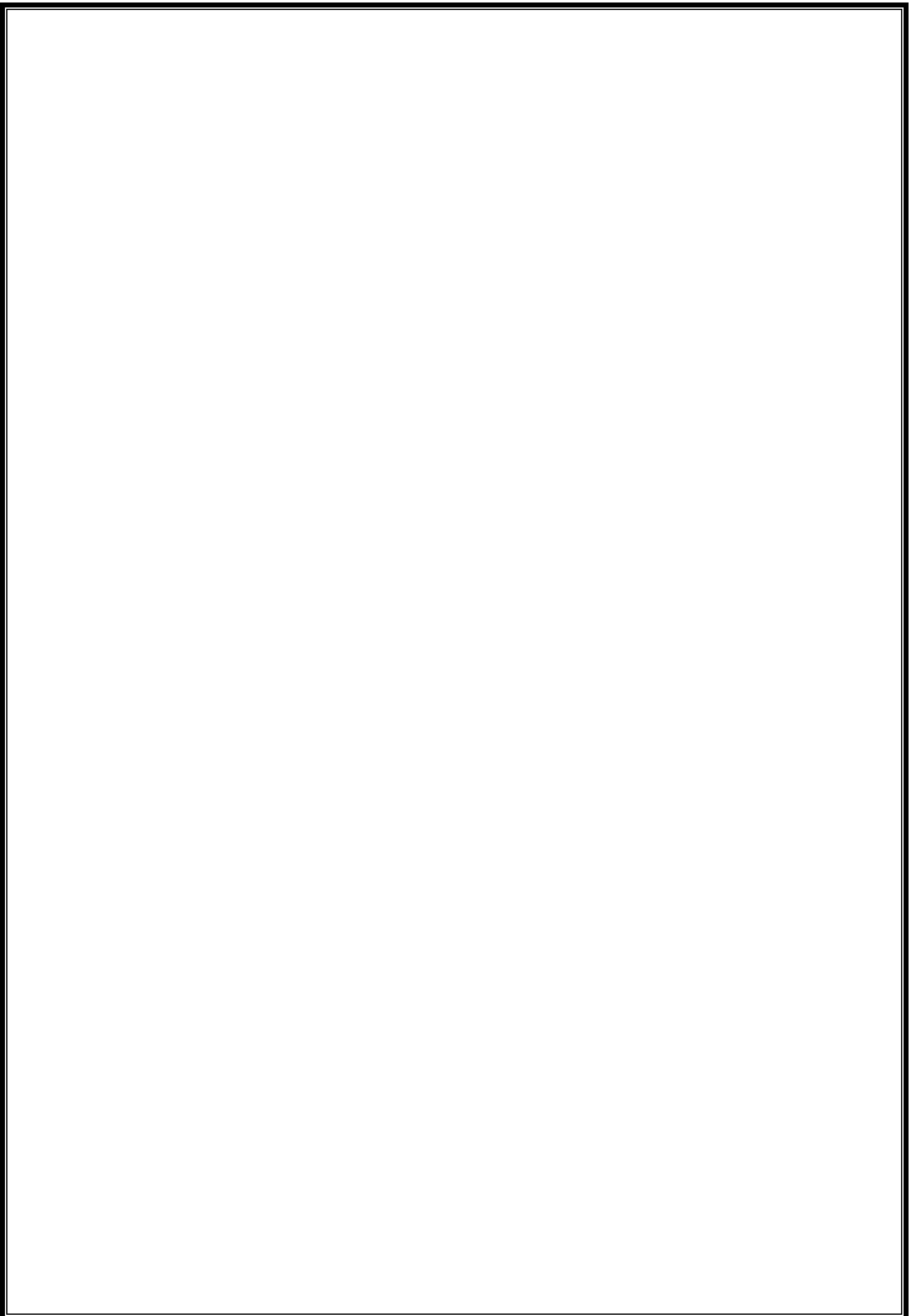
MCCB

Président

Examinatrice

Promoteur

2018/2019



Remerciements

En tout premier lieu, nous remercions le bon Dieu de nous avoir donné le courage, la volenté et la patience pour accomplir ce modeste travail.

Nous remercions sincèrement le promoteur, Mr Bengana. M, s'est toujours montré 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.

Un merci pour Mme Arkoub.L pour l'assistance qu'il nous a témoigné, ces précieux conseils et gentillesse.

Nous tenons aussi à remercier tous les responsables du laboratoire de physicochimie (département agronomie), laboratoire commun physico chimie I et surtout laboratoire commun II pour leurs aides, conseils et leurs gentillesses.

Nous remercions les membres du jury, d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Nous voudrions exprimer nos remerciements à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation. Tous ce qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travaille
Sans oublier nos chères familles.

Dédicaces

Tout au début, je tiens à remercier le bon dieu de m'avoir donné du courage et de la patience afin de réaliser ce modeste travail que je dédie à tous ceux qui sont chers :

A ma chère mère qui a été toujours proche de moi et qui seule a su me donner confiance en moi et le courage de continuer jusqu'au bout, et pour ces sacrifices et sa tendresse pour laquelle je voue beaucoup d'affection et de respect.

A la mémoire de mon père AHMED.

A ma sœur adorable Sadia et mon cher frère Marzouk qui n'ont jamais cessé de m'apporter leur soutien.

A ma camarade Lynda et à toute sa famille.

A mes chères amies en particuliers : Sihem et Thanina.

A mes chers cousins, cousines et à toute personne qui ma aidé de proche ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Que dieu leur accordé santé et prospérité.

Dehbia

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A Mes chers parents, que nulle dédicace ne puisse exprimer mes sincères sentiments.

A ceux qui m'ont comblé d'affection et d'amour, A ceux qui n'ont jamais cessé de se sacrifier pour mon avenir, a ceux je dois mon bonheur et mes joies.

A ma très chère mère, qui me donne toujours la tendresse et le courage pour réussir, ses sacrifices qui me donne toujours l'espoir de vivre et qui n'a jamais cessé de prier pour moi.

A esprit de mon très cher père qui ma donner le courage pour arriver à ce stade là où je suis, Puisse dieu, le tout puissant, bénisse son âme et le paradis éternel.

A mon frère Yacine pour son soutien et encouragement.

A mon fiancé Hakim , pour ses sacrifices, son soutien moral et gentillesse sans égal, et surtout sa sincère motivation, que dieu réunisse nos chemins.

A toute ma famille et tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin dans la réalisation de ce travail.

Lynda

Liste des abréviations

Liste des abréviations

AA : Acide aminé

ADN : Acide désoxyribonucléique

AJR : Apport journalier recommandé

CAT : Catalase.

E1 : Echantillon 1.

E2 : Echantillon 2.

EMP : Extraits Méthanoliques du pollen

EOA : Espèces oxygénées activées.

ERO : Espèce réactive d'oxygène.

GPx : Glutathion peroxydase.

GRx : La glutathion réductase.

Kcal : kilo Calories.

KJ : kilojoule

LDL : Lipoprotéine de basse densité (low density lipoprotein)

Meq : Milli équivalent.

mg EAA : Milligramme équivalent d'acide ascorbique.

mg EGA : Milligramme équivalent d'acide gallique.

mg EQ : Milligramme équivalent de la quercétine

mg E β C : Equivalent de β -carotène

nm : Nanomètre.

RNS : Espèces réactives de l'azote

ROS : Espèces réactives de l'oxygène

SOD : Superoxyde dismutase.

Liste des abréviations

TCA : Acide trichloracétique.

Test ORAC : Oxygen Radical Absorbance Capacity (Capacité d'absorption des radicaux libres)

µm : Micromètre

UV : Rayons ultra-violets.

.

Liste des figures

Liste des figures

Figure 1 :Structure du grain de pollen.....	3
Figure 2 :Photographie du pollen d'abeille	3
Figure 3 :Schéma montrant les deux voies de pollinisation : vent et insectes	4
Figure 4 :Composition général moyenne du pollen frais	5
Figure 5 :Une abeille domestique (<i>Apis mellifera carnica</i>) collecte le pollen sur la fleur de bruyère (<i>Caluna vulgaris</i>).....	12
Figure 6 : Photographies montrent une trappe à pollen	13
Figure 7 :Propriétés thérapeutiques potentielles du pollen d'abeille	15
Figure 8 : Schématisation montre la relation entre le stress oxydant et le vieillissement.....	17
Figure 9 :Echantillon 1 du pollen.....	20
Figure 10 :Echantillon 2 du pollen.....	20
Figure 11 :Courbe d'étalonnage des composés phénoliques	25
Figure 12 :Courbe d'étalonnage des flavonoides.....	26
Figure 13 : Courbe d'étalonnage des caroténoïdes	27
Figure 14 : Courbe d'étalonnage du pouvoir réducteur	28
Figure 15 : Courbe d'étalonnage de test du phosphomolybdate	29

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Tableau I : Valeurs moyennes en glucides des différents types de pollen	6
Tableau II : Composition en protéines et acides aminé des différents types de pollens.	8
Tableau III: Profil en acides gras de quelques types de pollen	10
Tableau IV : Principaux radicaux libres avec leurs formules chimiques	16
Tableau V : Les types des antioxydants.....	19
Tableau VI : Résultats des indices de qualité du pollen de bruyère	30
Tableau VII : Teneurs en sucres totaux et sucres réducteurs du pollen de bruyère en g/100g .	33
Tableau VIII : Résultats de la mesure de l'activité antioxydante	35

Sommaire

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction 1

Synthèse bibliographique

Chapitre I : Généralités sur le pollen

1.1. La structure de pollen	3
1.2. La pollinisation.....	4
1.3. Composition biochimique du pollen d'abeille	5
1.3.1. L'eau.....	6
1.3.2. Les glucides	6
1.3.3. Protéines	6
1.3.4. Les lipides	8
1.3.5. Les composés phénoliques	11
1.3.6. Vitamines	11
1.3.7. Substances minérales et oligo-éléments	12
1.4. La récolte.....	12
1.4.1 La récolte du pollen par les abeilles	12
1.4.2. La récolte du pollen par l'homme	13
1.5. Effets nutritionnels et thérapeutiques du pollen	13
1.5.1. Aliment protéinique.....	13
1.5.2. Action antioxydante	14
1.5.3. Antiathérogène et protecteur cardiovasculaire	14
1.5.4. Anti déprimeur.....	14
1.5.5. Anti-asthénique, fortifiant	14
1.5.6. Action antibactérienne du pollen.....	15
1.5.7. Action anti prostatique	15

Chapitre II : L'oxydation et systèmes antioxydants

2.1 L'oxydation et systèmes antioxydants.	16
2.1.1 Conséquences du stress antioxydant sur les molécules biologiques	17
2.2. Les systèmes antioxydants	18

Chapitre III : Matériels et méthodes

3-Paramètres physicochimiques	20
3.1. Prélèvement des échantillons	20
3.2. Indices de qualités	20
3.2.1. Humidité	20

Sommaire

3.2.2. pH.....	21
3.2.3. Acidité titrable.....	21
3.2.4. La teneur en cendres.....	22
3.3. Indices de composition.....	23
3.3.1. Dosage des sucres.....	23
a. Dosage des sucres totaux.....	23
b. Dosage des sucres réducteurs.....	24
3.4. Mesures de l'activité antioxydante.....	25
3.4.1. Préparation des extraits Méthanoliques du pollen (EMP).....	25
3.4.1. Dosage des composés phénoliques totaux.....	25
3.4.2. Dosage des flavonoïdes.....	26
3.4.3. Dosage des caroténoïdes.....	26
3.4.4. Le pouvoir réducteur sur le ferricyanure de potassium.....	27
3.4.5. L'Activité antioxydante totale (Test au phosphomolybdate).....	28

Chapitre IV : Résultats et discussion

4. Composition physico-chimique des échantillons du pollen analysés.....	30
4.1. Indices de qualité.....	30
4.1.1. Humidité.....	30
4.1.2. Le pH.....	31
4.1.3. Acidité titrable.....	31
4.1.4. Taux de cendres.....	32
4.2. Indices de composition.....	33
4.2.1. Teneur en sucres totaux.....	33
4.2.2. Les sucres réducteurs.....	34
4.3. Mesure de l'activité antioxydante.....	34
4.3.1. Les polyphénols.....	35
4.3.2. Les flavonoïdes.....	36
4.3.3. Les caroténoïdes.....	37
4.3.4. Le pouvoir réducteur.....	37
4.3.5. Test de phosphomolybdate (activité antioxydante totale).....	38
Conclusion.....	40

Références bibliographiques

Annexes

INTRODUCTION

Introduction

Depuis l'antiquité, l'Homme utilisait les ressources naturelles pour survivre, et évoluer dans son environnement. Il s'est investi de plus en plus dans la recherche des produits sains et naturels notamment les produits de la ruche. Au fur et à mesure de leurs utilisations, ils ont découvert que les produits apicoles ont une vertu médicale (Pascoal et *al.*, 2014).

« Si les abeilles devaient disparaître, l'humanité n'aurait plus que quatre années à vivre » Cette phrase prononcée par Albert Einstein met en valeur le rôle extrêmement important de l'abeille dans l'équilibre de la faune et de la flore, ainsi les produits issus du travail de ce petit insecte, sont utilisés depuis des millénaires dans différents domaines (alimentaire, médicale, pharmaceutique...). La grande importance de ces produits stimule l'homme et l'incite à persévérer dans les recherches scientifiques pour mettre en lumière leurs vertus (Bacher, 2008).

À l'heure où l'alimentation biologique fait de plus en plus d'émules, où le risque sanitaire alimentaire est de moins en moins acceptable, les effets secondaires des médicaments constituent aujourd'hui l'une des plus graves menaces pesant sur la santé mondiale, l'homme n'aura peut-être pas accès un jour à des médicaments, il faudra pouvoir continuer à se soigner quand même, c'est pour cela les apiculteurs attachent une très grande importance à l'image véhiculée par les produits qu'ils récoltent (Amigou, 2016).

L'organisme humain subit un phénomène d'oxydation ce qui engendre un stress oxydatif par une synthèse constante d'espèces oxygénées réactives. Cependant dans de nombreuses pathologies, il arrive qu'une production exagérée et/ou incontrôlée de ces espèces aboutisse à des dégâts oxydatifs qui causent de dommages dans les molécules biologiques (ADN, Protéines, glucoses et lipides), d'où l'apparition de plusieurs maladies tels que le cancer et l'athérosclérose « Rice-Evans, 1999 ; Favier, 2003 ». Afin de lutter contre ces radicaux nocifs, l'organisme humain utilise des systèmes de défense antioxydants endogènes (superoxyde dismutase et catalase) et exogènes (apportés par l'alimentation) (Lien Al Pham-Huy et *al.*, 2008).

Parmi les produits précieux apicole on cite le pollen qui n'a commencé à être utilisé à plus grande échelle pour la consommation humaine qu'à partir du moment où pendant la

Introduction

Seconde Guerre mondiale, lorsque la méthode des pièges à pollen a été améliorée et facilement accessible (Campos et *al.*, 2010).

Le pollen d'abeille est un produit apicole souvent utilisé comme complément alimentaire. Son origine botanique est importante, car c'est le principal facteur déterminant de la présence des composés nutritionnels et les antioxydants responsables de divers effets biologiques sur la santé et l'environnement (Human. H et Nicolson.S.W., 2006).

C'est un supplément nutritionnel très précieux pour les êtres humains en raison de la variété de ses principaux constituants. Très riche en composants chimiques (protéines, lipides, glucides, vitamines hydrosolubles et liposolubles...) (Campos et *al.*, 2008), il est considéré comme une source d'antioxydants qui sont des substances de protection pour l'organisme (Percie de sert, 2009).

Ces substances protègent l'organisme humain des différentes pathologies causées par le stress oxydant, qui est potentiellement impliqué dans le développement du vieillissement ou de pathologies associées à ce dernier, le cancer (oxydation de l'ADN), maladies cardiovasculaires (oxydation des lipides), aussi l'augmentation du stress oxydant et semblent être impliqués dans l'apparition des complications du diabète (Haleng et *al.*, 2007).

La valeur nutritionnelle du pollen dépend essentiellement de son origine botanique (Rebiai et Lanez , 2012). Dans le maquis méditerranéen, il y a une succession de plantes mellifères fortement exploitées par l'abeille domestique « *Apis mellifera intermissa* » communément appelée l'abeille tellienne. Parmi ces espèces, on trouve la bruyère arborescente (*Caluna vulgaris*) fortement pourvoyeuse de pollen pour l'abeille. La floraison de cette espèce s'étale de la mi-février au début du mois d'avril.

La présente étude a pour objectif la caractérisation physico-chimique de pollen de bruyère, et plus particulièrement l'étude de l'activité antioxydante.

Synthèse bibliographique

Chapitre I

Généralités sur le pollen

Chapitre I : généralités sur le pollen

1.1. La structure de pollen

Le mot pollen est tiré du mot grec (pâle) signifie farine ou poussière de forme plus ou moins ovoïde, peut avoir un diamètre compris entre 2,5 à 250 μm . Chaque grain est constitué de cellules végétatives et génératives entourées par une double paroi de type matrice (Denisowa et Marta ,2016). Le système de protection qui entoure chaque cellule fécondante est différent d'une espèce à une autre, et il est composé de : l'intine et de l'exine.

- L'intine est principalement constituée de fibres cellulosiques très résistantes qui offrent une protection mécanique contre l'écrasement.
- L'exine est portée par l'intine. Elle est constituée d'un gel contenant des matières grasses très colorées, riches en caroténoïdes, aromes, polyphénols, phytostérols et vitamines du groupe B et de vitamines liposolubles. La surface externe de l'exine est souvent recouverte d'une pellicule de glue qui va fixer temporairement le grain de pollen sur l'insecte pollinisateur (Percie du Sert, 2009).

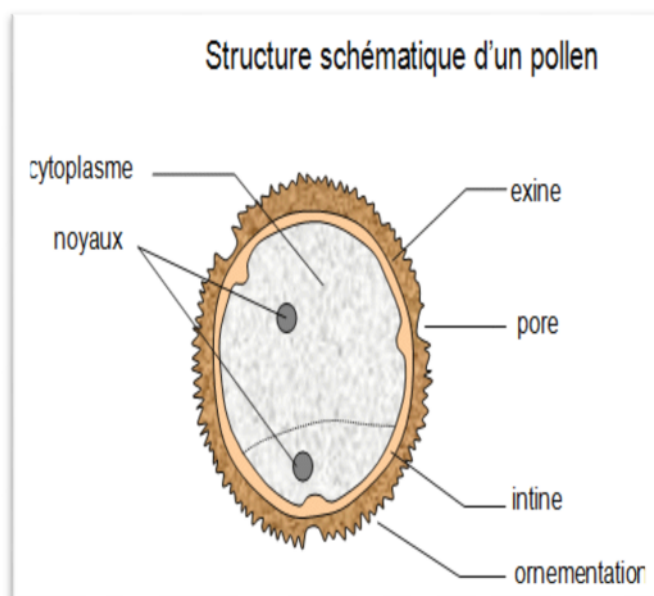


Figure 1 : structure du grain de pollen (Nicolson,2011).

Figure 2 : photographie du pollen d'abeille (Original), 2019.

1.2. La pollinisation

Comme les plantes sont par nature immobiles, elles ont besoin d'un agent de pollinisation qui transporte le pollen des anthères productrices aux stigmates récepteurs pour féconder d'autres plantes (Vaissière, 2005). Au cours de l'évolution, deux stratégies de dissémination du pollen sont apparues, principalement les insectes pollinisateurs (pollen entomophiles) et le vent (pollen anémophiles) (Percie du Sert, 2009).

On a deux types de pollinisation :

- Autopollinisation (autogamie) : le déplacement d'un grain de pollen d'une fleur vers le stigmate de la même fleur ou d'une fleur de la même plante.
- pollinisation croisée (allogamie) : le pollen de la fleur féconde le stigmate d'une autre fleur d'une autre plante.

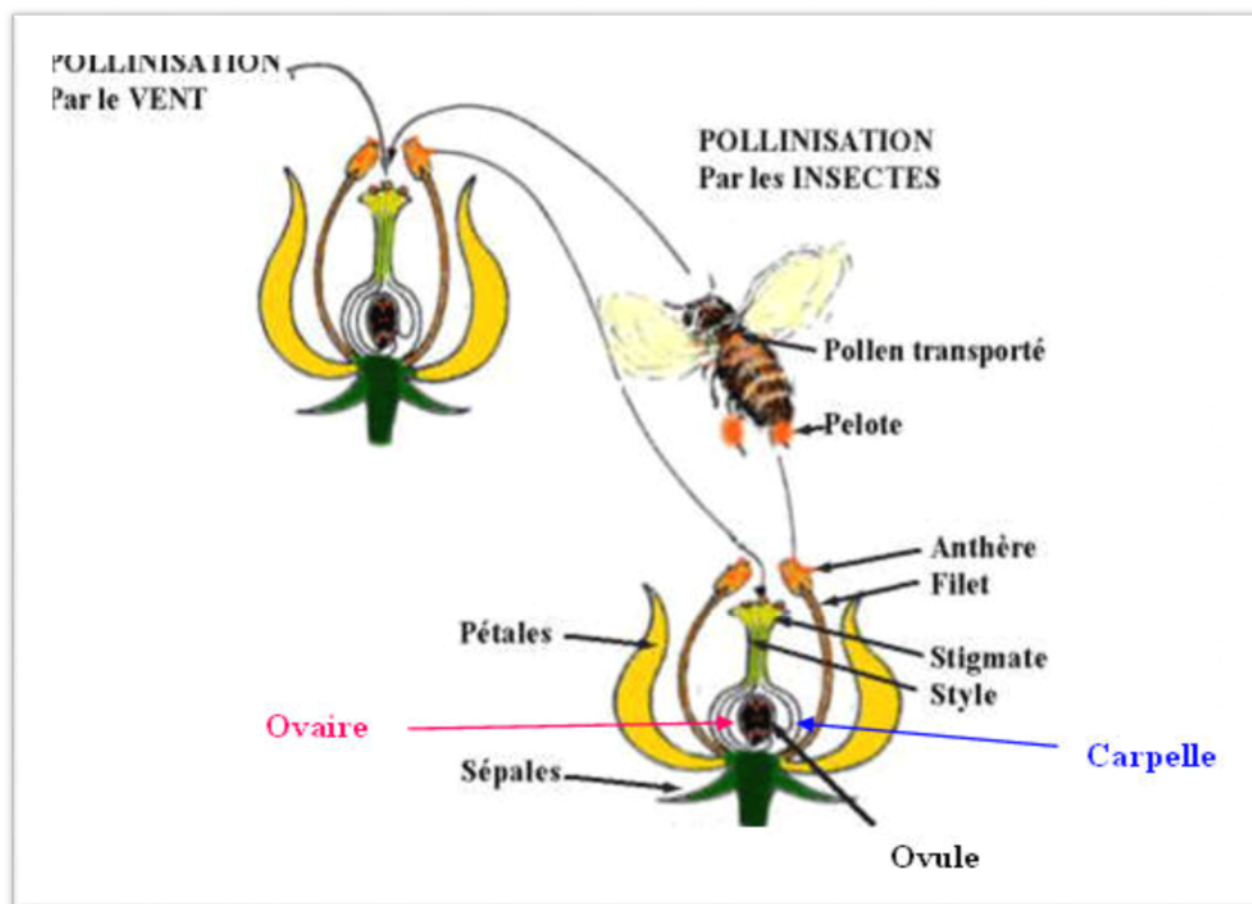


Figure 3 : Schéma montrant les deux voies de pollinisation : vent et insectes (Benachour, 2008).

1.3. Composition biochimique du pollen d'abeille

Le pollen d'abeille est recueilli par l'abeille *Apis mellifera* des étamines florales de gymnospermes et d'angiospermes, pour nourrir ses larves au début de stade de développement et la production de la gelée royale (Yang et al., 2013). L'homme au moyen d'un trappe à pollen, installé à l'entrée de la ruche, a réussi à récolter une partie de pollen ramené par les abeilles.

Le pollen est constitué d'une multitude de grains minuscules, chaque petit grain est une unité biologique parfaite et complète (Ravazzi, 2003). Il comprend toute une gamme de nutriments (glucides, lipides, protéines, acides aminés) (figure4). Il est considéré comme une source importante de métabolites secondaires tels que les composés phénoliques et les flavonoïdes. La composition du pollen est très variable, principalement en fonction des plantes visitées par les abeilles mais également en fonction de l'origine géographique, botanique et les conditions environnementales (lieux-saisons-années) (Bogdanov, 2014).

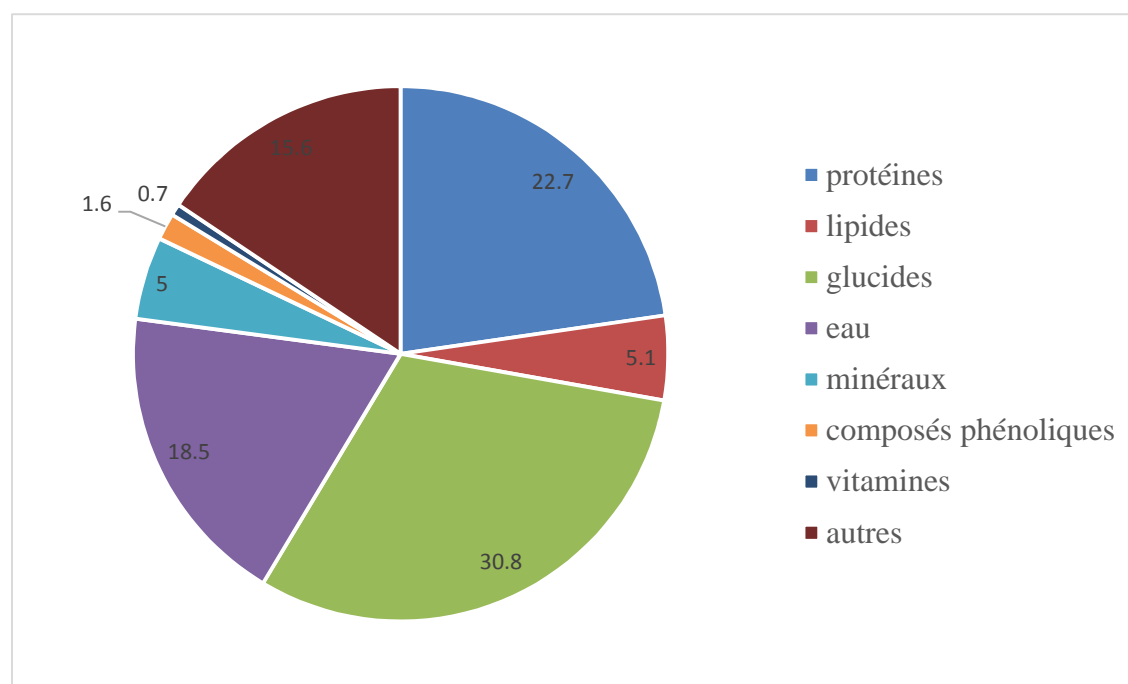


Figure 4 : composition général moyenne du pollen frais (Katarzyna et al., 2015).

Les principaux constituants du pollen récolté par l'abeille sont :

1.3.1. L'eau

La teneur en eau du pollen sur la fleur est en moyenne 10% et entre 10 à 40% pour le pollen des trappes (Jean-Prost, 2005). Au cours de la confection 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).

1.3.2. Les glucides

Les sucres les plus fréquents sont le fructose, le glucose et le saccharose issus du nectar qui entre dans la confection des pelotes (Cousin, 2014), et leurs teneurs peut atteindre 60% (Human et *al.*, 2006). La teneur en glucose et fructose présente un tiers de la valeur calorique du pollen (246 Kcal/100g).

Tableau I : valeurs moyennes en glucides des différents types de pollen (Marion, 2017) (g/100g).

Type de Pollen glucides	Saule	Ciste	Châtaignier	Bruyère	Aubépine
Les glucides	49.70	60	55.16	64.46	54.80
Dont les sucres	29.60	31.70	30.90	31.20	28.50

1.3.3. Protéines

Les protéines résultant de la condensation d'acides aminés AA, sont des constituants essentiels des tissus vivants et jouent un rôle majeur dans les mécanismes vitaux (enzymatiques, immunitaires, hormonaux,..). Les acides aminés sont indispensables au développement, à l'entretien et au renouvellement des tissus biologiques. La plupart des pollens contiennent tous les acides aminés. Parmi eux la proline est souvent le plus abondant (Marion, 2017).

La teneur en protéines varie entre 1 à 40 g/100g en fonction de l'origine botanique. Elles sont principalement représentées par les acides aminés, les enzymes telles les transférases et certains nucléosides (Campos et *al.*, 2008).

Les pollens apicoles sont tous extrêmement riches en AA. En cas de régimes végétariens, les pollens apportent les huit AA essentiels dans le même aliment. Le pollen, bien que d'origine végétale, a un équilibre proche des produits d'origine animale. Les produits végétaux sont souvent carencés en un ou plusieurs AA. L'assimilation des AA apportés est alors réduite parce que les AA ont besoin les uns des autres pour franchir la barrière intestinale. Les pollens en apportant les 8 AA essentiels favorisent donc l'assimilation des AA d'origine végétale (Percie de Sert, 2009).

Les dix acides aminés essentiels pour l'abeille selon Human, (2006) et Marion , (2017) sont :

- **Arginine** : Précurseur du monoxyde d'azote, on lui attribue une action dans l'amélioration de la libido masculine mais également dans la régulation du cholestérol.
- **Cystine** : possède un rôle protecteur de la vitamine C en limitant son oxydation.
- **Histidine** : Cet AA possède un rôle dans la croissance et la réparation tissulaire mais agit également sur le système nerveux.
- **Isoleucine** : Elle améliore le métabolisme musculaire et la réparation tissulaire. Elle normalise également la glycémie et le taux d'azote musculaire.
- **Leucine** : Possède les mêmes propriétés que l'isoleucine.
- **Lysine** : Participe à la formation des anticorps et à la régénération tissulaire.
- **Méthionine** : Participe à la synthèse du glutathion, puissant antioxydant, lutte contre la dépression, et a un rôle spécifique dans l'initiation de la synthèse protéique.
- **Phénylalanine** : considéré comme un antidépresseur naturel.
- **Proline** : La proline participe activement à la synthèse de collagène et se définit ainsi un rôle important dans la réparation tissulaire et la protection des tissus cardiaques.
- **Thréonine** : Participe à la formation des cartilages ainsi qu'au bon fonctionnement du système nerveux central.

• **Tryptophane** : Transformé en sérotonine, il agit comme antidépresseur.

• **Valine** : C'est un stimulant, permettant d'améliorer la résistance à l'effort et normalise la glycémie.

Tableau II : Composition en protéines et acides aminés des différents types de pollens (Percie de Sert, 2009 ; Marion, 2017) (mg/100g).

	AJR	Ciste	Châtaignier	Saule	Bruyère	Pavot	Colza
Protéines		14200	19600	19560	14780		
Acides aminés	3845	3380	5870	5590	5710	7924	
Thréonine	490	390	680	640	670	930	
Méthionine	700	470	870	840	790	1575	590
Valine	910	280	420	420	520	660	
Isoleucine	700	390	690	660	640	950	
Leucine	980	710	1120	1130	1130	1575	
Phénylalanine	980	410	700	660	770	940	
Lysine	840	630	1130	1080	1020	1465	
Tryptophane	245	100	160	160	170	273,6	200
Cystine		100	300	330	170	330	360

1.3.4. Les lipides

La teneur en lipides varie en quantité et 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).

Leur fraction dans le pollen dépend du type de celui-ci :

- Anémophile, c'est-à-dire transporté par le vent, elle sera faible, de l'ordre de 2%.
- Entomophile butiné par les insectes, elle peut atteindre les 14% (Blanc, 2010 ; Cousin, 2014).

Parmi les acides gras saturés existants dans le pollen : L'acide myristique, acide stéarique et acide palmitique, acide oléique, l'acide linoléique, l'acide alpha linoléique. La somme des teneurs en acides gras insaturés et saturés s'élevait à 61,9 % et 38,1 %, respectivement. L'absorption de cholestérol dans les intestins est affecté par β -sitostérol présent dans le pollen d'abeille (Compos et *al.*, 2008).

Alors que les composés triterpéniques comme l'acide oléanolique et l'acide ursolique (β) empêchent la formation de maladies tumorales formation d'acides insaturés complexes facilement solubles avec le cholestérol et par conséquent, contribuent à sa réduction dans le sang, ce qui prévient le développement de l'athérosclérose (Anna et *al.*, 2015).

Tableau III: profil en acides gras des différents types de pollen en g/100g (Percie de sert, 2009 ; Feas *et al.*, 2012).

Les acides gras des différents types de pollen									
	Ciste	Prunus	Castanea	Erica	Mimosa	Rubus	Saul	Bruyère	Colza
Acide caprique C10 :0	5,39	3,24	3,87	3,87	2,98	3,35	-	-	-
Acide palmitique C16 :0	10,15	9,02	10,45	10,00	12,54	10,56	-	-	-
A oléique C18 :1	9,85	16,68	20,61	14,80	11,69	11,34	-	-	-
A linoléique C18 :2	14,74	20,11	18,66	24,80	7,89	19,08	0,31	0,20	0,31
Acide alphalinoléique C18 :3	50,71	42,84	40,08	35,82	56,90	42,69	0,33	0,12	0,15
Acides gras saturés AGS	18,69	14,16	14,32	13,87	17,06	15,23	-	-	-
Acides gras Mono insaturés AGMI	11,05	17,98	20,61	16,95	12,92	15,35	-	-	-
Acides gras polyinsaturés AGPI	65,50	62,94	58,74	60,61	64,79	61,77	54,30	49,50	57,10

1.3.5. Les composés phénoliques

Les polyphénols sont synthétisés par les plantes et constituent un groupe important de substances naturelles présentes dans le règne végétal et parmi ces nombreuses propriétés bénéfiques présentées par les polyphénols, on retrouve l'activité antioxydante.

L'activité ou potentiel antioxydant d'une molécule est sa capacité à diminuer ou empêcher l'oxydation d'autres substances chimiques. Ces réactions d'oxydation peuvent produire des radicaux libres qu'ils se trouvent en excès dans notre organisme, peuvent dégrader nos cellules et entraîner des réactions en chaîne destructrices susceptibles de provoquer différentes maladies. Les antioxydants sont des molécules capables d'interagir sans danger avec les radicaux libres et de mettre fin à la réaction en chaîne avant que les cellules ne soient endommagées. Les polyphénols sont naturellement présents dans notre alimentation sous différentes formes telles que les vitamines A, C ou E, les carotènes et certains minéraux comme le sélénium et le zinc. On les retrouve en plus grandes quantités dans les fruits, les légumes et les céréales, ainsi que dans des boissons telles que le thé, le café (Massaux, 2012).

Les phénols sont des capteurs très efficaces des radicaux peroxyde en raison de leurs structures moléculaires qui incluent un cycle aromatique avec des groupes hydroxyle contenant des hydrogènes mobiles. De plus, l'action de composés phénoliques peuvent être liés à leur capacité à réduire et à chélater les ions ferriques qui catalyse la peroxydation lipidique (Al-Mamary et *al.*, 2002). Ce sont des polyphénols à chaîne courte tels que les flavonoïdes dont les propriétés sont bien étudiées comme l'activité antioxydante.

Le terme flavonoïdes désigne une très large gamme de composés naturels appartenant à la famille des polyphénol se répartissent en plusieurs classes des molécules dont les plus importants sont les flavones, les flavonols, les isoflavones, les flavanones... Ces flavonoïdes sont représentés par le kaempférol-3-glycosyde, la Quercétine-3-glycoside, et la Myricétine-3-Oglycosyde (Almaraz-Abarca et *al.*, 2008) et les études menées en 1991 montrent que le pollen est très riche en flavonoïdes, ce qui est le cas surtout des pollens de ciste (Precie du sert, 2009).

1.3.6. Vitamines

Le pollen contient des vitamines en grand nombre, les plus abondantes sont du groupe B (B1, B2, B3, B5, B6, B7, B8, B9, B12), de la provitamine A ou de β -carotène. Par ailleurs, des très faibles quantités de vitamine C, vitamine D et E sont retrouvées (Sauvager, 2012).

1.3.7. Substances minérales et oligo-éléments

La concentration en minéraux est environ 5 %, elle varie en fonction de l'origine florale et de la saison (Amigou, 2016). Les éléments présents sont le calcium, le chlore, le cuivre, le fer, le magnésium, le manganèse, le phosphore, le potassium, le silicium, le soufre, ainsi que le sélénium, un antioxydant très rare (Dancy, 2015).

1.4. La récolte

1.4.1. La récolte du pollen par les abeilles (figure 5)

L'anatomie des abeilles est parfaitement adaptée à la collecte du pollen et à son stockage dans des corbeilles placées à l'arrière des pattes des abeilles butineuses qui peuvent ainsi le transporter au nid (Biri, 2002). Une abeille récolte son pollen à partir d'une seule espèce de plante par contre la colonie d'abeilles prend son pollen d'une grande variété de plantes.

La récolte du pollen par les abeilles se fait principalement à la fin de l'hiver et durant le printemps, les abeilles butineuses sortent de la ruche surtout le matin avant 10-11h. Le vol de récolte dure de 3 à 15 min. Elles mordillent avec leurs mandibules les anthères de la fleur et engluent les grains pour confectionner des pelotes sur les corbeilles des pattes postérieures (Louveaux, 1985).



Figure5 : Une abeille domestique (*Apis mellifera carnica*) collecte le pollen sur la fleur de bruyère (*Caluna vulgaris*) (2008).

1.4.2. La récolte du pollen par l'homme

La récolte du pollen se fait par le biais d'une grille posée à l'entrée de la ruche c'est la trappe à pollen et dont la taille est parfaitement calibrée pour en récupérer une quantité optimale (figure6), et ceci sans mettre en danger la survie de la ruche (Blanc, 2010). Une colonie d'abeilles récolte pour sa consommation personnelle environ 20 à 40 kg de pollen par an. L'apiculteur doit donc veiller à ne pas en récolter trop (2 à 4 kg au maximum), car le pollen est essentiel à la survie des abeilles. (Bradbear, 2010).

Les trous sont si petits qu'en passant, les abeilles perdent leurs pelotes de pollen qui tombent à travers un fond grillagé empêchant les abeilles de les récupérer. Également, cette récolte doit se faire lors des périodes où la reine pond le moins pour maintenir la croissance du couvain (Mutsaers et *al.*, 2005).



Figure6 : photographie montre une trappe à pollen (Gauthier, 1997).

1.5. Effets nutritionnels et thérapeutiques du pollen

Le pollen d'abeilles c'est un aliment très riche en divers substances nutritives (figure7).

1.5.1. 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).

1.5.2. Action antioxydante

Les résultats obtenus par Percie du Sert, (2009), 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.

1.5.3. Antiathérogène et protecteur cardiovasculaire

Chez des patients en hypercholestérolémie et ayant un régime à base de pollen, on observe une diminution du cholestérol total de l'ordre de 18,3% et particulièrement une baisse de cholestérol LDL de 23,9%. On observe également une perte de poids lors de ce régime. (Kasianenko et *al.*, 2011).

1.5.4. Anti déresseur

L'effet antidépresseur du pollen repose en partie sur sa composition en tryptophane (précurseur de la sérotonine) ainsi que ses capacités antioxydantes. Le tryptophane est l'un des huit acides aminés essentiels et est le précurseur de la sérotonine et de la mélatonine. Son augmentation de concentration au niveau du cerveau augmente la libération de sérotonine qui a un rôle primordial dans la régulation de l'anxiété, de l'appétit, du sommeil et de l'humeur en général. Cette augmentation de sérotonine cérébrale se traduit donc par une diminution de l'excitation et de l'anxiété (INSERM, 2019).

1.5.5. Anti-asthénique, fortifiant

Le pollen est un excellent complément alimentaire pour lutter contre une anémie ferriprive, un retard de croissance ou dans un état de sarcopénie. Il améliorera d'une part l'absorption des minéraux, réduira les phénomènes inflammatoires et stimulera d'autre part la synthèse protéique conduisant à une reprise des activités cellulaires bénéfiques expliquant le rôle de fortifiant en favorisant la prise de poids du patient (Villanueva et *al.*, 2002 ; Di Pasquale et *al.*, 2013).

1.5.6. Action antibactérienne du pollen

Des études ont démontré l'effet bactériostatique et bactéricide des pollens que soit leur origine géobotanique. In-vitro, la croissance de certaines souches est inhibée : *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* et *Escherichia coli* (Apimondia, 2001).

1.5.7. Action anti prostatique

Le pollen possède aussi une activité anti prostatique grâce à la présence de la quercétine dans ses composants, elle présente un effet anti-prostatique par l'inhibition du cancer androgènes-indépendant à une dose de 100 μM , et bloque le cycle cellulaire dans diverses phases comme elle joue le rôle d'un répresseur des oncogènes (Katarzyna et al., 2015).

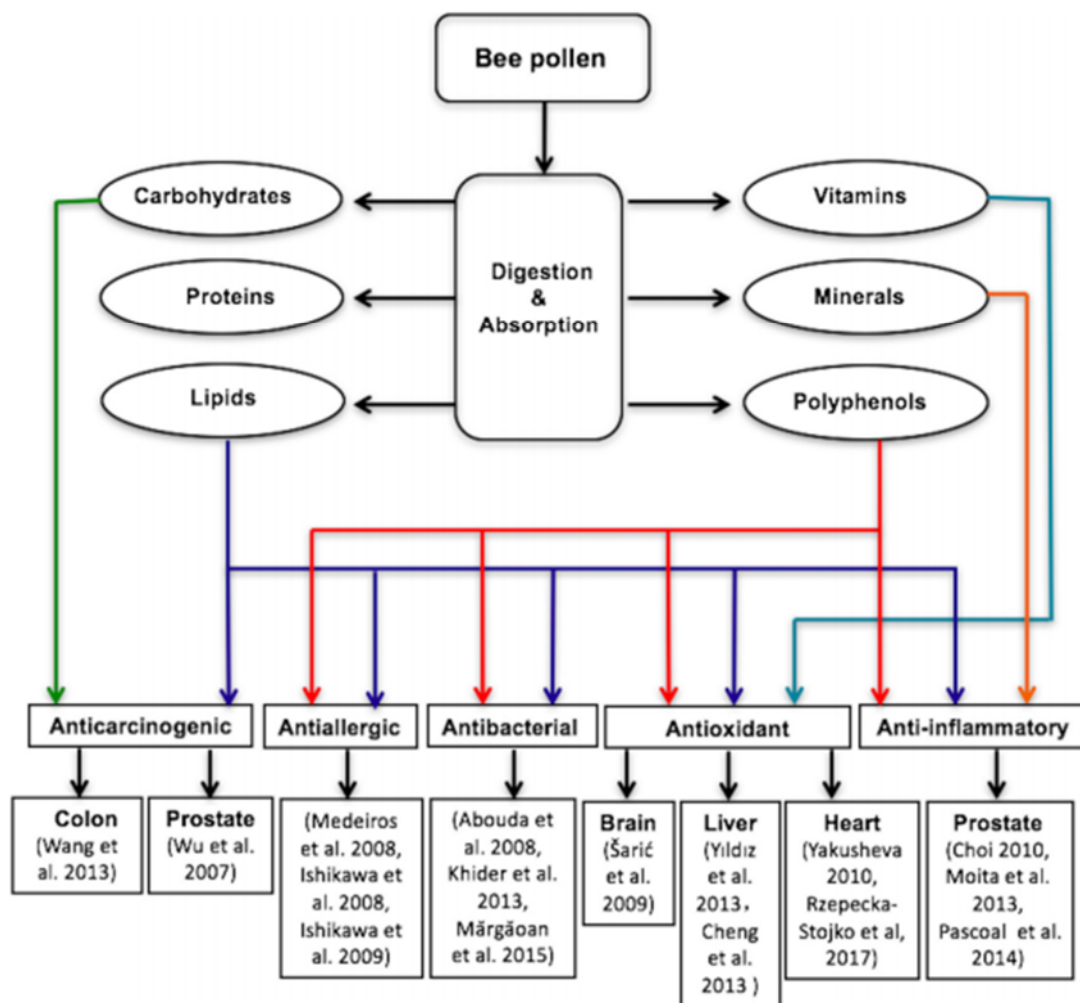


Figure7 : Propriétés thérapeutiques potentielles du pollen d'abeille (Li, Q-Q et al., 2018).

Chapitre II

Les antioxydants

Chapitre II : L'oxydation et systèmes antioxydants

2.1. L'oxydation et systèmes antioxydants

L'oxydation est une réaction chimique qui transfère des électrons d'une substance à un agent oxydant (Maria, 2010). Ces réactions d'oxydation peuvent produire des radicaux libres qui se trouvent en excès dans notre organisme, peuvent dégrader nos cellules et entraîner des réactions en chaîne destructrices susceptibles de provoquer différentes maladies (le cancer, les maladies cardiovasculaires, la cataracte et le diabète) (Massaux, 2012).

Un radical libre est une espèce chimique (atome ou molécule) contenant un électron non apparié, dit célibataire. Ce déséquilibre n'est que transitoire et est comblé par l'acceptation d'un autre électron ou par le transfert de cet électron libre sur une autre molécule. Les radicaux libres sont électriquement neutres ou chargés (ioniques), tel que le radical hydroxyle, l'anion superoxyde et le peroxyde d'hydrogène (Eau oxygénée) etc. (Haton, 2005).

Tableaux IV : Principaux radicaux libres avec leurs formules chimiques.

Les radicaux libres	Structures chimiques
Radical hydroxyle	OH°
Radical hydroperoxyde	HOO°
Radical peroxyde	ROO°
Radical alkoxyde	RO°
Peroxyde d'hydrogène	H_2O_2
Peroxynitrite	ONOO°
Anion superoxyde	$\text{O}_2^{\circ-}$

Les radicaux libres sont produits en permanence en faible quantité comme les résidus des réactions énergétiques, de défense ou les médiateurs tissulaires, cette production physiologique est parfaitement maîtrisée par des systèmes de défense (Favier, 2003). Ils sont des espèces réactives de l'azote (RNS) ainsi que les espèces réactives de l'oxygène (ROS).

Lorsqu'ils sont en surcharge, ils ne peuvent pas être détruit, leur accumulation alors dans le corps provoque le stress oxydatif (Lien Al Pham-Huy *et al.*, 2008).

La notion de stress oxydant est définie comme l'incapacité de l'organisme à se défendre contre l'agression des espèces oxygénées activées (EOA), suite à un déséquilibre lié, soit à une production accrue d'EOA, soit à une diminution de la capacité de défense antioxydante (Defraigne et Pincemail 2008 ; Denisow et Marta 2016). La figure 8 schématise la relation entre le stress oxydant et le vieillissement.

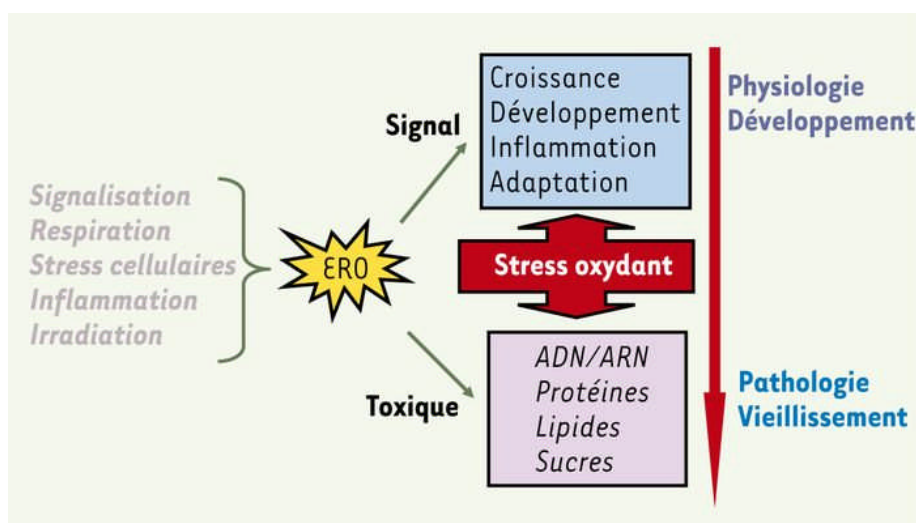


Figure 8 : schématisation montre la relation entre le stress oxydant et le vieillissement (Barouk, 2006).

2.1.1. Conséquences du stress oxydant sur les molécules biologiques

a) Les protéines

Les modifications oxydatives des protéines par les ERO peuvent avoir lieu soit sur la chaîne polypeptidique ou /et sur les chaînes latérales, en arrachant un atome d'hydrogène sur le carbone de la liaison peptidique par oxydation de groupement thiol de la protéine, qui peut dans un deuxième temps subir une oxydation irréversible. Ces modifications toucheront à la fois les protéines de structure, les enzymes et les facteurs de transcription (Therond, 2006).

b) Les lipides

Parmi les espèces réactives de l'oxygène, les radicaux hydroxyles et hydroperoxydes sont les plus réactifs vis-à-vis des acides gras polyinsaturés, ce qu'on appelle la peroxydation lipidique qui consiste en l'arrachement d'un atome d'hydrogène d'un groupement méthylène CH₂ adjacent à deux doubles liaisons, qui se combine ensuite avec l'oxygène pour former un radical pyroxyde, qui peut arracher un H[•] à un autre donneur RH et créer un nouveau radical ainsi de suite. Ce phénomène est à l'origine des maladies cardio-vasculaires et neurodégénératives (Therond, 2006).

c) ADN

Le radical OH peut s'additionner sur les doubles liaisons des bases de l'ADN, ou arracher un atome d'hydrogène des groupements méthylés ou des résidus désoxyriboses qui peut aboutir à la formation d'une cassure simple, la formation de 8OXO-dG, possède un fort pouvoir mutagène conduisant à des transversions de type G > T qui seront reproduites en protéines et amplifiées tout au long de la croissance cellulaire aboutissant à des phénomènes de cancérisation (Therond, 2006).

2.2. Les systèmes antioxydants

Les produits de la ruche sont constitués de nombreux composants bénéfiques pour la santé. Parmi ceux-ci, les polyphénols bénéficient à l'heure actuelle d'une réputation grandissante. Leurs effets positifs se précisent d'année en année au travers de nouvelles études scientifiques et semblent concrétiser pour les produits de la ruche d'abeilles tels que la propolis, le pollen et le miel, en confirmant ainsi le concept d'aliment santé de ces produits, tant recherché aujourd'hui (Massaux, 2012). Parmi les nombreuses propriétés bénéfiques présentées par les polyphénols, on retrouve l'activité antioxydante (Balasundram *et al.*, 2006).

L'activité ou potentiel antioxydant d'une molécule est sa capacité à diminuer ou empêcher l'oxydation d'autres substances chimiques. Les antioxydants sont des molécules capables d'interagir sans danger avec les radicaux libres et de mettre fin à la réaction en chaîne avant que les cellules ne soient endommagées (Massaux, 2012 ; Maria, 2010 ; Kroyer et Hegedus, 2001). Cette activité est influencée par la température, propriétés de la lumière, de l'air, des propriétés physiques et chimiques des substrats, et la présence de catalyseurs d'oxydation ou d'initiateurs.

Il existe deux types d'antioxydants :

- Les antioxydants primaires ou radicalaires ou vrais, qui permettent l'interruption de la chaîne autocatalytique : $AH + R\bullet \rightarrow A\bullet + RH$.

La molécule AH est antioxydante si le radical formé A• est plus stable. La stabilité du radical A• peut s'expliquer par sa conversion en composés non radicalaires : $A^* + A' \rightarrow A-A$ ou $A\bullet + R^* \rightarrow A-R$.

- Les antioxydants secondaires ou préventifs qui assurent l'inhibition de la production des radicaux libres. Ce sont des substances décomposant les hydroperoxydes en alcool, des thiols (glutathion, acides aminés soufrés) ou les disulfures, des protecteurs vis-à-vis des UV, comme les carotènes, des chélatants des métaux promoteurs d'oxydation type fer et cuivre, comme l'acide citrique et les lécithines) ou enfin de séquestrants d'oxygène comme l'acide ascorbique. (Rolland, 2004 ; Maisuthisakulet et *al.*, 2007).

(Haleng et *al.*, 2007) ont classés les antioxydants en : antioxydants enzymatique et antioxydants non enzymatiques, voir le tableau IV :

Tableaux IV : les types des antioxydants.

Les antioxydants enzymatiques (Endogènes)	Les antioxydants non enzymatiques (Alimentaires)
La catalase (CAT)	Vitamine C
La glutathion peroxydase (GPx)	Vitamine E
La glutathion réductase (GRx)	Caroténoïdes
Superoxyde dismutase (SOD)	Flavonoïdes

Chapitre III

Matériels et méthodes

Chapitre III : Matériels et méthodes

3. Paramètres physicochimiques

3.1. Prélèvement des échantillons

Deux échantillons de pollen ont été récoltés (figure 9, 10), à intervalle d'une semaine, en mois de mars 2019 dans un rucher situé à une altitude de 500-600 m, dans la commune de Naciria (w) Boumerdès. Chaque échantillon a subi par la suite un triage pour séparer le pollen de bruyère (de couleur grise) des autres types de pollen.

Chaque échantillon a fait l'objet d'analyses physico-chimiques ci-dessous, en trois répétitions.



Figure 9 :Echantillon 1 du pollen (original)

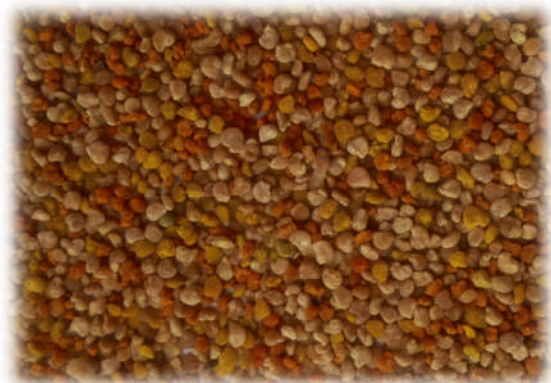


Figure 10 : Echantillon 2 du pollen (original)

3.2. Indices de qualités

3.2.1. Humidité

➤ **Principe**

La teneur en eau du pollen consiste en un étuvage d'un échantillon de 2 grammes à 105 °C jusqu'à obtention d'un poids constant (Messaid, 2008). Le taux d'humidité est exprimé en pourcentage.

➤ **Mode opératoire**

Une quantité de 2g du pollen est séchée dans une étuve à 100 ± 3 °C jusqu'à ce que son poids devient stable. Après refroidissement, les échantillons ont été pesés et les résultats sont exprimés comme suit :

$$\mathbf{H (\%) = (P0-PI/P).100}$$

P0 : Poids de l'échantillon avant séchage avec le creuset.

PI : Poids de l'échantillon et du creuset après séchage.

P : Poids pesé (2g).

3.2.2. pH

➤ **Principe**

Détermination en unité de PH de la différence de potentiel existant entre deux électrodes en verre plongées dans une solution aqueuse du pollen frais.

➤ **Mode opératoire**

Une quantité de 2g d'échantillons est homogénéisée pendant 5 minutes dans 20ml d'eau distillée (Bogdanove, 1999).

Le pH est mesuré par un pH-mètre.

3.2.3. Acidité titrable

➤ **Principe**

Titration de l'acidité d'une solution aqueuse avec une solution d'hydroxyde de sodium en présence de la phénolphthaléine comme indicateur coloré (AFNOR ,1986).

➤ **Mode opératoire**

Un échantillon de 25g de pollen broyé est placé dans une fiole conique avec 50 ml d'eau distillée chaude récemment bouillie et refroidie, et mélangé jusqu' à obtention d'une solution homogène.

La fiole conique est adaptée à un réfrigérant à reflux afin de chauffer le contenu au bain-marie pendant 30 min. Après refroidissement, le contenu de la fiole conique est transvasé quantitativement dans une fiole jaugée de 250 ml et complété jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée récemment bouillie et refroidie. Ensuite, il est bien mélangé puis filtré. 25 ml de filtrat prélevés et versés dans un bêcher, pour les titrer avec une solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) à 0,1N en présence de 2 à 3 gouttes de phénolphtaléine, jusqu'à l'obtention d'une couleur rose persistante pendant 30 secondes.

Le volume de la soude versée est noté et l'acidité titrable est déterminée par la formule suivante :

$$A=25.V1.100/V0. M.10$$

Soit :

A : Acidité (meq NaOH/100g)

M : masse(g) du pollen prélevé.

V0 : volume en millilitres de la prise d'essai (25ml).

V1 : volume en (ml) de NaOH (0.1N) utilisé.

3.2.4. La teneur en cendres

➤ **Principe**

La teneur en cendres consiste en la destruction de la matière organique par la technique de minéralisation par voie sèche ou calcination par la mise des échantillons à brûler dans un four à moufle et récupérer le résidu minéral gris blanchâtre (AFNOR, 1982).

➤ **Mode opératoire**

Une quantité de 5g de pollen est mise dans un creuset en porcelaine après avoir été pesé à vide, et placé dans un four à moufle réglé à 600°C pendant cinq heures jusqu'à la

destruction totale de la matière organique et l'obtention d'une couleur grise, claire ou blanchâtre. Le creuset est ensuite retiré du four et refroidie dans un dessiccateur, puis pesée. La teneur en cendres est calculée selon la formule suivante :

$$\text{Teneur en cendre (\%)} = [(M1-M2) / M]$$

M : poids de la prise d'essai (5g).

M1 : poids du creuset après incinération(g).

M2 : poids du creuset vide(g).

3.3. Indices de composition

3.3.1. Dosage des sucres totaux et réducteurs

➤ Principe

C'est une méthode titrimétrique basée sur la décoloration d'une solution cupro-alcaline connue sous le nom de liqueur de Fehling qui est de couleur bleu, sous l'action réductrice à chaud de la fonction aldéhydique libre des sucres, sur les ions cuivriques de cette dernière.

Cette méthode consiste à peser 10g d'échantillon dans un bécher de 100 ml, auxquels sont ajoutés 2,5 ml d'acétate de Zinc, ensuite le bécher est rempli jusqu' au 2/3 de son volume avec de l'eau distillée. La solution obtenue est agitée puis incubée pendant 15 min. Le volume est à nouveau ajusté avec de l'eau distillée jusqu' à 100 ml, puis homogénéiser et enfin filtrer à l'aide d'un papier filtre (AFNOR, 1986).

a) Dosage des sucres totaux

50 ml sont prélevés du filtrat aux quels sont additionnés 5 ml d'HCL pur, le tout est incubé au bain marie à 70°C (hydrolyse acide des glucides sous l'effet de la chaleur) pendant 5 min puis neutralisé avec la soude 10N, en présence de la phénolphtaléine à 1%. Puis on procède de la même manière que le dosage des sucres réducteurs.

Le taux des sucres réducteurs est calculé selon la formule suivante :

$$\text{Sucres totaux} = [500/V(V2-0.05)].10$$

Soit :

V : volume de la solution mère (ml).

V1 et **V2** : volume du filtrat dépensé (ml).

b) Dosage des sucres réducteurs

Prélever 5 ml de la solution de Fehling A et de solution de Fehling B, puis ajuster le volume jusqu'à 100 ml avec de l'eau distillée.

Après un chauffage jusqu'à l'ébullition, titrer la solution de Fehling avec le filtrat déjà obtenu jusqu'à ce que la couleur bleue disparaisse, puis ajouter quelques gouttes de bleu de méthylène et continuer le titrage jusqu'à apparition d'une couleur rouge brique.

Noter le volume du filtrat utilisé et calculer le taux de sucres réducteurs suivant cette formule :

$$\text{Sucres réducteurs} = [240/V(V1-0.05)].10$$

3.4. Mesures de l'activité antioxydante

3.4.1. Préparation des extraits Méthanoliques du pollen (EMP)

L'extraction des polyphénols est réalisée avec du méthanol 50 %. Une quantité de 8 g de pollen est mélangée avec le solvant. Après agitation pendant 20 minutes à température ambiante, l'extrait est récupéré par filtration.

3.4.2. Dosage des composés phénoliques totaux

La teneur en composés phénoliques est évaluée selon la méthode décrite par Naithani et al., (2006).

➤ **Méthode**

Un volume de 1ml d'extrait dilué 1/20 est additionné par 1 ml du réactif de folin-Ciocalteu (0,1 %), puis 2 ml de la solution de carbonate de sodium (NaCO_3) à 2% sont ajoutés au mélange. Après 30 minutes à l'obscurité, l'absorbance est lue à 760 nm. Les concentrations en composés phénoliques sont déterminées en se référant à la courbe d'étalonnage (figure 11) et les résultats sont exprimés en milligramme équivalent d'acide gallique /100 g d'échantillon (mg EGA/100g).

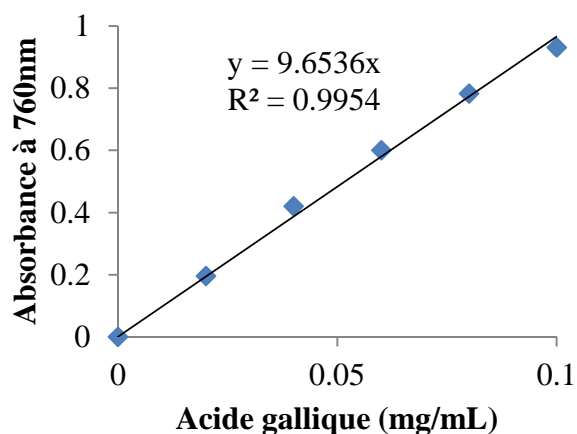


Figure 11 : courbe d'étalonnage des composés phénoliques

3.4.3. Dosage des flavonoïdes

La teneur en flavonoïdes est estimée selon la méthode décrite par Liviu al et *al.*, (2009).

➤ **Méthode**

2,5 ml d'extrait sont mélangés avec 150 μ l de NaNO₂ (5%). 5 minutes après, un volume équivalent de chlorure d'aluminium AlCl₃ (10%) est additionné. Un volume de 1 ml de la Solution NaOH (1M) est ajouté après 6 minutes. L'absorbance est mesurée à 510 nm.

Les concentrations en flavonoïdes sont estimées en se référant à la courbe d'étalonnage (figure 12) et les résultats sont exprimés en milligramme d'équivalent quercétine /100 g d'échantillon (mg EQ/100g).

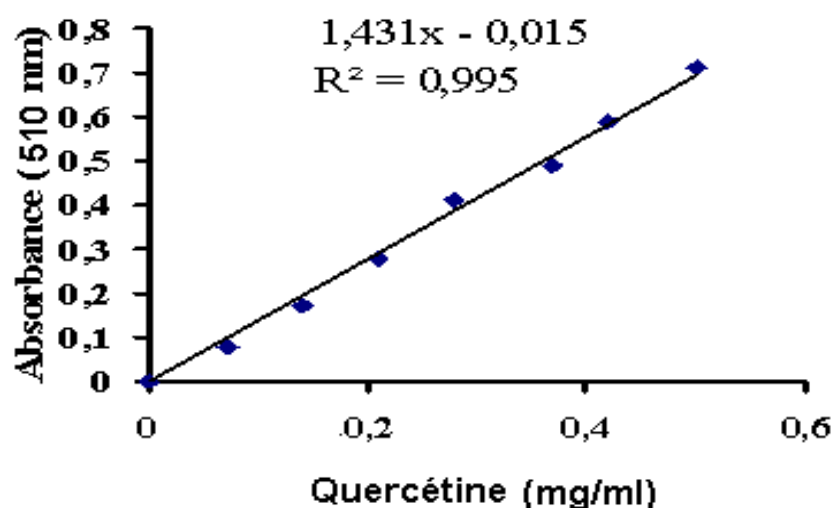


Figure 12 : courbes d'étalonnage des flavonoïdes

3.4.4. Dosage des caroténoïdes

La quantification des caroténoïdes est réalisée suivant la méthode de Sass-Kiss et *al.* (2005).

➤ **Méthode**

20 ml du mélange hexane, éthanol, acétone (2, 1, 1) sont ajoutés à 2g de pollen. Une agitation pendant 30min est réalisée, puis on récupère la phase hexanique et l'absorbance est

lue à 450 nm. Les teneurs en caroténoïdes sont estimées en se référant à la courbe d'étalonnage (figure 13) et les résultats sont exprimés en milligramme d'équivalent β -carotène /100 g d'échantillon (mg E β C/100g).

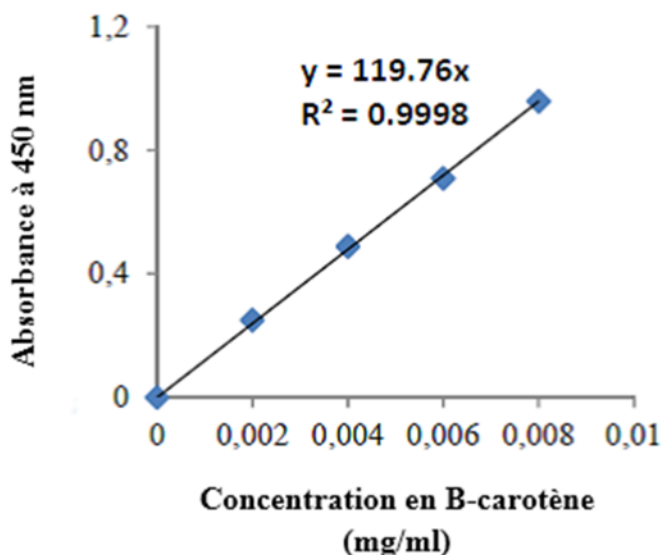


Figure 13 : courbes d'étalonnages des caroténoïdes

3.4.5. Le pouvoir réducteur sur le ferricyanure de potassium

Le pouvoir réducteur est estimé selon la méthode décrite par Yildirim et *al.*, (2001).

➤ Méthode

Un volume de 250 μ l de l'extrait des différentes concentrations (1/5 ; 2/5 ; 3/5 ; 4/5 ; 5/5) est ajouté à 2,5 ml du tampon phosphate (0,2M ; pH 6,6) et à 2,5 ml de ferricyanure de potassium [$K_3Fe(CN)_6$] (1%). Après agitation, le mélange est incubé pendant 20 minutes à 50°C, puis 2,5 ml d'acide trichloracétique TCA (10%) sont additionnés à la solution après 10 min d'agitation, Un volume de 1,25 ml de surnageant est prélevé et additionné de 1,25 ml d'eau distillée et 0,25 ml du chlorure ferrique $FeCl_3$ (0.1%). L'absorbance est mesurée à 700 nm et les résultats sont exprimés en mg équivalents acide gallique par 100g d'échantillons (mg EAG/100g) (figure 14).

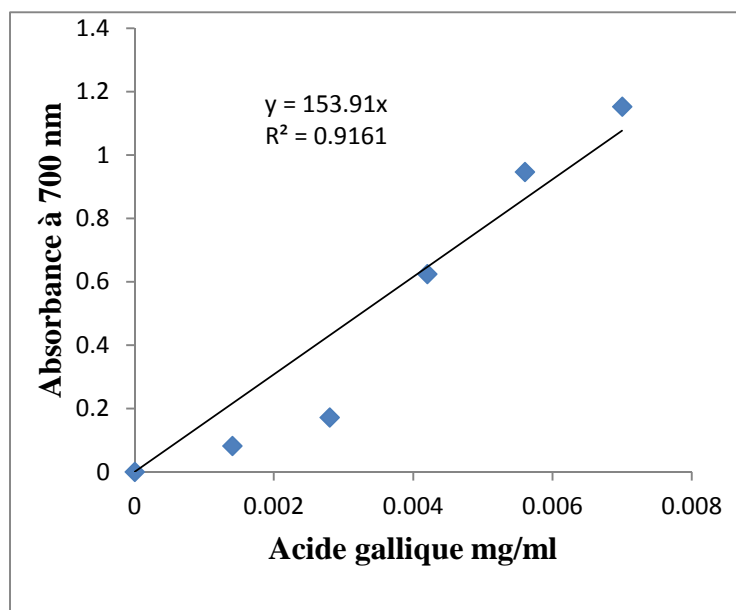


Figure 14 : courbe d'étalonnage du pouvoir réducteur

3.4.6. L'Activité antioxydante totale (Test au phosphomolybdate)

L'activité antioxydante est déterminée selon la méthode d'écrite par Ramalakshmi et *al.*, (2008).

➤ Méthode

Un volume de 2 ml de la solution (molybdate d'ammonium 4 Mm, acide sulfurique 0.6M, sodium phosphate 28mM) est ajouté à 25 μ l d'extrait des différentes concentrations (1/5 ; 2/5 ; 3/5 ; 4/5 ; 5/5) puis Une incubation est réalisée à 95°C pendant 90 minutes. Les absorbances sont lues à 695 nm. Les résultats sont exprimés en mg équivalents acide Ascorbique par 100g d'échantillons (mg EAA/100g) (figure 15).

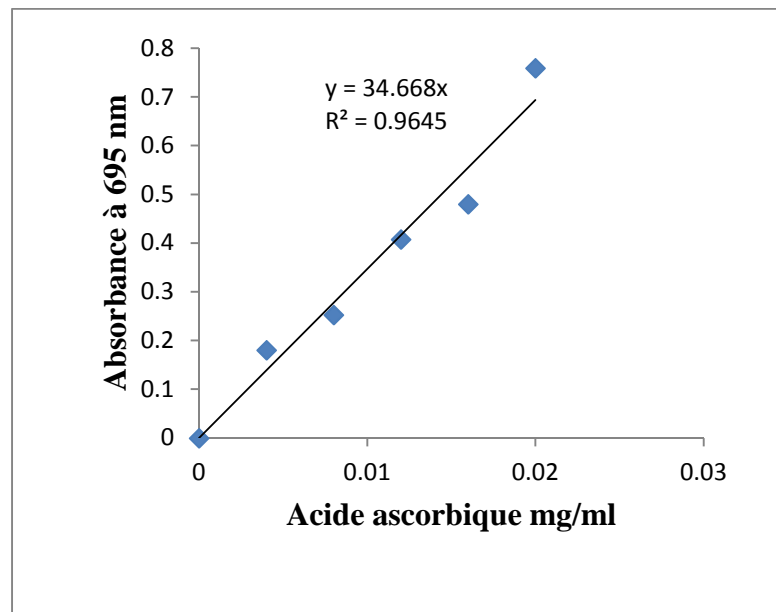


Figure 15 : courbe d'étalonnage d'activité antioxydante totale

Chapitre IV

Résultats et discussion

Chapitre IV : résultats et discussion

4. Composition physico-chimique des échantillons du pollen analysés

4.1. Indices de qualité

La qualité alimentaire d'un aliment est une exigence fondamentale des consommateurs ainsi que de la législation. La qualité d'un produit agricole est définie par rapport à sa fraîcheur. Dans le cas du pollen d'abeille, récolté par l'homme, sa qualité dépend des conditions de production et de conservation. Ce type d'aliment riche en sucre peut voir son pH et acidité évolués rapidement, d'où l'importance de mesure de ces indices afin d'apprécier son degré de fraîcheur. Le tableau N°VI affiche les différents résultats d'humidité, pH, acidité ainsi que du taux de cendre enregistrés dans le pollen de bruyère analysé.

Tableau VI : Résultats des indices de qualité du pollen de bruyère

Echantillons	Humidité (%)	pH	Acidité (meq NaOH/100g)	Taux de cendres (%)
Echantillon 1	31,6±1,34	6,24±0,02	22±0,14	2,3±0,08
Echantillon 2	20,2±0,42	6,15±0,04	15±0,14	2,16±0,31

4.1.1. Humidité

La teneur en eau du pollen est un indicateur de qualité, elle touche plusieurs paramètres du produit dont les plus importants sont la conservation, le goût et l'arôme (Morgano et *al.*, 2011). Ce paramètre permet de favoriser ou bien inhiber le développement des microorganismes dans les aliments dont plus le taux d'humidité est élevé plus le milieu est idéal pour la multiplication bactérienne responsable d'altération. Le pollen d'abeille est connu en tant que matériau très hygroscopique et donc sensible pour la croissance microbienne ou fongique (Bleha, 2019).

Dans le cas des échantillons analysés, le taux d'humidité le plus élevé est enregistré dans l'échantillon E1 (31,6%) suivi par l'échantillon E2 avec (20,2%) qui est faible par rapport au premier. Ce paramètre peut être influencé par la période de récolte, du taux d'humidité de l'air pendant le jour de la récolte et des conditions de stockage (emballage, température, durée). D'après nos résultats la valeur de E1 est similaire à celle de Zuluaga, (2015) qui est 32% contrairement à E2 mais sont supérieurs à ceux de Bleha, (2019) et Belina,

(2019) d'une valeur de 11,53 à 19,53% et de 14,15 à 16,73% respectivement. Le taux d'humidité de l'aliment est l'un des facteurs favorisant son altération, ainsi le taux d'humidité élevé enregistré dans E1 peut accélérer son altération par rapport à E2. Afin de préserver la qualité du pollen, deux techniques de conservation sont souvent appliquées : congélation et séchage (déshydratation).

4.1.2. Le pH

Le pH ou le potentiel d'hydrogène est la mesure du coefficient caractérisant l'acidité ou l'alcalinité d'un milieu, il représente la concentration des ions d'hydrogène H^+ dans une solution ou dans un aliment, mesuré par un pH mètre (Nair, 2014). Le pH est un facteur très important qui nous renseigne sur la qualité de l'aliment (pollen) et son état de fraîcheur. Il est également une des grandeurs qui influence le comportement des microorganismes (Nout et *al.*, (2003). Par ailleurs, il est donc possible de ralentir les phénomènes d'altérations microbiennes en s'écartant des conditions optimales (Jeantet et *al.*, 2006).

Les valeurs du pH des deux échantillons analysés sont 6,15 et 6,24 respectivement pour E1 et E2, ces valeurs se situent à la limite supérieure des normes brésiliennes (4-6) (Commission brésilienne, 2000). Les valeurs enregistrées sont cependant supérieures aux valeurs rapportées par plusieurs auteurs : Feás et *al.*, (2012) et Funenmayor et *al.*, (2014) (3,73 à 4,13 ; 4,6) respectivement.

Les valeurs du pH enregistrées dans ces deux types de pollen (6,1-6,24) sont favorables au développement des microorganismes. Selon Nout et *al.*, (2003) le pH de : 6,0-7,5 : tous les microorganismes survivent.

4.1.3. Acidité titrable

L'acidité titrable nous renseigne sur la quantité d'acide organique présent dans les échantillons de pollen analysés. Les acides organiques sont en général des intermédiaires des processus métaboliques. Ils influencent la croissance des microorganismes et affectent la qualité de conservation des produits (Ouchemoukh et *al.*, 2007).

Dans cette étude les valeurs de l'acidité varient de la plus élevée 22 meq NaOH/100g pour E1 et la plus faible 15 meq NaOH/100g pour E2. Ces résultats sont dans la marge rapportée par Bleha, (2019), qui sont de 15,5 à 40,2 meq NaOH/100g avec 25,6 (± 67) meq NaOH/100g en tant que valeur moyenne. Par ailleurs, les taux d'acidité enregistrés dans le

pollen analysé ne dépassent pas la limite fixée par la législation brésilienne (30meq NaOH/100g).

La différence d'acidité dans le pollen analysé peut être due soit à l'origine botanique du pollen récolté, et éventuellement au déclenchement du processus de fermentation par les microorganismes (principalement les bactéries lactiques) en transformant les sucres en acides organiques. Nous constatons, par ailleurs, que le taux acidité élevé a été enregistré dans le pollen ayant un taux d'humidité le plus élevé, confirmant ainsi le rôle du taux d'humidité dans l'accélération des réactions altération.

Il peut s'expliquer aussi par le temps qu'à rester le pollen dans les trappes à pollen après la récolte par les abeilles, c'est à dire il n'y a pas une congélation immédiate rapide qui a eu lieu pour la fermentation, donc la production d'une quantité considérable d'acide lactique responsable d'augmentation d'acidité.

4.1.4. Taux de cendres

L'expression cendres totales est un terme se rapportant à la partie inorganique d'un échantillon alimentaire restant après incinération à 600 °C. Ce résidu contient des oligo-éléments tels que le calcium, le phosphore, le sodium, le potassium, le magnésium et le manganèse.

Les teneurs en cendres sont également liées à l'espèce florale et à l'origine géographique, mais aussi au type de sol et à la capacité de la plante à accumuler des minéraux dans le pollen (Serra Bonvehi et *al.*, 1986). Une teneur trop élevée en cendres peut également être une indication d'impuretés d'origine minérale, liée à un mauvais triage du pollen.

Le pourcentage en cendres des pollens étudiés est le suivant : 2,3% pour E1 et 2,16% pour E2. Ces valeurs sont inférieures comparativement à la valeur obtenue par Human et *al.*, (2006) qui est 3,6%. Aussi par Feás et *al.*, (2012), avec 2,9%.

La détermination de la teneur en matière minérale nous éclaire sur la qualité nutritionnelle du pollen étudié, et par déduction le taux de matière organique dans le même échantillon.

4.2. Indices de composition

Les sucres sont incorporés dans les pelotes de pollen au cours de leur confection par les abeilles. Ces constituants contribuent au goût du pollen et aussi à leur valeur nutritionnelle. Leur présence favorise par ailleurs les fermentations par les microorganismes. Les résultats de dosage de ces composés sont mentionnés dans le tableau VII.

Tableau VII: Teneurs en sucres totaux et sucres réducteurs du pollen de bruyère en g/100g.

Echantillons	E1	E2
Sucres totaux	52,5 ± 7,07	45 ± 3,53
Sucres réducteurs	25,2 ± 0	30 ± 0

4.2.1. Teneur en sucres totaux

Les teneurs en sucres totaux enregistrés sont : 52,5g/100g dans E1 et 45g/100g dans E2. Ces valeurs sont supérieures à celles enregistrées par plusieurs auteurs : Villanueva et *al.*, (2002), Rebelo et *al.*, (2016) et Belina et *al.*, (2019) dont les teneurs moyennes rapportées sont respectivement 40,8g/100g, 37,12g/100g et 21,79 à 38,90g/100g. Cependant, nos résultats sont légèrement inférieurs à ceux trouvés par Solange et *al.*, (2009) avec la valeur de 53,09g/100g.

Nous constatons, par ailleurs, que la teneur en sucres totaux est plus élevée dans E1 par rapport à E2. Ce résultat pourrait s'expliquer par la disponibilité du nectar au moment de la récolte du pollen. En effet, la sécrétion du nectar par les plantes mellifères peut être influencée par de nombreux facteurs, dont principalement le facteur climatique. Une teneur élevée en sucre et un taux d'humidité élevé dans E1 pourrait expliquer le taux d'acidité légèrement élevé enregistré dans cet échantillon, suite à l'action des microorganismes (principalement les bactéries lactiques) qui transforment une partie des sucres en acides organiques (principalement l'acide lactique). Cependant, si la variation de la valeur du pH n'a pas suivi celle de l'acidité ceci pourrait s'expliquer par le pouvoir tampon des protéines.

La teneur en sucre possède plusieurs particularités, plus sa valeur est élevée plus elle va enrichir la valeur nutritive du pollen en améliorant son profil énergétique et calorique ; après avoir influencé sur le côté sensoriel ou le pollen va prendre le goût plus sucré et agréable pour la consommation. De plus, cette teneur en sucre influence sur la qualité

microbiologique du pollen sous l'effet des bactéries lactiques qui sont présentes dans la flore intestinale des abeilles puis inoculées quand elles mélangent le pollen avec du nectar de leur jabot et de la salive pour l'agglomérer (Solange et *al.*, 2009).

4.2.2. Les sucres réducteurs

Les sucres réducteurs les plus courants dans les aliments sont le glucose et le fructose, et dans une moindre mesure le lactose et le galactose. Le sucre de table ou saccharose n'est pas un sucre réducteur mais si une solution de sucre est chauffée et/ou acidifiée, le saccharose se coupe en glucose et en fructose qui sont réducteurs (Ares et *al.*, 2018).

L'analyse des sucres réducteurs est très courante et permet de quantifier approximativement les sucres simples présents. On les analyse également car ils sont réactifs et peuvent entrer lors de procédés thermiques notamment, dans des réactions dite réaction de Maillard ou caramélisation qui sont souhaitables ou non suivant le cas (Villanueva et *al.*, 2002).

Dans le cas du pollen le nectar des fleurs est plus riche en saccharose dont une partie est transformé en glucose et fructose dans le jabot de l'abeille. Cette solution sucrée est régurgitée pour confectionner les pelotes de pollen (Solange et *al.*, 2009). Dans les échantillons de pollen analysés, les teneurs en sucres réducteurs sont de 25,2g/100g dans E1 et de 30g/100g dans E2. Nos résultats sont inclus dans la fourchette rapportée par Villanueva et *al.*, (2002) et qui fluctue entre 29,36 à 43,16g/100g et de Day et *al.*, (1990) qui varient de 12,6 à 29,6g/100g. Par contre sont inférieurs à ceux obtenus par Solange et *al.*, (2009) qui varient de 47,43 à 50,01g/100g.

4.3. Mesure de l'activité antioxydante

Le pollen d'abeille constitue une source naturelle d'antioxydants tels que les acides phénoliques et les flavonoïdes...etc qui sont responsables de son activité biologique (Anna et *al.*, 2015). Sur le plan physiologique, les antioxydants sont des molécules qui contribuent à la protection de notre corps contre des substances potentiellement dangereuses que l'on appelle radicaux libres (Nkhili, 2009). Le tableau VIII montre les résultats obtenus par la mesure de l'activité antioxydante des deux échantillons de pollen étudiés :

Tableau VIII : Résultats de la mesure de l'activité antioxydante :

Echantillon	Polyphénol (Mg EAG/100g)	Flavonoïde (mg EQ/100g)	Caroténoïde (mg E β C/100g)	Pouvoir réducteur (mg EAG/100g)	Test de phosphomolyb- date (mg EAA/100g)
Echantillon 1	1524,56 \pm 0,006	201,49 \pm 0,01	1,95 \pm 0,02	10,29 \pm 4,48	18,53 \pm 4,11
Echantillon 2	1473,63 \pm 0,03	139,30 \pm 0,14	1,19 \pm 0,04	9,08 \pm 0,95	25,56 \pm 4,99

4.3.1. Les polyphénols

Le pollen d'abeille est un produit apicole caractérisé par son activité biologique en raison de sa composition riche en polyphénols. Les puissantes propriétés antioxydantes des polyphénols résultent de la présence de doubles liaisons et de la localisation de groupes hydroxyle sur le cycle aromatique (Anna et *al.*, 2015).

La structure cyclique des polyphénols détermine leurs propriétés lipophiles, en particulier dans le cas des flavonoïdes. Les antioxydants hydrophobes jouent un rôle protecteur pour les membranes lipidiques. Les Polyphénols peuvent récupérer les espèces réactives de l'oxygène (ROS) et inactiver les radicaux organiques, et sont capable de complexer les ions métalliques qui catalysent les réactions d'oxydation (Anna et *al.*, 2015).

Les composés phénoliques présentent beaucoup de propriétés physiologiques, telles que des propriétés anti-allergènes, anti-inflammatoires, antimicrobiennes, antioxydantes, des effets cardioprotecteurs et vasodilatateurs (Balasundram et *al.*, 2006).

Les polyphénols peuvent être différenciés en flavonoïdes et en acides phénoliques (Acide gallique, férulique et caféique) qui sont des composés ayant un noyau aromatique et un groupement carboxyle (Marion, 2017).

Les résultats de la teneur en composés phénoliques des deux échantillons de pollens analysés varient de 1524,56 \pm 0,006 mg EAG/100g dans E1 à 1473,63 \pm 0,03 mg EAG/100g dans E2. Les résultats obtenus sont proches de ceux obtenus par Percie de Sert, (2009) et Marion, (2017) dont la valeur moyenne est de 1500mg /100g pour la même variété de pollen

(pollen de bruyère), mais ils sont supérieurs à ceux rapportés par Mihaela et *al.*, (2015) estimés à une teneur moyenne de 493,40 mg EAG/100g et à ceux obtenus par Carpes et *al.*, (2007) dont les teneurs varient de 109 à 660 mg EAG /100g. Nos résultats sont cependant inférieurs à ceux obtenus par Rebiai et Lanez, (2012) d'une valeur de 3057 mg EAG /100g à 3602 mg EAG /100g. La variation de la teneur en composés phénoliques des différents types de pollen peut être due principalement à leur origine botanique (Al -mamary et *al.*, 2002 ; Marion, 2017).

4.3.2. Les flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des composés polyphénoliques répandus dans le règne végétal et ils jouent un rôle important : inactivent et stabilisent les radicaux libres grâce à leur groupement hydroxyle (C3-OH) fortement réactif, captent directement les espèces réactives d'oxygène, et sont capables de chélater les métaux de transition (cuivre et fer) Ghedira, (2005). Ils sont des constituants de nombreux médicaments traditionnels chinois et Phyto-médecine. Ils ont divers effets pharmacologiques, comme anticancéreux, antioxydant, anti-âge et des propriétés antibactériennes (Al-Mamary et *al.*, 2002 ; Xu et *al.*, 2007).

Les flavonoïdes sont classés en différentes catégories dont les plus importantes sont les flavanones, les flavonols, les flavones, les flavanols, les isoflavones et les anthocyanes (Massaux, 2009) et sont des composants majeurs du pollen, sont responsables aussi de sa coloration du jaune au violet par exemple : la couleur jaune est apportée par les flavonols, le violet par les anthocyanosides (Marion, 2017).

La teneur en flavonoïdes est estimée selon la méthode décrite par Liviu et *al.*, (2009) et les résultats sont exprimés en milligramme d'équivalent quercétine /100 g d'échantillon (mg EQ/100g).

Les résultats obtenus dans cette étude révèlent une légère variation entre les deux échantillons. En effet, la valeur la plus élevée est enregistrée dans E1 (201,49±0,01 mg EQ/100g) contre 139,30±0,14 mg EQ/100g pour E2. Ces résultats sont inférieurs à ceux obtenus par Marghitas et *al.*, (2009) pour d'autres types de pollen (*Salix.sp* ; *Centaurea cyanus* ; *Matricaria chamomilla...*) qui varient de 280 mg EQ/100g à 1360 mg EQ/100g et supérieur à ceux trouvés par le même auteur pour le pollen de *Pinus.sp* (pin) qui est d'une valeur de 60 mg EQ/100g. Cette variation est due à la différence de l'origine botanique et/ou

géographique ainsi que d'autres facteurs tels que les conditions climatiques, le type de sol (Rebiai et Lanez, 2012).

4.3.3. Les caroténoïdes

Les caroténoïdes sont des pigments liposolubles de couleur intense synthétisés par les plantes et les micro-organismes et sont présents dans de nombreux aliments, notamment les fruits, les légumes et du poisson. Les caroténoïdes sont largement distribués dans la nature et ont des fonctions nombreuses et variées citant la collecte de la lumière et le rôle de photoprotecteur dans la photosynthèse à la protection de l'œil (El-agamey et *al.*, 2004 ; Ana et Costa, 2006). Le β -carotène ou provitamine A est une molécule de la famille des caroténoïdes possédant des propriétés antioxydantes importantes (Desmettre et Lecef, 2005).

Les caroténoïdes sont des composés polyisoprénoïdes et peuvent être divisés en deux groupes principaux : carotènes ou caroténoïdes hydrocarbonés composés uniquement d'atomes de carbone et d'hydrogène et xanthophylles qui sont des dérivés d'hydrocarbures oxygénés qui contiennent au moins une fonction oxygène comme l'acide carboxylique (Ana et Costa, 2006).

La quantification des caroténoïdes est réalisée suivant la méthode de Sass-Kiss et *al.*, (2005) et les résultats sont exprimés en milligramme d'équivalent β -carotène /100 g d'échantillon (mg E β C/100g).

Les résultats des teneurs en caroténoïdes obtenus varient de $1,95 \pm 0,02$ mg E β C/100g pour E1 à $1,19 \pm 0,04$ mg E β C/100g pour E2. Ces résultats sont inférieurs à ceux obtenus par Almeida et *al.*, (2005) sur les échantillons de pollen de Brésil dont la valeur enregistrée est de 7,633 mg E β C/100g).

4.3.4. Le pouvoir réducteur :

Le pouvoir réducteur d'un extrait est associé à son pouvoir antiradicalaire. Cette technique permet de mesurer la capacité des extraits testés à réduire le fer ferrique (Fe³⁺) présent dans le complexe [K₃Fe (CN) ₆] en fer ferreux (Fe²⁺), il y a virage de la couleur jaune du ferricyanure de potassium au bleu vert dont l'intensité dépend du pouvoir réducteur de chaque extrait et l'augmentation de l'absorbance indique une augmentation du pouvoir réducteur . La capacité réductrice d'un composé peut servir comme un indicateur significatif de son activité antioxydante potentielle. Beaucoup de publications actuelles ont indiqué qu'il

Il y a une relation directe entre les activités antioxydantes et la puissance réductrice (Bentabet et *al.*, 2014).

Le pouvoir réducteur est estimé selon la méthode décrite par Yildirim et *al.*, (2001). Les résultats exprimés en mg EAG/100g. D'après les résultats obtenus, le pouvoir réducteur des 2 échantillons est très proche : 10,29 mg EAG/100g dans E1 et une valeur de 9,08 mg EAG/100g dans E2.

Selon Saha et *al.*, (1970) les propriétés réductrices sont généralement associées à la présence de réductones, dont l'action antioxydante est démontrée en brisant le radical libre en faisant don d'un atome d'hydrogène et selon Al-Mamary et *al.*, (2002), la diversité du pouvoir réducteur des extraits est probablement due à la diversité des composés phénoliques présents dans les extraits. L'effet chélateur des ions (Fe^{3+}) des polyphénols peut être associé aux cycles aromatiques fortement nucléophiles en tant que groupes chélateurs spécifiques présents dans la molécule aussi le degré d'hydroxylation et de méthylation du composé phénolique et la présence d'autres composés non phénoliques tels que les enzymes (glucose oxydase et catalase) et des matériaux non enzymatiques (vitamines et acides aminés) peuvent également être impliqués dans cette activité.

4.3.5. Test de phosphomolybdate (activité antioxydante totale)

Des travaux antérieurs ont confirmé que l'activité antioxydante est liée à la quantité de flavonoïdes et de composés phénoliques (Feas et *al.*, 2012). Le test de 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 (Rebiai et Lanez, 2012).

L'activité antioxydante est déterminée selon la méthode décrite par Ramalakshmi et *al.*, (2008). Les résultats sont exprimés en mg EAA/100g. Il apparaît des résultats enregistrés dans le tableau VIII que l'activité antioxydante des deux échantillons de pollen est différente. Les valeurs enregistrées varient de 18,53 mg équivalent d'acide ascorbique/100g pour E1 à 25,56 mg équivalent d'acide ascorbique/100g pour E2. Nos résultats sont supérieurs à ceux trouvés par Rebiai et Lanez, (2012) avec des valeurs de 7,19 à 10,15 mg équivalents d'acide ascorbique/100g. Selon Balasandram et *al.*, (2005) l'activité antioxydante peut être affectée par de nombreux facteurs (saisons, type de sol.), la structure des composés phénoliques et en particulier les degrés et la position des groupements hydroxyles sur le noyau aromatique de la

molécule. En outre, la présence d'éléments constitutifs autres que les composés phénoliques tels que les vitamines C, E et les caroténoïdes peuvent influencer sur l'activité antioxydante totale (Al –mamary et *al.*, 2002). Et selon Saha et *al.*, (1970) l'activité antioxydante des composés phénoliques est principalement due à leurs propriétés rédox, qui peuvent jouer un rôle important dans l'absorption et la neutralisation des radicaux libres, la désactivation de l'oxygène singulet et triplet ou la décomposition les peroxydes.

Conclusion

Conclusion

La bruyère arborescente par son abondance dans le maquis méditerranéen d'une part, et par sa floraison qui s'étale sur environ six semaines (fin février au début d'avril) d'autre part, font d'elle l'une des principales espèces pourvoyeuses de pollen d'abeille.

La recherche bibliographique a révélé que le pollen d'abeille, par sa richesse en nutriments et en composés bioactifs, constitue à présent un complément alimentaire d'une haute valeur nutritionnelle et thérapeutique. Dans la présente étude, nous avons tenté d'évaluer principalement la valeur bioactive du pollen d'abeille issu de la bruyère arborescente via le dosage des antioxydants (phénols totaux, flavonoïdes et caroténoïdes) et la mesure de l'activité antioxydante.

Les résultats obtenus, comparativement aux données bibliographiques, ont révélé la richesse de ce type de pollen en composés phénoliques (1473,63 à 1524,56 mg/100g), en flavonoïdes (139,3 à 201,49 mg/100g) et en caroténoïdes (1,19 à 1,95 mg/100g). Le pouvoir réducteur varie de 9,09 à 10,29 mg EAG/100g et l'activité antioxydante oscille entre 18,53 mg à 25,56 mg équivalent d'acide ascorbique/100g. La richesse de ce type de pollen en composés bioactifs et son pouvoir antioxydant élevé prédisent une valeur biologique importante, permettant d'assurer un effet préventif de nombreuses pathologies, en luttant contre le stress oxydatif.

Le développement de la filière apicole en Algérie et son adaptation en zones de montagne constituent une opportunité très importante pour une exploitation rationnelle et durable des richesses floristiques de ces zones spécifiques et marginalisées. De plus, l'alimentation moderne constitue une source d'inquiétude pour une bonne partie de consommateurs « avertis », et qui sont à la recherche de produits naturels qui peuvent leur apporter des bienfaits sur le plan nutritionnel et des effets préventifs sur le plan thérapeutique, dont les produits de la ruche peuvent apporter beaucoup de bienfaits.

En perspectives, nous proposons d'approfondir cette étude par l'analyse des autres constituants biochimiques et en utilisant d'autres tests de mesure de l'activité antioxydante. Nous proposons, par ailleurs, d'élargir cette étude aux pollens d'abeilles provenant des autres origines botaniques.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Références bibliographique

- AFNOR, 1982. Recueil de normes Françaises des produits dérivés des fruits et légumes et jus de fruits. Ed. AFNOR. Pp, 1-325.
- AFNOR, 1986. Recueil des normes Françaises. Lait et produits laitiers. Méthodes d'analyses.
- Akanitapichat P., Phraibung K., Nuchklang K, et promptakkul S. (2010). Antioxidant and hepatoprotectives of five eggplant varieties. *Food and Chemical Toxicology*.48:3017-3021.
- Al, M. L., Daniel, D., Moise, A., Bobis, O., Laslo, L., & Bogdanov. S, (2009). Physico-chemical and bioactive properties of different floral origin honeys from Romania. *Food Chemistry*. 112(4). 863–867.
- Al-Mamary, M., Al-Meeri, A., & Al-Habori, M, (2002). Antioxidant activities and total phenolics of different types of honey. *Nutrition Research*. 22(9). 1041–1047.
- Alvarez-abaraca N., Campos G.M., A. Delgado-Alvarado E.A., Avila-Reyes J.A., HerreraconalJ., Gonzalez-Valdez L.S., Naranjo-Jiménez N., Frigio C., Tomatas A.F., Almeida A.J., VieiraA. And Uribe-Soto J.N, (2008). Pollen flavonoid / phenolic acid composition of four species of cactaceae and its taxonomic Significance. *American Journal of Agricultural and biological Science*. 3. 534-543.
- Almeida-Muradian L.B, Pamplona L.C, ColmbraS et Barthe OM, (2005). Chemical composition and botanical evaluation of dried bee-pollen pellets. *Journal of Food Composition 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.
- Ana Rodriguez-Bernaldo de Quiro's, Helena S. Costa, (2006). Analysis of carotenoids in vegetable and plasma samples. *Journal of Food Composition and Analysis*. 97-111.
- Anna Rzepecka-Stojko , Jerzy Stojko , Anna Kurek-Górecka , Michał Górecki , Agata Kabała-Dzik , Robert Kubina , Aleksandra Moździerz and Ewa Buszman. (2015). Polyphenols from Bee Pollen: Structure, Absorption, Metabolism and Biological Activity. *Molecules*. 20. 21732–21749.

Références bibliographiques

- Apimondia, (2001). Standing commission of apitherapy *Traité d'Apithérapie, La médecine par les abeilles [cédérom]* v.1.01 PC-Mac Produit par Api-Ar International SA R Brussels. ISBN : 2- 9600270-0-0.
- Ares, A. M., Valverde, S., Bernal, J. L., Nozal, M. J., & Bernal, J, (2018). Extraction and determination of bioactive compounds from bee pollen. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 147. 110–124.
- Balasundram, N., Sundram, K., & Samman, S, (2006). Phenol and agri-industrial by-products :Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry*. 99(1). 191–203.
- Barouk. R, (2006). Stress oxydant et vieillissement. *Médecine / sciences*. 22 (3). 266-272.
- Bacher. R, (2008). *Les abeilles, le miel et l'apiculture*. Edition Terre vivante. p. 138,8.
- Bath, P.K. et Singh, N. (1999). A comparison between *Helianthus annuus* & *Eucalyptus lanceolatus* honey. *Food Chemistry*. 67. P 389–397.
- 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*. 12(6). 364–371.
- Belina-Aldemita, MD, Opper, C., Schreiner, M. and D'Amico, S. (2019). Nutritional composition of pollen in pots produced by bees with out dailippines. *Food composition and analysis journal*. 82 :1032.
- Beaudeau, J, L., Dellatre, P. Therond, D. Bonnefont-Rousselot, A. Legrand, Peynet. Le stress oxydant, composante physiopathologique de l'athérosclérose Oxydative stress in the atherosclerotic process. (2006). *Immuno-analyse & Biologie spécialisée*. 21(3). 144-150.
- Benachour K. (2008). Diversité et activité pollinisatrice des abeilles (Hymenoptera : Apoida) sur les plantes cultivées. Thèse de Doctorat en Sciences. Université Mentouri de Constantine, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. P.19.
- Biri. M, (2002). *Le grand livre des abeilles (cours d'apiculture moderne)*. Ed. De Vecchi. S.A. Paris. pp : 76-77.

Références bibliographiques

- Blanc.M, (2010). Propriétés et usage médicinal des produits de la ruche. Thèse de Doctorat en Pharmacie. Université de Limoges, Faculté de Médecine et de Pharmacie. 27p.
- BlehaR., Shevtsova T., Kružík V., Brindza J., Sinica A. (2019). Morphology, physicochemical properties and antioxidant capacity of bee pollens. *Czech J. Food Sci.* 37. 1–8.
- Bogdanov. S, (1999). Harmonised methods of the international honey commission. International Honey Commission.
- Bogdanov.S, (2014). Pollen: production, nutrition and health :a review. *Bee product science*.
- Bradbear.N, (2010). Le rôle des abeilles dans le développement rural, manuel sur la récolte, la transformation et la commercialisation des produits et service dérivés des abeilles. *Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture*. 238p.
- Campos M.G.R., Frigerio C., Lopes J et Bogdanov S. (2010). What is The future of Bee pollen.journal of apiproduct and apimedical science. 2 (4).131-144.
- Campos M. G. R., Bogdanov S., de Almeida-Muradian L. B., Szczesna T., Mancebo Y., Frigerio C. et Ferreira F., (2008). Pollen composition and standardization of analytical methods. *Journal of Apicultural Research and Bee World*.47 (2). 156-163.
- Carpes, S. T., Begnini, R., Alencar, S. M. de, & Masson, M. L. (2007). Study of preparations of bee pollen extracts, antioxidant and antibacterial activity. *Ciência e Agrotecnologia*. 31(6). 1818–1825.
- Commission Brésilienne (2000). Instruction normative. N°11. Publié au Journal officiel de 23/10/00, Section I, p. 16-17.
- 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.
- Dancy.A, (2015). Le Tao du Pollen & L'Art des aiguilles et du Feu. *Centre Imhotep*. pp 42.
- Day, S., Beyer, R., Mercer, A., & Ogden, S. (1990). The Nutrient Composition of Honey bee-Collected Pollen in Otago. *New Zealand. Journal of Apicultural Research*. 29(3). 138–146.
- Defraigne J.O., Pincemail. J. (2008). STRESS OXYDANT ET ANTIOXYDANTS : mythes et réalités. *Rev Med Liège* . 63. Synthèse .10: 10-19.

Références bibliographiques

- Denisowa Bozena and Denisow-Pietrzyk Marta, (2016). Biological and therapeutic properties of bee pollen. *Society of Chemical Industry*.
- Desmettre, T., & Lecerf, J.-M, (2005). Nutrition et dégénérescences maculaires liées à l'âge. *EMC – Ophtalmologie*. 2(3). 202–217.
- Dias, M. G., Camões, M. F. G. F. C., & Oliveira, L, (2009). Carotenoids in traditional Portuguese fruits and vegetables. *Food Chemistry*. 113(3). 808–815.
- Di Pasquale, G., Salignon, M., Le Conte, Y., Belzunces, L. P., Decourtye, A., Kretzschmar, A., Alaux, C. (2013). Influence of Pollen Nutrition on Honey Bee Health: Do Pollen Quality and Diversity Matter? *PLoS ONE*. 8(8). e72016.
- El-Agamey, A., Lowe, G. M., McGarvey, D. J., Mortensen, A., Phillip, D. M., Truscott, T. G., & Young, A. J, (2004). Carotenoid radical chemistry and antioxidant / pro-oxidant properties. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 430(1). 37–48.
- El-Haci, I. A., Atik-Bekkara, F., Didi, A., Gherib, M., & Didi, M. A, (2012). Teneurs en polyphénols et pouvoir antioxydant d'une plante médicinale endémique du Sahara algérien. *Phytothérapie*. 10(5). 280–285.
- 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. pp. 163, 94.
- Favier, A, (2003). Le stress oxydant Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. *L'actualité Chimique*. P 108-115.
- Feás, X., Vázquez-Tato, M. P., Estevinho, L., Seijas, J. A., & Iglesias, A, (2012). Organic Bee Pollen oactive Compounds, Antioxidant Activity and Microbiological Quality. *Molecules*. 17(7). 8359–8377.

Références bibliographiques

- Funenmayor Carlos B, Carlos Zuluaga D, Diaz Consuelo, Quicazan Marta ,Cosio Maria, Mannino Saverio. (2014). Evaluation of the physicochemical and functional properties of Colombia bee pollen. *Rev.MVZ Cordoba*.vol 19 n°1. p. 4003-4014.
- Gauthier. CH., (1997). La récolte du pollen: un débouché supplémentaire à la portée de tous.
- Ghedira. K, (2005). Les flavonoides: structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. *Phytothérapie*. 3 (4). 162-169.
- Haton. C, (2005). Effets des rayonnements ionisants sur la structure de la fonction de la cellule épithéliale intestinale. Thèse de doctorat de l'université de Paris VI, France, p 43.
- Haleng J., Pincemail J., Defraigne J.O., Charlier C et Chapelle J.P, (2007). Le stress oxydant. *Rev Med Liege*. 62. P 628-638.
- Human.H et Nicolson S.W, (2006). Nutritional content of fresh, bee-collected and stored pollen of *aloe greatheadii* var. *davyana*. *Photochemistry*. v.67. p. 1486-1492.
- Jean-Prost P. Apiculture, 7e Edition LAVOISIER, 2005. p. 682.
- Jeantet R., Croguennec T., Schuch P. et Brulé G., 2006, Science des aliments : Biochimie-Microbiologie-Procédés-Produits. Vol 1 : Stabilisation biologique et physico-chimique, Tech & Doc. Paris. 383 pp.
- Kasianenko, Komisarenko I A , Dubtsova EA ,(2011). Correction of atherogenic dyslipidemia with honey, pollen and beebread in patients with different body mass. *TerapevticheskiĭArkhiv*. 83(8). 58-62.
- Katarzyna .K, Pawel O,Justyna K, Lukasz M, KrystynaOlczyk, (2015). Bee Pollen: Chemical Composition and Therapeutic Application.Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine.vol. Article ID 297425, 6 pages.
- Kroyer, G., & Hegedus, N, (2001). Evaluation of bioactive properties of pollen extracts as functional dietary food supplement. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2(3). 171–174.
- Lien Ai Pham-Huy , Hua He , Chuong Pham-Huy, (2008). Free Radicals, Antioxidants in Disease and Health.*Biomedical science*. 2, p 89-96.

Références bibliographiques

- Li, Q.-Q., Wang, K., Marcucucci, M.C., Sawaya, A.C.H.F., Hu, L., Xue, X.-F., ... Hu, F.-L., (2018). Nutrient-rich bee pollen: A treasure trove of active natural metabolites. *Journal of Functional Foods*. 49.472-484.
- Louveaux, J.L., (1985). Recherche sur la récolte du pollen par les abeilles (*Apis mellifica* L). Les annales de l'abeille. INRA Edition, 1958.1(3) .113-118.
- Marion .T, (2017). LE POLLEN APICOLE: SES PROPRIETES ET SES UTILISATIONS THERAPEUTIQUES. Thèse de l'obtention du diplôme d'état de docteur en pharmacie. Université de Lorraine, p 28-29, p 65.
- Maisuthisakul, P., Suttajit, M., & Pongsawatmanit, R., (2007). Assessment of phenolic content and free radical-scavenging capacity of some Thai indigenous plants. *Food Chemistry*. 100(4). 1409–1418.
- Marc Françoise, Davin Andre, Deglene-Benbrahim Laurence, Ferrand Carine, Baccaunaud Michel, Fritsch Pierre, (2004). Méthodes d'évaluation du potentiel antioxydant dans les aliments. *MEDECINE/SCIENCES*. 20. 458-63.
- Mărghitaș, L. A., Stanciu, O. G., Dezmirean, D. S., Bobiș, O., Popescu, O., Bogdanov, S., & Campos, M. G, (2009). In vitro antioxidant capacity of honey bee-collected pollen of selected floral origin harvested from Romania. *Food Chemistry*. 115(3). 878–883.
- Maria Graça R. Campos, Christian Frigerio, Joana Lopes and Stefan Bogdanov, (2010). What is the future of Bee-Pollen? *Journal of ApiProduct and ApiMedical Science*. 2 (4). 131 - 144.
- Massaux .C, (2012). Polyphénols des alliés pour la santé. *Abeilles & cie*. 149 p 1-4.
- Messaid. H, (2008). Optimisation du processus d'immersion-réhydratation du système datte sèches-jus d'orange. Thèse de Magister en Biologie. Université M'hamed Bouguera de Boumerdes. Faculté des Sciences de l'Ingénieur. p. 41-44.
- Mihaela. S , Alexandra Cotinghiu , Florentina Budin and Simona Oancea, (2015). TOTAL PHENOLICS CONTENT OF ROMANIAN PROPOLIS AND BEE POLLEN. ResearchGte. 75/82 pp.

Références bibliographiques

- Morgano MA, Milani RF, Martins MCT et Rodriguez-Amaya DB, (2011). Détermination of water content in Brazilian honey-beecollected pollen by Karl Fischer titration. *Food Control*. p.1-5.
- Mutsaers.M, Blitterswijk H V., Leven V L., Kerkvliet J. et Waerkt J V D., (2005). Produits de l'apiculture : propriétés, transformation et commercialisation. Edition : Agrodok 42. Pays-Bas. 92-9081-306-7. pp.11-34.
- Nair.S, (2014). Identification des plantes mellifères et analyses physicochimiques des miels Algériens. Thèse de Doctorat en Biologie. Université d'Oran faculté des sciences de la nature et de la vie. département de biologie.192p.
- 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(2). 176–181.
- Nicoldon S.W., ET AL, (2011). Bee food: the chemistry and nutritional value of nectar, pollen and mixtures of the two.
- Nkhili. E, (2009). Polyphénols de l'Alimentation : Extraction, Interactions avec les ions du Fer et du Cuivre, Oxydation et Pouvoir antioxydant. Thèse en vue de l'obtention du Diplôme de Doctorat. Spécialité: Sciences des Aliments. La Faculté des Sciences Semlalia.p 6-7.
- Nout R., Hounhouigan J. D. et Boekel T. V., (2003). Les aliments Transformation, Conservation et Qualité. Backhuys publishers. Germany. 257pp.
- Ouchemoukh, S., Louaileche, H., & Schweitzer, P, (2007). Physicochemical characteristics and pollen spectrum of some Algerian honeys. *Food Control*. 18(1). 52–58.
- Pascoal, A., Rodrigues, S., Teixeira, A., Feás, X., & Estevinho, L. M, (2014). Biological activities of commercial bee pollens: Antimicrobial, antimutagenic, antioxidant and anti-inflammatory. *Food and Chemical Toxicology*. 63. 233–239.
- Percie du Sert, P, (2009). Les pollens apicoles. *Phytothérapie*. 7(2). 75–82.

Références bibliographiques

- Philippe J. M, (1999). Le guide de l'apiculteur. *Troisième Edition EDISUD*. p1087.
- Ravazzi. G, (2003). Les autres produits de la ruche. In Abeille et apiculture. Vecchi. Paris, p.117.
- Ramalakshmi, K., Rahath Kubra, I., & Jagan Mohan Rao, L, (2008). Antioxidant potential of low-grade coffee beans. *Food Research International*. 41(1). 96–103.
- Rebelo, K. S., Ferreira, A. G., & Carvalho-Zilse, G. A. (2016). Physicochemical characteristics of pollen collected by Amazonian stingless bees. *Ciência Rural*. 46(5). 927–932.
- Rebiai, A., & Lanez, T, (2015). Chemical composition and antioxidant activity of *Apis mellifera* bee pollen from north west Algeria. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*. 4(2). 155.
- Rice-Evans.C, (1999). Screening of phenolics and flavonoids for antioxidant activity. In Antioxidants food supplements in human health. *Edition Academic Press*. p 239-253.
- Rolland Yohan, (2004). Antioxydants naturels végétaux. Burgundy Botanical Extracts. Vol. 11 N°6.
- Saha, M., Hasan, S., Akter, R., Hossain, M., Alam, M., Alam, M. et Mazumder, M, (1970). Activité in vitro de piégeage des radicaux libres de l'extrait au méthanol des feuilles de *Mimusops elengi* Linn. *Bangladesh Journal of Veterinary Medicine*. 6 (2). 197-202.
- Sass-Kiss, A., Kiss, J., Milotay, P., Kerek, M. M., & Toth-Markus, M, (2005). Differences in anthocyanin and carotenoid content of fruits and vegetables. *Food Research International*. 38(8-9). 1023–1029.
- Sauvager.F, (2012). Les produits de la ruche et la santé humaine. Montpellier.
- Serra Bonvehi J., Gomez Pajuelo A. and GonellGalindo F, (1986). Physicochemical properties and composition of honeybee-collected pollen produced in Spain. *Alimentaria*. 176. 63-67.
- Solange T. Carpes 1, Ingridy S. R. Cabral , Cynthia Fernandez P. Luz , Jailson P. Capeletti , Severino Matias Alencar and Maria Lúcia Masson, (2009). Palynological and

Références bibliographiques

physicochemical characterization of *Apis mellifera* L. bee pollen in the Southern region of Brazil. *Journal of Food, Agriculture & Environment* .Vol.7 (3&4): 67 - 673.

•Therond .P, (2006). Stress oxydant: Dommages créé aux biomolécules (lipides, protéines, ADN). *Annales pharmaceutiques françaises*. 64. 383-389.

•Vaissière. B, (2005). ABEILLES ET POLLINISATION. *Copyright Académie d'Agriculture de France*.

•Villanueva, M. T. O., Marquina, A. D., Serrano, R. B., & Abellán, G. B, (2002). The importance of bee-collected pollen in the diet: a study of its composition. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 53(3). 217–224.

•Xu, Y. C., Leung, S. W. S., Yeung, D. K. Y., Hu, L. H., Chen, G. H., Che, C. M., & Man, R. Y. K, (2007). Structure–activity relationships of flavonoid for vascular relaxation in porcine coronary artery. *Phytochemistry*. 68(8). 1179–1188.

•Yang, K., Wu, D., Ye, X., Liu, D., Chen, J., & Sun, P. (2013). Characterization of Chemical Composition of Bee Pollen in China. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 61(3). 708–718.

•Yildirim A., Oktay M. and Bilaloglu V, (2001). The antioxidant activity of the leaves of *Cydonia vulgaris*. *Turkish journal of Medicinal Sciences*. 31. 23-27.

•ZuluogaMC., Serrata.CJetQuicazan.CM, (2015). Bee-Pollen Structure Modification by physical and Biotechnologicalprocessing : Infleuence On the Availability of Nutrients and Bioactive Compounds. *Chemical Enginerig Transactions*. 43 79-83.

Références électroniques :

•INSERM, « Institut national de la santé et de la recherche médicale », consulté le 15 mai 2019, <http://www.inserm.fr>.

Annexes

Annexes

Annexe 1

Tableau IX : Préparation des solutions

Préparation de la solution d'acétate de zinc ($\text{CuH}_6\text{O}_4\text{Zn}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	250g de $\text{CuH}_6\text{O}_4\text{Zn}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ +500ml d'eau distillée
Préparation de l'acide trichloracétique TCA (10%)	10g de TCA+90ml d'eau distillée
Préparation de chlorure ferrique (0.1%)	0,1g de chlorure ferrique+100ml d'eau distillée
Préparation de ferricyanure de potassium (1%)	1g de ferricyanure de potassium+100ml d'eau distillée
Préparation de méthanol (50%)	50ml de méthanol+50ml d'eau distillée
Préparation du tampon phosphate	<ul style="list-style-type: none">●la base Na_2HPO_4 :100ml d'eau distillée+ 2.88g de la base●l'acide NaH_2PO_4 :100ml d'eau distillée+ 2,4g de l'acide On ajoute de l'acide pour l'acide jusqu'à avoir un pH=6,60
Préparation des réactifs suivants :	
1-0,6M d'acide sulfurique →	32 ;62 ml de l'acide sulfurique
2-28mM de phosphate du sodium →	0,996 mg de phosphate du sodium
3-4mM de molybdate d'ammonium→	0,988 mg de molybdate d'ammonium

Annexes

Annexe 2

Tableau X : préparation des courbes d'étalonnage

courbe d'étalonnage des composés phénoliques	On prend 0,01g d'acide gallique dans 100ml de méthanol 50% puis on prépare 5 dilutions, on prend de chaque dilution 1ml d'acide gallique +1ml de folin (0,1%)+2ml de carbonate de sodium (2%) →incubation pendant 30min à l'obscurité →mesurer l'absorbance à 760 nm.
Courbe d'étalonnage du pouvoir réducteur	On prend 0,007g d'acide gallique+25ml de méthanol 50% → on prépare 5 dilution, on prend de chaque une 250µl+2,5ml de tampon phosphate +2,5ml de ferrucyanure de potassium →incubation à 50c° pendant 20min+2,5ml de TCA10% →agitation pdt 10min →on prélève 1,25ml de surnageant+1,25ml d'eau distillée+0,25 de chlorure ferrique →lire l'absorbance à700nm.
Courbe d'étalonnage de test phosphomolybdate	On prend 0,22g d'acides ascorbique dans 11ml de méthanol 50% →on prépare 5 dilutions, on prend de chaque une 25µl dans un tube+2ml de mélange des réactifs suivant : (0,6M d'acide sulfurique, 28mM phosphate de sodium, 4mM de molybdate d'ammonium) →incubation à 95c° pdt 90min →refroidissement →lecture à 695.

Résumé

Le pollen d'abeille a une valeur nutritive grâce à ses composés biochimiques qui lui confère des propriétés thérapeutiques contre différentes maladies (prostate, athérosclérose, amélioration des problèmes cardiovasculaires, système immunitaire et le ralentissement du vieillissement...etc.). Le but de notre travail est de déterminer les composants chimiques ainsi que l'activité antioxydante des deux échantillons de pollen de bruyère collectés. D'Après les résultats obtenus, la concentration en polyphénols varie entre 1473,63 à 1524,56mg EAG/100g tandis que la concentration des flavonoïdes varie entre 139,30 à 201,49 mg EQ/100g. L'activité antioxydante a été évaluée en utilisant deux tests : le pouvoir réducteur et le test phosphomolybdate, les résultats obtenus varie de 9,08 à 10,29mg EAG/100g pour le premier test et de 18,53 à 25,56mg EAA/100g pour le deuxième test. Ces résultats révèlent que le pollen de bruyère constitue une source importante des polyphénols qui sont connus par leur pouvoir antioxydant.

Mots clés : pollen d'abeille, composition chimique, polyphénols, pouvoir antioxydant.

Abstract

Bee pollen is considered as the functional food due to its complex biochemical properties and effects in different disease (prostate problems, arteriosclerosis, improving cardiovascular, body immunity and delaying aging ...etc). The aim of this work was to determine chemical composition and antioxidant activity of two samples of heather pollen collected. According to our results the concentration of total phenol varied between 1473,63 to 1524,56mg GAE/100g and the concentration of flavonoid between 139,30 to 201,49 mg CAE/100g. The antioxidant capacity of pollen extract was assessed using these two tests : the reducing power and phosphomolybdate test, with 9,08 to 10,29mg GAE/100g ; 18,53 to 25,56mg AAE/100g respectively. The results obtained indicate that bee pollen is an important source of phenols showing antioxidant properties that be beneficial to human health.

Keywords : bee pollen, antioxidant activity, phenols, chemical composition.