

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

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département : Biologie physico-chimique

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : Biochimie Fondamentale



Réf : .....

## **Mémoire de fin d'étude**

En vue de l'obtention du

Diplôme

**MASTER**

*Thème*

**Etude comparative de quelques échantillons de pollen**

Soutenu le 15 Juin 2023

**Réalisé par :**

**M. AIT AMOKRANE Omar & M. HAMADI Ghilas**

**Membres de jury :**

<b>Mme. MECHOUCHE</b> Née BOUDJOU Souhila	MCB	Président
<b>M. ZAIDI</b> Hicham	MCB	Promoteur
<b>Mme. CHERHABIL</b> Née MEHENNI Chafiaa	MCB	Examineur

**Année : 2022-2023**

# *Dédicace*

*Je dédie humblement ce travail*

*A vous mes piliers, mes guides et mes plus grands soutiens  
**mes chers parents***

*Votre soutien infaillible est gravé dans chaque page de ce  
document*

*Mon **grand-père paternel** longue vie à toi notre fierté*

*Mes deux chères sœurs **Assia et Lina.***

*Mes **oncles & tante paternels** ainsi que leurs **petites familles***

*Je voulais vous dire que vous êtes la meilleure famille au  
monde*

*Mes **grands-parents maternel** que dieux vous bénisse pour  
nous*

*Mes **oncles et tantes maternel** et leurs enfants que j'adore*

*A tous mes cousins et cousines « **Fatah, Belhak, Ferial,  
Maysa, Meriem, Redouane, Lamia, Zahoua, Nacer,  
Halim...** »*

*A tous mes amis que je considère comme ma deuxième famille*

*« **Nabil, Yanis, Melissa, Kenza, Nouna, Katia, Mani,  
Nassim, Youcef, Mustapha, Karim, Lamine, Billal, el Hadi,  
Foufa, Sofiane, Lyes, Adel, Mahdi...** »*

*Ainsi que tous mes **collèges de promo***

*A mon cher binôme **Omar***

*Enfin à ma chère **grand-mère paternel** que le paradis soit ta  
demeure éternelle ma chère **Yemma Ouiza.***

**Ghilas**

# *Dédicace*

*A mes parents **m'hamed et djamila***

*Cette dédicace est une humble reconnaissance de tout ce que vous avez fait et continuez de faire pour moi. Que ces mots transmettent l'amour et la gratitude qui habitent mon cœur. Je suis fier d'être votre enfant et je suis honoré de porter votre héritage dans ma vie.*

*Je vous aime plus que les mots ne peuvent l'exprimer, et je suis à jamais reconnaissant de vous avoir Comme **parents**.*

*A mes chers frère **Younes et ilyes***

*A mes chères sœur **Lamia, Fahima et Amira***

*Que dieu les protège*

*A ma chère fiancé **ikram***

*Tu as été mon inspiration et mon plus grand soutien lorsque j'ai décidé de me lancer dans mes études*

*A mes amis **abd el ouahab, abd rahman, yanis, et abdelhak***

*Qui était toujours à mes cotés*

*A tous mes collègue **nadjim, khaled, rabah, makhlouf, fatah, ghilas, nourredine et mahdi** ceux avec qui j'ai passé les plus beaux moments à l'université.*

*A mon cher binôme **Ghilas***

***Omar***

# **Remerciement**

*Tout d'abord on remercie le dieu tout puissant pour tout ce qu'il nous à accorder.*

*Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude envers notre promoteur Mr **ZAIDI. H**, pour avoir accepté de nous guider et nous aider tout au long de ce travail. Nous le remercions sincèrement d'avoir eu confiance en nous et de nous avoir apporté son soutien constant. Sa disponibilité et son écoute ont été précieuses pour mener à bien cette modeste étude.*

*Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à Mme **BOUDJOU S** pour l'honneur qu'elle nous a fait en présidant le jury. Nous lui adressons nos hommages les plus respectueux. Nous souhaitons également rendre un immense honneur à Mme **MEHENNI C** d'avoir accepté d'être examinateur de ce mémoire.*

*Nous souhaitons également exprimer nos remerciements à Mr **OTMANI. A** pour son suivi attentif et sa contribution au bon déroulement de notre travail. Nous sommes reconnaissants envers lui pour ses conseils précieux et ses orientations variées.*

*Nous tenons également à exprimer notre gratitude envers les **ingénieurs de laboratoire** qui ont été à nos côtés tout au long de notre stage pratique.*

*Nous souhaitons exprimer un immense merci à nos **familles** pour leur soutien permanent et indéfectible. Leur présence et leur encouragement constants nous ont permis de puiser au plus profond de nous-mêmes la force, la volonté et la persévérance nécessaires pour atteindre cet instant crucial de notre vie. Nous leur sommes infiniment reconnaissants d'avoir été à nos côtés tout au long de ce parcours.*

*Nous exprimerons humblement notre gratitude envers nos **amis**, nos **collègues** en Master 2, ainsi que tous ceux qui ont gagné de près ou de loin à la réalisation de cette œuvre.*

## **Sommaire**

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

**Introduction** ..... 01

### **Synthèse bibliographique**

#### **Chapitre I : le pollen et l'abeille**

**I.1) Le pollen d'abeille** ..... 03

I.1.1) Définition..... 03

I.1.2) Composition du pollen..... 03

I.1.3) Structure du pollen..... 03

**I.2) L'abeille** ..... 04

I.2.1) Définition ..... 04

I.2.2) Classification ..... 04

I.2.3) Morphologie de l'abeille..... 05

A) Morphologie externe de l'abeille..... 05

A.1) Les pattes des abeilles..... 05

A.1.1) Les pattes antérieures ..... 05

A.1.2) Les pattes médianes ..... 06

A.1.3) Les pattes postérieures ..... 07

**I.3) Relation entre l'abeille et les plante** ..... 07

**I.4) Récolte du pollen** ..... 08

**I.5) Les bienfaits du pollen** ..... 08

**I.6) Compostions chimiques et activités biologiques du pollen** ..... 09

#### **Chapitre II : stress oxydatif et antioxydants**

**II.1) Le stress oxydatif** ..... 10

II.1.1) Définition ..... 10

II.1.2) Les ROS..... 10

<b>II.2) Oxydation et antioxydants</b> .....	11
II.2.1) Oxydation .....	11
II.2.2) Antioxydants.....	11
A) Les antioxydants primaires (radicalaires ou vrais) .....	11
B) Les antioxydants secondaires (préventifs).....	11
II.2.3) Composés phénolique totaux.....	12
A) Définition.....	12
B) Activités biologiques .....	12
C) Structure.....	12
II.2.4) Flavonoïdes.....	13
A) Définition.....	13
B) Activités biologiques .....	13
C) Structure.....	13
<b>II.3) Origine du stress oxydatif</b> .....	14
<b>II.4) Conséquence du stress oxydatif</b> .....	14
<b>II.5) Maladies associées au stress oxydant</b> .....	14

### **Chapitre III : Matériel et méthode**

<b>III.1) Échantillonnage</b> .....	16
<b>III.2) Préparation des extraits éthanolique du pollen</b> .....	17
III.2.1 les extraits de pollen .....	17
<b>III.3) Analyse biochimiques</b> .....	17
III.3.1) dosage des protéines.....	17
<b>III.4) Dosage des antioxydants</b> .....	18
III.4.1) dosage des composées phénolique totaux .....	18
III.4.2) dosage des flavonoïdes.....	18
<b>III.5) Activités antioxydantes</b> .....	18
III.5.1) Test Pouvoir réducteur .....	18
III.5.2) Test Phosphomolybdate .....	19
III.5.3) Test FRAP.....	19
III.5.4) Test DPPH.....	20
III.4.5) Test ABTS.....	20

<b>III.6) Analyses statistiques.....</b>	<b>21</b>
--	-----------

## **Chapitre IV : résultats et discussion**

<b>IV.1) Résultats obtenus des différents paramètres....</b>	<b>22</b>
<b>IV.2) Analyses biochimiques .....</b>	<b>23</b>
IV.2.1) teneur en protéines.....	23
<b>IV.3) teneurs en Antioxydants.....</b>	<b>24</b>
IV.3.1) teneur en composés phénolique totaux .....	24
IV.3.2) teneur en Flavonoïdes .....	24
<b>IV.4) Tests Antioxydants .....</b>	<b>25</b>
IV.4.1) Test Pouvoir réducteur .....	25
IV.4.2) Test Phosphomolybdate .....	26
IV.4.3) Test Frap .....	26
IV.4.4) Test DPPH .....	27
IV.4.5) Test ABTS .....	28
<b>IV.5) Corrélations et analyses multivariées .....</b>	<b>29</b>
IV.5.1) Corrélations .....	29
IV.5.2) Analyse en composante principale (ACP).....	30
<b>Conclusion.....</b>	<b>31</b>
<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>32</b>
<b>Annexes</b>	

## Liste des tableaux

<b>Tableau I</b> : Compositions chimiques et activités biologiques du pollen.....	09
<b>Tableau II</b> : Régions et date de récolte des échantillons du pollen.....	16
<b>Tableau III</b> : Résultats obtenus des différents tests .....	22
<b>Tableau IV</b> : Corrélations des analyses physico-chimiques, teneurs en antioxydant et activités antioxydantes des échantillons du pollen .....	29

## Liste des figures

<b>Figure 01</b> : photographie au microscope électronique à balayage d'un pollen d'abeille...	03
<b>Figure 02</b> : structure d'une graine du pollen d'abeille.....	04
<b>Figure 03</b> : une abeille qui porte une pelote du pollen .....	05
<b>Figure 04</b> : les principales parties de la patte antérieures chez l'abeille .....	06
<b>Figure 05</b> : la patte médiane chez l'abeille.....	06
<b>Figure 06</b> : la patte postérieure chez l'abeille .....	07
<b>Figure 07</b> : Trappes à pollen.....	08
<b>Figure 08</b> : Sources et effets des ROS.....	10
<b>Figure 09</b> : Structure de Quelques composés phénoliques.....	12
<b>Figure 10</b> : Structures de l'enchaînement benzo- $\gamma$ -pyron.....	13
<b>Figure 11</b> : 05 échantillon de pollen de différentes régions .....	16
<b>Figure 12</b> : Les différents extraits de pollen.....	17
<b>Figure 13</b> : Représentation graphique des valeurs de teneur en protéines des échantillons du pollen étudié .....	23
<b>Figure 14</b> : Représentation graphique des valeurs de teneur en CPT des échantillons du pollen étudié .....	24
<b>Figure 15</b> : Représentation graphique des valeurs de teneur en Flavonoïdes des échantillons du pollen étudié .....	25
<b>Figure 16</b> : Représentation graphique des valeurs du pouvoir réducteur des échantillons du pollen étudié .....	25
<b>Figure 17</b> : Représentation graphique des valeurs du phosphomolybdate des échantillons du pollen étudié .....	26
<b>Figure 18</b> : Représentation graphique des valeurs du test FRAP des échantillons du pollen étudié .....	27
<b>Figure 19</b> : Représentation graphique des valeurs du test anti-radicalaire DPPH des échantillons du pollen étudié.....	27

**Figure 20 :** Représentation graphique des valeurs du pouvoir anti-radicalaire ABTS des échantillons du pollen étudié.....28

**Figure 21 :** Graphique d'analyse en composantes principales (ACP) des paramètres physico-chimiques, teneurs en antioxydants et activités antioxydantes des échantillons du pollen.30

## Liste des abréviations

**Abs** : Absorbance

**Abs C** : Absorbance de Control

**Abs E** : Absorbance d'Echantillon

**ABTS** : 2,2-azobis-ethylbenzothiazoline-6-sulphonique

**ACP** : Analyse en composantes principales

**ADN** : Acide Désoxyribose Nucléique

**AlCl<sub>3</sub>** : Trichlorures d'aluminium

**ANOVA** : Analyse de la variance

**BSA** : Bovine Sérum Albumine

**CPT** : Composé phénolique totaux

**DPPH** : 2,2-diphényle -1-picrylhydrasyl

**EC** : Equivalents de catéchine

**EGA** : Equivalents d'acide gallique

**EQ** : Equivalents de quercétine

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

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

**FeCl<sub>3</sub>** : Chlorure Ferrique

**Flav**: flavonoïdes

**FRAP**: Ferric reducing antioxydant power

**LDL**: low density lipoprotéin

**MOLYB**: Phosphomolybdate

**Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>** : Carbonate de Sodium

**NaNO<sub>2</sub>** : Nitrite de sodium,

**NaOH** : Hydroxyde de sodium

**P. RED** : pouvoir réducteur

**P** : Pollen

**P53** : protéine 53

**PH** : potentiel d'hydrogène

**PROT** : protéine

**r** : Coefficient de corrélation

**ROS** : espèce réactive de l'oxygène

**TCA** : acide trichloracétique

**UV** : ultraviolet

# *Introduction*

Le pollen d'abeille est largement reconnu comme ayant un potentiel pour des applications médicales ou nutritionnelles depuis les temps anciens. Des études antérieures ont montré que les femmes qui incluaient du pollen d'abeille dans leur alimentation traditionnelle maintenaient leur santé, leur beauté et leur corps robuste (**Li et al., 2018**).

Le pollen collecté par les abeilles suscite un intérêt croissant en tant qu'aliment fonctionnel en raison de sa teneur élevée en composés bioactifs. Avec sa richesse en acides aminés essentiels, antioxydants, vitamines et lipides, il est devenu un sujet d'attention majeur dans le domaine de la nutrition (**Conte et al., 2016**).

Afin de contextualiser l'étude de la collecte de pollen par les abeilles et lui donner toute sa signification, il est impératif de l'envisager dans le cadre plus vaste de la vie de la ruche. Les mouvements de collecte qui conduisent à la formation de pelotes de pollen ne peuvent être compris qu'en relation avec le fonctionnement global de la colonie. Bien que nous ayons essayé de le faire, il est néanmoins nécessaire de se limiter et de s'appuyer sur la riche littérature apicole pour de nombreux aspects des problèmes soulevés par la collecte et l'utilisation du pollen dans la ruche des abeilles (**Louveaux, 1958**).

Le stress oxydatif joue un rôle crucial dans le développement de nombreuses maladies humaines. Lorsqu'il n'est pas équilibré par des systèmes antioxydants adéquats, il peut contribuer à la progression de maladies chroniques telles que les maladies cardiovasculaires, le diabète, les maladies neurodégénératives comme la maladie d'Alzheimer et de Parkinson, ainsi que certains types de cancer (**Tan et al., 2018**).

L'objectif de cette étude est de fournir des informations préliminaires sur le pollen en comparant différents échantillons récoltés dans les régions de bejaïa et en explorant ses propriétés physico-chimiques ainsi que son potentiel antioxydant. Ces résultats pourraient avoir des implications importantes dans divers domaines, tels que la santé humaine, la nutrition, la pharmacologie et la recherche environnementale. En comprenant mieux les caractéristiques et les variations du pollen, nous pouvons également mieux comprendre son rôle dans la biodiversité, la reproduction des plantes et les interactions écologiques.

Quelles sont les variations physico-chimiques et les activités antioxydantes des échantillons de pollen sélectionnés, et quelles implications ces variations peuvent-elles avoir sur leur efficacité en tant qu'agents antioxydants et protecteurs contre le stress oxydatif ?

*Synthèse*

*Bibliographique*

# *Chapitre I*

*Le pollen et l'abeille*

## I.1) Le pollen d'abeille

### I.1.1) Définition

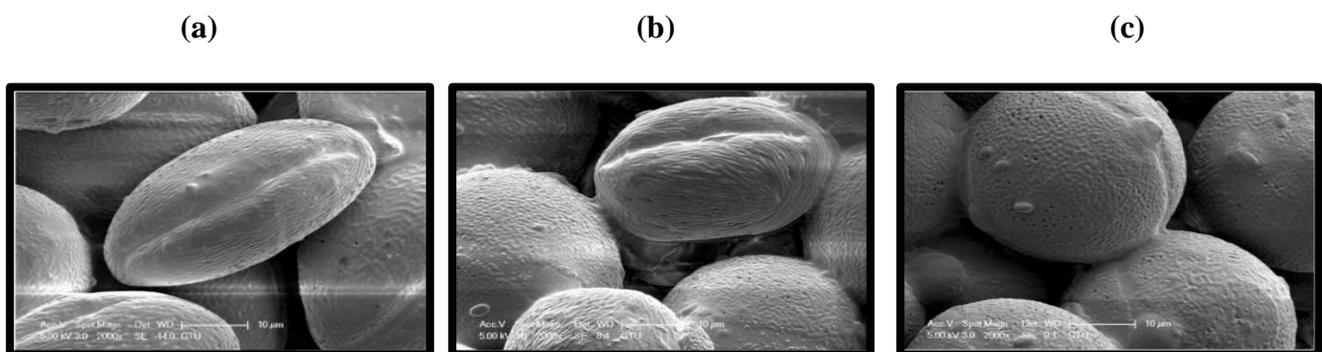
Le pollen d'abeille est connu sous le nom de « poussière vivifiante » car il est formé par la combinaison de pollens de fleurs avec du nectar et des substances salivaires des abeilles (Almeida-Muradian *et al.*, 2005).

Le pollen constitue une source de nourriture pour les abeilles. Les abeilles nourrices sont les principales consommatrices, elles produisent une gelée à partir du pollen qu'elles ingèrent dans leurs glandes alimentaires pour nourrir les larves. Les abeilles adultes consomment également du pollen (Conte *et al.*, 2016).

### I.1.2) Compositions du pollen

Le pollen collecté par les abeilles est de plus en plus prisé en tant qu'aliment fonctionnel pour la consommation humaine, en raison de sa richesse en composés bioactifs tels que les acides aminés essentiels, les antioxydants, les vitamines et les lipides, Chaque type de pollen a des caractéristiques nutritionnelles spécifiques qui reflètent son origine botanique (Conte *et al.*, 2016).

### I.1.3) Structure du pollen

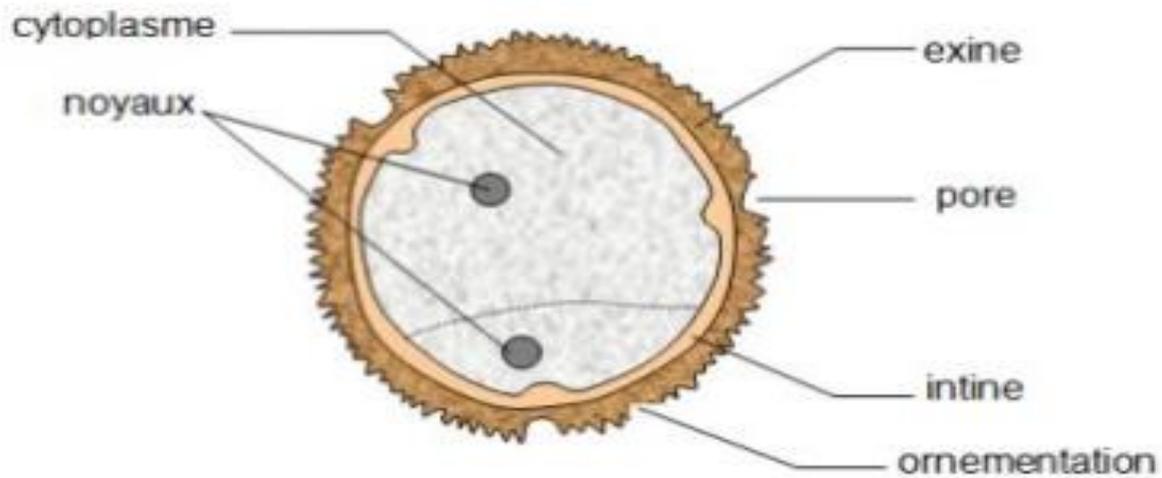


**Figure 01 : Photographies au microscope électronique à balayage d'un pollen d'abeille, Grossissement x 2000 (Isik *et al.*,2021).**

**a :** la structure du pollen à l'état frais.

**b :** la structure du pollen a l'état séché au micro-ondes à un niveau de puissance de 360w.

**c :** la structure du pollen a l'état séché au micro-ondes à un niveau de puissance de 900w.



**Figure 02 : structure d'une graine du pollen d'abeille (Piffanelli et *al.*,1998)**

## **I.2) L'abeille**

### **I.2.1) Définition**

Les abeilles sont des insectes sociaux qui vivent en colonies organisées, dirigées par une reine, Ce sont des pollinisateurs essentiels pour les écosystèmes terrestres et l'agriculture. Elles contribuent de manière prépondérante à la reproduction des plantes, Leur impact économique dans l'agriculture mondiale est estimé à 117 milliards de dollars Américain. En plus de leur rôle de pollinisation, les abeilles domestiques ont d'autres avantages, tels que la production de miel, de propolis et de gelée royale, ainsi que le maintien de la diversité génétique et leur utilité en tant que bio indicateurs. Leur comportement social en fait également un modèle biologique important (**Haubruge et *al.*,2006**).

### **I.2.2) Classification**

Selon **Ravazzi (2003)** La classification de l'abeille domestique est comme suit :

Règne : Animal.

Embranchement : Arthropodes.

Classe : Insectes.

Ordre : Hyménoptères.

Famille : Apidés.

Genre : Apiaires.

Espèce : Apis mellifera.

### I.2.3) Morphologie de l'abeille



**Figure 03 : une abeille qui porte une pelote du pollen (Photo originale).**

#### **A) Morphologie externe de l'abeille**

La morphologie de l'abeille est assez complexe.

##### **A.1) Les pattes des abeilles**

Les abeilles ont trois paires de pattes pour se déplacer sur différentes surfaces et pour effectuer plusieurs tâches, comme la collecte et le transport de pollen et de propolis, la construction de rayons et la manipulation de la cire. Les pattes des ouvrières ont une forme différente de celles des mâles et de la reine. (Pasteels 1973)

##### **A.1.1) Les pattes antérieures**

Chaque paire de pattes des abeilles est attachée à un segment thoracique distinct. Les pattes sont composées de cinq parties distinctes : la hanche (ou coxa), le trochanter, le fémur, le tibia et le tarse.

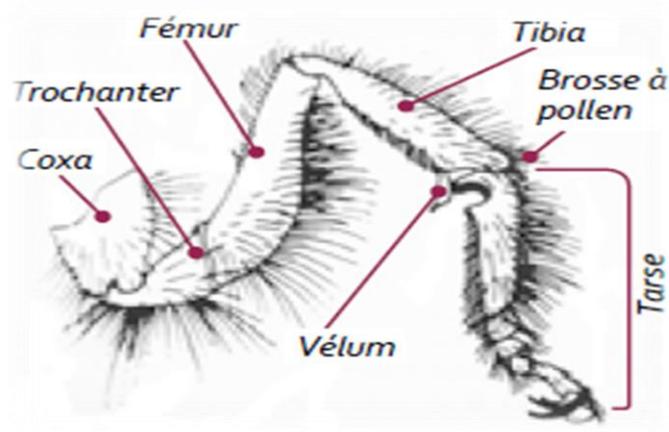


Figure 04 : les principales parties de la patte antérieure chez l'abeille (Tautz et *al.*, 2009).

#### A.1.2) Les pattes médianes

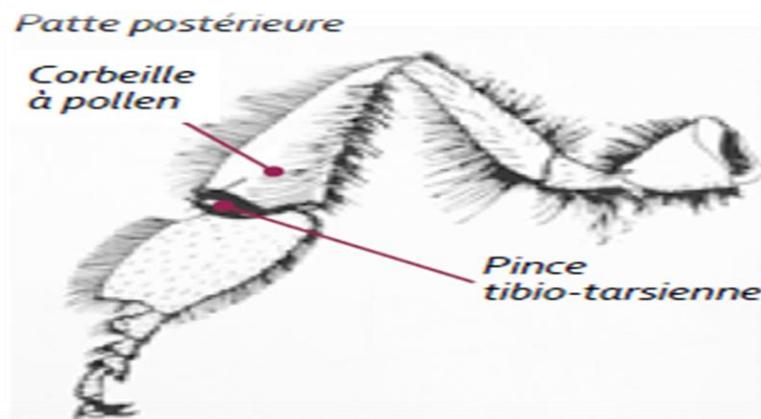
Les pattes médianes (deuxième paire) des abeilles sont également recouvertes de poils. Elles n'ont pas d'outils spécifiques et certaines études effectuées qu'elles sont utilisées pour nettoyer le thorax et transférer le pollen enregistré de l'avant vers les pattes postérieures grâce à une brosse à pollen.



Figure 05 : La patte médiane chez l'abeille (Tchuenguem Fohouo et *al.*, 2002).

### A.1.3) Les pattes postérieures

Les pattes postérieures (troisième paire) des abeilles sont spécialement adaptées pour la collecte de pollen. La partie la plus visible est la corbeille à pollen, située sur la face externe de chaque tibia. Elle est bordée de poils doux et est équipée d'un poil plus rigide sur lequel le pollen peut adhérer. L'articulation entre le tibia et le tarse est d'une pince tibio-tarsienne qui permet de comprimer le pollen avant de le placer dans la corbeille à pollen. La partie de cette pince située sur le tibia est recouverte de poils durs qui forment une brosse à pollen, tandis que la partie opposée, située sur le tarse, est appelé poussoir à pollen.



**Figure 06 : la patte postérieure chez l'abeille (Rozen et Mcgingley, 1974).**

### **I.3) Relation entre l'abeille et les plantes**

Dans les interactions complexes entre les abeilles et les plantes, la collecte du pollen revêt une importance cruciale. En effet, cette collecte est étudiée avec attention sous les angles quantitatif et qualitatif. Les choix proposés par les abeilles parmi les différentes espèces florales sont conditionnés par des stimuli sensoriels, des facteurs liés à leur nutrition et des facteurs génétiques. Par conséquent, l'étude du comportement de collecte du pollen est étroitement associée à celle de la pollinisation. Les abeilles peuvent d'ailleurs être utilisées comme des indicateurs biologiques grâce aux pollens qu'elles récoltent, ce qui en fait des acteurs majeurs dans les écosystèmes.

Nous avons tous une connaissance intuitive des relations entre les abeilles et les plantes, symbolisées par l'image de la fleur butinée par l'abeille et la production de miel, qui peut être perçue comme un produit animal ou végétal. Cependant, cette vision simpliste dissimule une

réalité complexe. En effet, deux mondes en apparence très différents, celui des végétaux et celui des insectes, participent en réalité à une symbiose vaste et complexe. L'insecte assure un service primordial, celui de transporter les grains de pollen, tandis qu'il reçoit en retour sa source de nourriture. Cette interdépendance entre les deux règnes est essentielle pour la survie de nombreuses espèces végétales et animales (Louveaux, 1990).

#### **I.4) Récolte du pollen**

Les pelotes de pollen, qui sont des masses compactes de pollen que les abeilles utilisent pour nourrir leur couvée, ont été obtenues en utilisant des trappes à pollen d'un modèle classique. Ces pièges à pollen sont placés à l'entrée des ruches et permettent de récupérer une quantité importante de pollen produite par les abeilles au cours de leurs activités de butinage. Cette méthode de collecte permet aux apiculteurs et aux scientifiques d'analyser la composition du pollen et de mieux comprendre les interactions entre les abeilles et leur environnement floral (Telleria, 1993).



**Figure 07 : Trappes à pollen (Lavie et Fresnaye 1963)**

Les amas de pollen ont été étalés sur des surfaces planes et séchés pendant 24 à 48 heures à température ambiante pour réduire la teneur en eau et empêcher la fermentation. Ensuite, ils ont été conservés dans des conditions optimales pour préserver leur qualité et leur valeur nutritive, avant d'être utilisés pour des analyses ou transformés en compléments alimentaires (Telleria, 1993).

#### **I.5) Les bienfaits du pollen**

Le pollen d'abeille est considéré comme un excellent complément alimentaire, offrant des bienfaits pour la santé humaine grâce à ses valeurs nutritionnelles et sa capacité à réguler certaines fonctions biochimiques au niveau moléculaire.

La prise régulière de pollen d'abeille est bénéfique pour atténuer les réactions indésirables pendant la régénération et la radiothérapie.

Des études ont montré qu'un régime alimentaire supplémenté en pollen d'abeille renforce les muscles et améliore l'état corporel chez les humains (Li *et al.*, 2018).

#### I.6) Compositions chimiques et activités biologiques du pollen

**Tableau I : Compositions chimiques et activités biologiques du pollen (Komosinska Vassev *et al.*, 2015).**

<b>Compositions chimiques</b>	<b>Activités biologiques</b>
Le pollen est un produit végétal riche en substances biologiquement actives, comprenant environ 200 substances différentes provenant de diverses espèces végétales, telles que des protéines, des acides aminés essentiels, des glucides, des lipides, des composés phénoliques, des enzymes, des vitamines et des bioéléments.	Le pollen a été étudié sur des animaux et a montré des effets hypolipémiants en réduisant les lipides sanguins. Des études cliniques ont confirmé ces effets, montrant une diminution de 20 à 35% des lipides dans le sang des patients. Le pollen a également été utilisé avec succès dans le traitement de l'hyperlipidémie, de l'athérosclérose, des problèmes de vision et des troubles de la circulation sanguine, y compris l'hypertension artérielle. De plus, de faibles doses de pollen chez les personnes âgées peuvent aider à prévenir les maladies vasculaires et à améliorer la circulation cérébrale.

*Chapitre II*

*Stress oxydatif et*

*antioxydant*

## II.1) Le stress oxydatif

### II.1.1 Définition

Le stress oxydatif est défini comme un déséquilibre entre la production de radicaux libres et de métabolites réactifs, appelés oxydants ou espèces réactives de l'oxygène (ROS), et leur élimination par des mécanismes protecteurs, appelés antioxydants. Ce déséquilibre entraîne des dommages aux biomolécules et aux cellules importantes, avec un impact potentiel sur l'ensemble de l'organisme (Reuter *et al.*,2010).

### II.1.2) Les ROS

Les ROS sont des espèces réactives de l'oxygène qui sont produites de manière naturelle par le métabolisme cellulaire et qui jouent un rôle crucial dans la stimulation des voies de signalisation dans les cellules végétales et animales en réponse aux changements des conditions environnementales à l'intérieur et à l'extérieur de la cellule, La plupart des ROS sont produits dans les cellules par la chaîne respiratoire mitochondriale (Reuter *et al.*,2010).

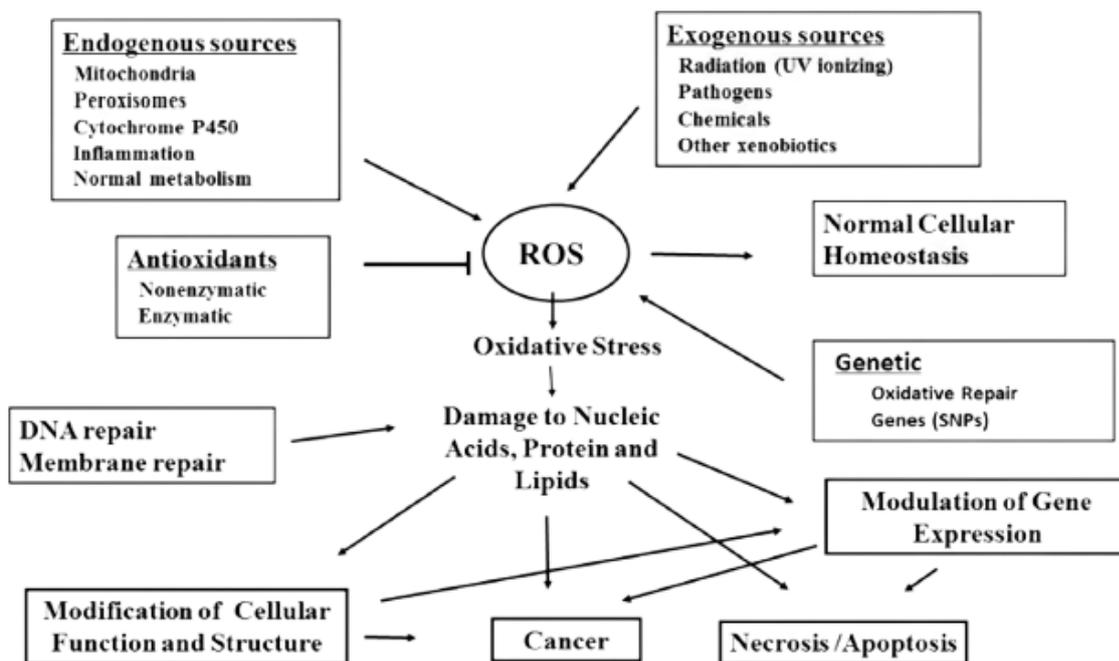


Figure 08 : Sources et effets des ROS (Klaunig, 2018).

## **II.2) Oxydation et antioxydants**

### **II.2.1) Oxydation**

L'oxydation est un processus qui peut causer la corrosion des métaux, le flétrissement des légumes et des fruits, ainsi que le rancissement des graisses, altérant le goût et la couleur des aliments. Bien que notre corps possède des mécanismes de défense contre l'oxydation, ceux-ci peuvent être dépassés en cas d'exposition à la fumée de tabac, à la pollution, au soleil, à un effort physique intense, etc. se produire en cas de stress ou de mauvaise alimentation, ce qui peut causer des dommages, L'oxydation est donc un processus préjudiciable (**Rolland,2004**).

### **II.2.2) Antioxydants**

Les antioxydants sont des substances qui empêchent l'oxydation des composés et sont essentiels pour prévenir la dégradation des aliments sensibles à l'oxydation (**Heš et al.,2019**).

On distingue deux catégories d'antioxydants

#### **A) Les antioxydants primaires (radicalaires ou vrais)**

Les antioxydants interrompent une réaction en chaîne auto catalytique en réagissant avec les radicaux libres et en formant des radicaux plus stables. Cette stabilisation est souvent due à la transformation des radicaux en composés non-radicaux (**Judde ,2004**).

#### **B) Les antioxydants secondaires (préventifs)**

Sont des préjudiciables en inhibant la production de radicaux libres. Ce sont des substances qui décomposent les hydroperoxydes en alcools, les thiols tels que le glutathion et les acides aminés soufrés, ainsi que les disulfures. Ils contiennent également comme des protecteurs contre les rayons UV, tels que les carotènes, et comme des agents chélatants pour les métaux promoteurs d'oxydation tels que le fer et le cuivre, comme l'acide citrique et les lécithines (**Rolland, 2004**).

### II.2.3) Composés phénolique totaux

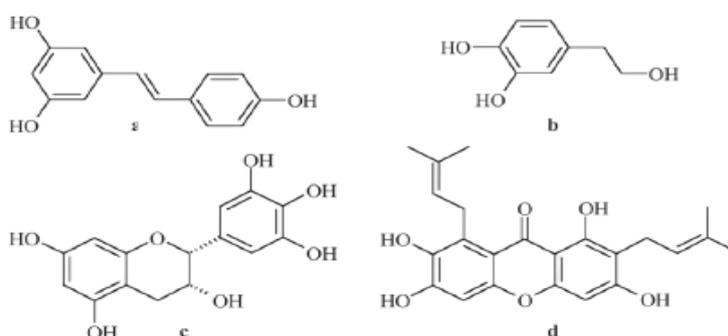
#### A) Définition

Les composés phénoliques sont des éléments présents naturellement dans les fruits, les légumes, les graines, les fleurs et les herbes. Ils sont responsables de la couleur et des propriétés sensorielles, telles que l'amertume et l'astringence, dans les aliments et les boissons. Ils jouent également un rôle dans l'enrichissement des vins avec différents arômes, en tant que précurseurs des phénols volatils. En outre, ces composés sont impliqués dans des réactions de brunissement du vin et sont considérés comme essentiels pour la conservation et le vieillissement des produits (Ojeil et *al.*, 2010).

#### B) Activités biologiques

Plusieurs études ont montré que les composés phénoliques ont des activités biologiques liées à leurs propriétés antioxydantes et anti radicalaires. Les hydrogènes phénoliques ont la capacité de piéger les radicaux libres oxygénés, tels que les radicaux peroxydes, alkoxyles, super oxydes et hydroxyles, qui sont générés en permanence dans notre corps ou en réponse à des agressions de notre environnement, comme la cigarette, la pollution et les infections. Les composés phénoliques contiennent en tant qu'antioxydants naturels pour lutter contre les dommages causés par l'oxygène, qui sont à l'origine d'un grand nombre de maladies. Cela suscitera un intérêt croissant pour leur utilisation dans la prévention et le traitement du cancer, des maladies inflammatoires (Daas Amieur et *al.*, 2014).

#### C) Structure



**Figure 09: structure de Quelques composés phénoliques (Hennebelle et *al.*, 2004).**

- (a) Le resvératrol du raisin.
- (b) L'hydroxytyrosol de l'olive.
- (c) L'épicatéchine, une proanthocyanidine du thé vert.
- (d) La mangostine, une xanthone du mangoustanier.

#### **II.2.4) Flavonoïdes**

##### **A) Définition**

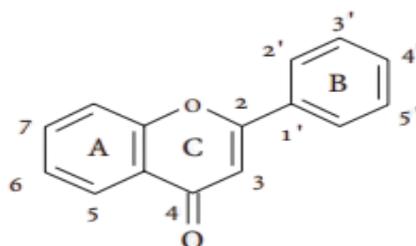
Les flavonoïdes sont des composés largement répandus dans le règne végétal et se retrouvent fréquemment dans une variété de sources alimentaires, notamment les fruits, les légumes et certaines boissons comme le vin et le thé. Ils sont abondamment présents dans de nombreux végétaux, contribuant ainsi à leur coloration et à leur saveur caractéristique (Panche et al., 2016).

##### **B) Activités biologiques**

Les flavonoïdes sont réputés pour leurs propriétés bioactives et leurs effets bénéfiques sur la santé. Ils ont apporté comme des antioxydants, aidant à neutraliser les radicaux libres et à protéger les cellules contre les dommages oxydatifs. De plus, les flavonoïdes ont été associés à des effets anti-inflammatoires, antimicrobiens et anticancéreux potentiels. Ils jouent également un rôle dans la pigmentation des plantes, notamment en donnant des couleurs vives aux fleurs et aux fruits (Fiorucci., 2006).

##### **C) Structure**

Les flavonoïdes sont tous dérivés de la structure de base appelée benzo- $\gamma$ -pyrone. Ils peuvent être classés en fonction des différents substituants présents sur les cycles moléculaires et du degré de saturation du squelette benzo- $\gamma$ -pyrone.



**Figure 10 : Structures de l'enchaînement benzo- $\gamma$ -pyrone (Ghedira., 2005).**

### II.3) Origine du stress oxydatif

La découverte de radicaux libres dans notre corps a changé notre compréhension des processus biologiques. Ces produits radicalaires sont naturellement à faible dose et sont bénéfiques à notre corps, mais une production excessive peut être dangereuse. Pour se protéger de ces excès, notre corps utilise différents systèmes antioxydants. En temps normal, la production de radicaux libres est contrôlée, mais si cet équilibre antioxydants/pro oxydants est rompu, cela peut causer un "stress oxydant". Cette rupture d'équilibre peut avoir plusieurs causes telles que l'exposition à des métaux lourds, la carence en antioxydants dans notre alimentation, ou des anomalies génétiques. Ces facteurs combinés peuvent provoquer un stress oxydant spécifique à certains tissus ou types de cellules (**Favier, 2003**).

### II.4) Conséquence du stress oxydatif

La surproduction de radicaux libres entraîne des dommages directs aux molécules biologiques, telles que l'oxydation de l'ADN, des protéines, des lipides et des glucides. En outre, elle provoque la libération de métabolites cytotoxiques et mutagènes lors de l'oxydation des lipides, ce qui entraîne des dommages secondaires. L'organisme peut réagir à ces composés anormaux en produisant des anticorps, mais malheureusement, ceux-ci peuvent également devenir des auto-anticorps, ce qui crée une troisième vague de dommages chimiques (**Sies, 2014**).

### II.5) Maladies associées au stress oxydant

Le stress oxydatif est impliqué dans de nombreuses maladies en tant que déclencheur ou associé à des complications. Les conséquences médicales de ce stress varient en fonction des tissus et des types cellulaires spécifiques, des espèces radicalaires impliquées, ainsi que d'autres facteurs variables et anomalies génétiques propres à chaque individu. Les maladies induites par le stress oxydatif sont souvent liées au vieillissement, car les défenses antioxydantes diminuent et la production de radicaux mitochondriaux augmente avec l'âge (**Anna et al., 2016**).

Le stress oxydatif joue un rôle majeur dans plusieurs maladies, telles que le cancer, la cataracte, la sclérose latérale amyotrophique, le syndrome de détresse respiratoire aiguë, l'œdème pulmonaire et le vieillissement accéléré. Il est lié au cancer, car les radicaux libres

participent à l'activation des pro carcinogènes, endommagent l'ADN, amplifient les signaux de prolifération et inhibent les gènes suppresseurs de tumeurs tels que p53 (**Favier, 2003**).

Le stress oxydatif est également un facteur contribuant à l'apparition de maladies multifactorielles telles que le diabète, la maladie d'Alzheimer, les rhumatismes et les maladies cardiovasculaires. Dans la formation de la plaque d'athérome, l'oxydation des LDL joue un rôle clé en transformant les monocytes en cellules spumeuses. Le stress oxydatif est également impliqué dans d'autres facteurs athérogènes tels que la résistance à l'insuline, l'activation des cellules endothéliales libérant des médiateurs prooxydants, la prolifération des fibres lisses, et l'homocystéine, récemment identifiée comme un facteur de risque (**Sosa et al., 2013**).

# *Chapitre III*

## *Matériel et méthodes*

### III.1) Échantillonnage

Le tableau suivant représente une collection des échantillons de pollen récoltés dans différentes régions de Bejaia, mettant en lumière la couleur et la date de récolte qui témoignent de la richesse botanique de notre environnement.

**Tableau II : Régions et date de récolte des échantillons du pollen.**

Identifiant	Région de récolte	Date de récolte	Couleur
P1	Akfadou	Avril 2023	Jaunâtre
P2	Aokas		
P3	Merdj ouaman		
P4	Timezrith		
P5	Toudja		



P1

P2

P3

P4

P5

**Figure 11 : 05 échantillon de pollen de différentes régions.**

## III.2) Préparation des extraits éthanolique du pollen

### III.2.1 les extraits de pollen

On a pesé une quantité de 0.5g du pollen et on le dissout dans un volume de 70 ml de notre solution éthanolique de 80% suivi d'une agitation pendant 02 heures puis filtrer le mélange à l'aide d'un papier filtre.



Figure 12 : Les différents extraits de pollen

## III.3) Analyses biochimiques

### III.3.1) dosage des protéines

Le dosage de la teneur des protéines est basé sur une méthode pour déterminer les protéines qui utilisent la liaison du colorant Comassie Brillant Blue G-250, qui permet de déterminer les protéines en se liant aux acides aminés constituant la protéine, suivie de la mesure de l'absorption à 595 nm. Cette méthode est rapide, reproductible et une bonne stabilité de la couleur(**Bradford1976**).

Avec quelque modification du protocole on a pris le milieu réactionnel contient 100 $\mu$ l d'extrait de pollen et on a ajouté 1ml de réactif de Bradford.

Après incubation et homogénéisation l'absorbance est lu à 595 nm, la BSA est utilisée comme standard pour effectuer la courbe d'étalonnage et les résultats sont exprimés en mgEBSA/g de pollen.

### **III.4) Dosage des antioxydants**

#### **III.4.1) dosage des composés phénolique totaux**

Le dosage des polyphénols totaux a été réalisé à l'aide d'une méthode spectrophotométrique, permettant ainsi d'estimer la quantité globale de différents composés phénoliques présents dans les échantillons analysés (**Pawlowska et al., 2006**).

En se basant sur **Naithani et al. (2006)**, des modifications ont été apportées au protocole dans laboratoire pour évaluer la teneur en composés phénoliques totaux (CPT) selon la procédure suivante :

100 µl d'extrait de pollen ont été mélangés avec 1,75 ml d'une solution de carbonate de sodium Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> à 2% et 100 µl du réactif de Folin – Ciocalteu. Après une incubation de 30 minutes à l'obscurité, l'absorbance est mesurée à une longueur d'onde de 750 nm.

#### **III.4.2) dosage des flavonoïdes**

Ce dosage est estimé par la méthode du trichlorure d'aluminium (AlCl<sub>3</sub>) ou les flavonoïdes s'oxydent par ce dernier (**Dif et al., 2015**).

Selon **Al et al. (2009)** la teneur en flavonoïdes est mesurée selon le protocole suivant :

Une quantité de 1 ml d'extrait de pollen a été mélangée avec 4 ml d'éthanol, suivie de l'ajout de 300 µl de nitrite de sodium à 5% (NaNO<sub>2</sub>). Après une incubation de 5 minutes, un volume équivalent de chlorure d'aluminium (AlCl<sub>3</sub>) à 10 % a été ajouté, suivi d'une incubation de 6 minutes. Enfin, 2 ml de soude à 1 molaire ont été ajoutés et l'absorbance a été mesurée à 510 nm.

La quercétine a été utilisé comme un standard et les résultats sont exprimés en mgEQ/g de pollen.

### **III.5) Activités antioxydantes**

#### **III.5.1) Test Pouvoir réducteur**

De nombreuses recherches ont mis en évidence une corrélation directe entre les activités antioxydantes et la puissance réductrice, telles que décrites dans une étude de (**Bentabet et al., 2014**). Cette corrélation est souvent attribuée en utilisant la méthode de réduction du fer ferrique (Fe<sup>+3</sup>) en fer ferreux (Fe<sup>+2</sup>) dans les extraits d'antioxydants (**Koula et al., 2014**).

D'après **Beretta et al. (2005)**, pour réaliser cette expérience, il faut prélever un volume de 500 µl d'extrait de pollen et le mélanger avec 1500 µl de tampon phosphate, puis ajouter

1500 µl d'hexacyanoferrate de potassium. Le mélange doit être homogénéisé et incubé à 50°C pendant 20 minutes avant d'ajouter 1500 µl d'acide trichloracétique (TCA) à 10 %.

Ensuite, il faut prélever un volume de 1250 µl du mélange, le diluer dans 1250 µl d'eau distillée et ajouter 1250 µl de chlorure ferrique (FeCl<sub>3</sub>). Le mélange doit être homogénéisé, puis l'absorbance doit être lue à 700 nm après une période d'incubation de 10 minutes.

L'acide gallique a été utilisé comme un standard et les résultats sont exprimés en mgEAG/g de pollen.

### **III.5.2) Test Phosphomolybdate**

Le test Phosphomolybdate est basé sur la réduction de l'élément molybdène présent dans l'échantillon suivi de la formation d'un complexe de phosphate de molybdène de couleur verte à un pH acide (**Tomovska et al., 2021**).

D'après l'étude menée par **Hoque et al. (2021)**, la méthode consiste à prendre un volume de 100 µl d'extrait de pollen, auquel on ajoute 1 ml du réactif de Phosphomolybdate. Le mélange a été ensuite incubé dans un bain-marie à 90°C pendant 90 minutes. Enfin, on mesure l'absorbance à 695 nm.

L'acide gallique a été utilisé comme un standard et les résultats sont exprimés en mgEAG/g de pollen

### **III.5.3) Test FRAP**

La méthode de FRAP permet d'évaluer la présence d'antioxydants dans différents échantillons, Cette méthode se base sur la capacité des antioxydants à réduire le fer ferrique Fe<sup>3+</sup> en fer ferreux Fe<sup>2+</sup>. La capacité de réduction est considérée comme l'un des mécanismes antioxydants (**Bakchiche et al., 2017**).

D'après les travaux de **Makcimovic et al. (2005)**, avec quelques adaptations en laboratoire, on prépare un échantillon en prenant 500 µl d'extrait de pollen auquel on ajoute 750 µl du réactif de FRAP. Le mélange est ensuite homogénéisé et incubé à 37°C pendant 5 minutes. La lecture de l'absorbance est réalisée à une longueur d'onde de 593 nm.

L'acide gallique a été utilisé comme un standard et les résultats sont exprimés en mgEAG/g de pollen.

### III.5.4) Test DPPH

Le DPPH est un radical à base d'azote stable couramment utilisé pour mesurer la capacité de diverses substances à piéger les radicaux libres. Si l'échantillon possède une forte capacité de piégeage de DPPH, cela indique une forte activité antioxydante. La méthode est simple et rapide car le radical DPPH est stable en forme radicale, L'activité antioxydante est équivalente en équivalent à la diminution de l'absorbance d'une solution alcoolique de DPPH à 517 nm, qui est obtenue par la réduction du radical en une forme non radicalaire DPPH-H par les donneurs d'hydrogènes dans l'échantillon (**Bakchiche et al., 2017**).

D'après **Méda et al. (2005)**, pour mesurer l'activité antioxydante de l'extrait de pollen, sur mélange 500 µl d'extrait avec 1 ml de solution DPPH. Après homogénéisation, le mélange est incubé pendant 15 minutes.

Le calcul du pourcentage de réduction du DPPH s'effectue en utilisant la formule suivante :

*Abs C : Absorbance du control.*

*Abs E : Absorbance d'échantillon.*

$$\% = ((\text{Abs C} - \text{Abs E}) / \text{Abs C}) \times 100$$

### III.4.5) Test ABTS

Cette méthode repose sur la capacité des composés à réduire le radical cation ABTS<sup>•+</sup> (acide 2,2-azinobis (3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique)). Ce radical est obtenu par oxydation de l'ABTS incolore par des composés tels que le peroxyde d'hydrogène (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) ou le persulfate de potassium (**Re et al., 1999**).

Selon **Re et al. (1999)**, pour réaliser cette expérience, il convient de prélever un volume de 100 µl d'extrait de pollen, auquel on ajoute 1 ml d'ABTS. Ensuite, l'échantillon est incubé pendant 7 minutes à température ambiante. Enfin, la mesure de l'absorbance est effectuée à une longueur d'onde de 734 nm.

Le calcul du pourcentage de réduction de l'ABTS s'effectue en utilisant la formule suivante :

*Abs C : Absorbance du control.*

*Abs E : Absorbance d'échantillon.*

$$\% = ((\text{Abs C} - \text{Abs E}) / \text{Abs C}) \times 100$$

**III.6) Analyses statistiques :**

Les résultats ont été obtenus en effectuant 3 essais pour chaque échantillon, et les moyennes, écarts-types et coefficients de corrélation ont été calculés à l'aide du programme Microsoft Office Excel 2016. Le logiciel STATISTICA 7.2 a été utilisé pour effectuer trois tests différents, notamment la matrice de corrélation, l'analyse de variance (ANOVA) pour identifier les différences significatives entre les échantillons de pollen pour chaque paramètre étudié, ainsi que des analyses multi variées telles que l'analyse en composantes principales (ACP).

# *Chapitre IV*

## *Résultats et discussion*

## IV.1) Résultats obtenus des différents paramètres

Ce tableau présente de manière concise les résultats des différents tests effectués, offrant ainsi une vue d'ensemble des performances, des mesures et des comparaisons entre les échantillons analysés

Tableau III : Résultats obtenus des différents tests.

Analyse Physico-chimique	Dosage des antioxydants			Activités Antioxydantes					
	PROT mg EBSA/g de pollen	CPT mg EAG/g de pollen	FLAV mg EQ/g de pollen	P.REDUCT mg EAG/g de pollen	MOLYBD mg EAG/g de pollen	FRAP mg EAG/g de pollen	DPPH %	ABTS %	
Akfadou	49,35±3,81 <sup>a</sup>	183,49±3,69 <sup>a</sup>	47,57±2,57 <sup>a</sup>	31,77±3,27 <sup>a</sup>	49,40±1,44 <sup>a</sup>	59,58±0,99 <sup>a</sup>	52,98±3,13 <sup>b</sup>	86,16±0,94 <sup>a</sup>	
Aokas	35,82 ±2,22 <sup>b</sup>	124,79±4,02 <sup>e</sup>	47,50±2,26 <sup>a</sup>	25,58±4,41 <sup>b</sup>	48,30±4,36 <sup>a</sup>	48,48±2,82 <sup>c</sup>	61,29±2,34 <sup>a</sup>	83,90±5,18 <sup>a</sup>	
Merdj ouaman	51,02 ±3,59 <sup>a</sup>	140,54±3,56 <sup>d</sup>	51,04±3,84 <sup>a</sup>	22,33±3,53 <sup>b</sup>	55,10±5,61 <sup>a</sup>	56,10±0,70 <sup>b</sup>	57,71±3,27 <sup>a</sup>	86,22±3,66 <sup>a</sup>	
Timezrith	43,12 ±8,29 <sup>a,b</sup>	160,73±3,12 <sup>c</sup>	50,63±1,73 <sup>a</sup>	21,51±1,05 <sup>b</sup>	45,97±7,33 <sup>a</sup>	54,66±1,71 <sup>b</sup>	43,84±0,49 <sup>c</sup>	82,85±4,19 <sup>a</sup>	
Toudja	46,72±1,29 <sup>a</sup>	174,53±5,26 <sup>b</sup>	52,07±2,06 <sup>a</sup>	24,97±3,01 <sup>b</sup>	52,43±6,98 <sup>a</sup>	51,01±0,99 <sup>c</sup>	61,93±1,07 <sup>a</sup>	85,26±3,93 <sup>a</sup>	

Les résultats représentés dans le tableau précédent réfèrent à la moyenne de chaque échantillon  $\pm$  son écart-type.

La représentation différente des lettres indique qu'il existe des différences significatives entre les 05 échantillons ou  $a > b > c > d > e$ .

## IV.2) Analyses biochimiques

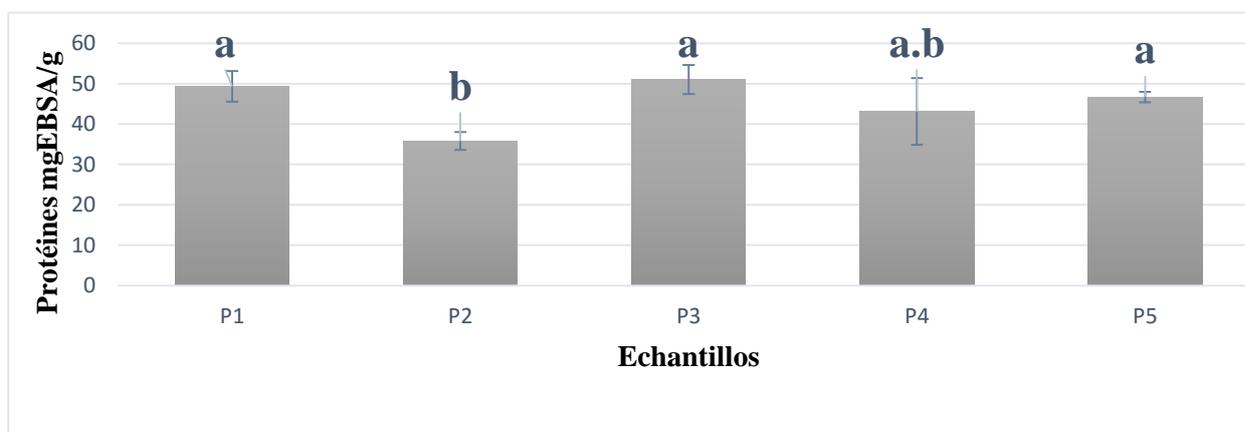
### IV.2.1) teneur en protéines

Le pollen contient également des protéines, qui représentent environ 20% de sa composition. Ces protéines sont principalement constituées d'acides aminés tels que l'hydroxy proline, la proline et les acides aminés essentiels, ainsi que des enzymes (**Blanc, 2010**).

Les résultats montrent une variation entre les échantillons, la valeur la plus élevée étant de 51,0216 mgEBSA/g de pollen et la valeur la plus basse de 35,8271 mgEBSA/g de pollen. **tableau (III), figure (13)**.

Les résultats obtenus sont nettement inférieurs aux valeurs rapportées par **Yang et al. (2013)** allant de 14 860 à 28 960 mgEBSA/100g de pollen, ainsi qu'aux résultats obtenus par **Alksandar et al. (2015)** qui varient de 14 830 à 27 250 mgEBSA/100g de pollen, Ces différences de teneurs pourraient s'expliquer par l'origine géographique et botanique du pollen étudié.

D'après l'analyse statistique, on observe que les échantillons P1, P3 et P5 ne présentent pas de différence significative ( $p < 0,05$ ), tandis que l'échantillon P2 diffère significativement des quatre autres échantillons et que l'échantillon P4 forme un nouveau groupe homogène (Annexe03).



**Figure 13 : Représentation graphique des valeurs de teneur en protéines des échantillons du pollen étudié.**

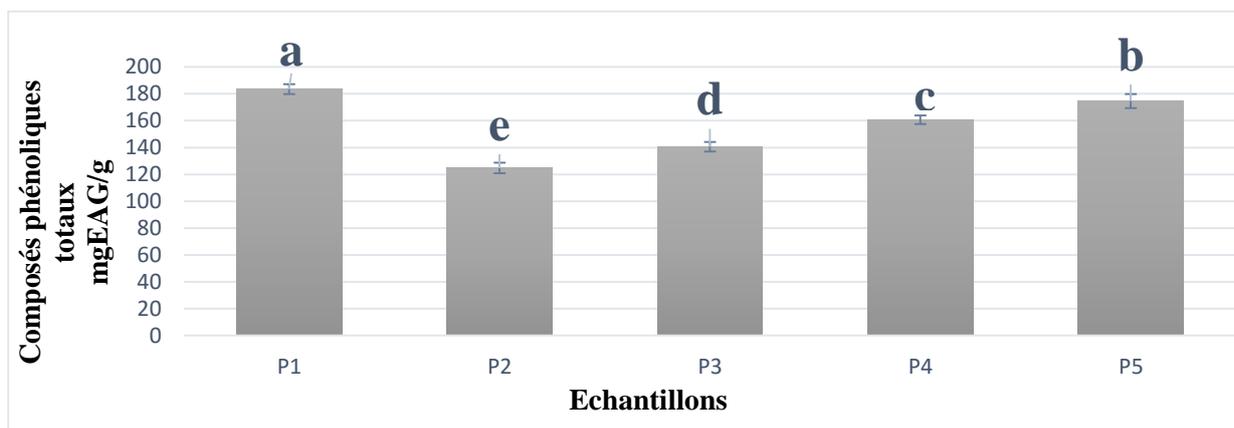
### IV.3) teneurs en Antioxydants

#### IV.3.1) teneur en composés phénolique totaux

Le dosage des composés phénolique totaux nous permet d'obtenir des valeurs qui varient entre 124.79 jusqu'à 183.49mgEAG /g de pollen, comme valeurs maximale, P1 (akfadou) enregistre la plus grande valeur tandis que P2 (aokas) enregistre la plus petite valeur, comme on peut les classer selon un ordre décroissant P1>P5>P4>P3>P2. **Tableau (III), Figure (14).**

Les résultats obtenus par notre étude sont assez supérieurs par rapport au résultat d'**Ananias et al. (2014)** ( $32,15 \pm 2,12$  mg EAG/g de pollen) et ( $18,55 \pm 0,95$  mg EAG/g de pollen).

Selon l'analyse statistique on déduit qu'il existe des différences significatives entre les 05 échantillons ( $p > 0.05$ ). (Annexe03).



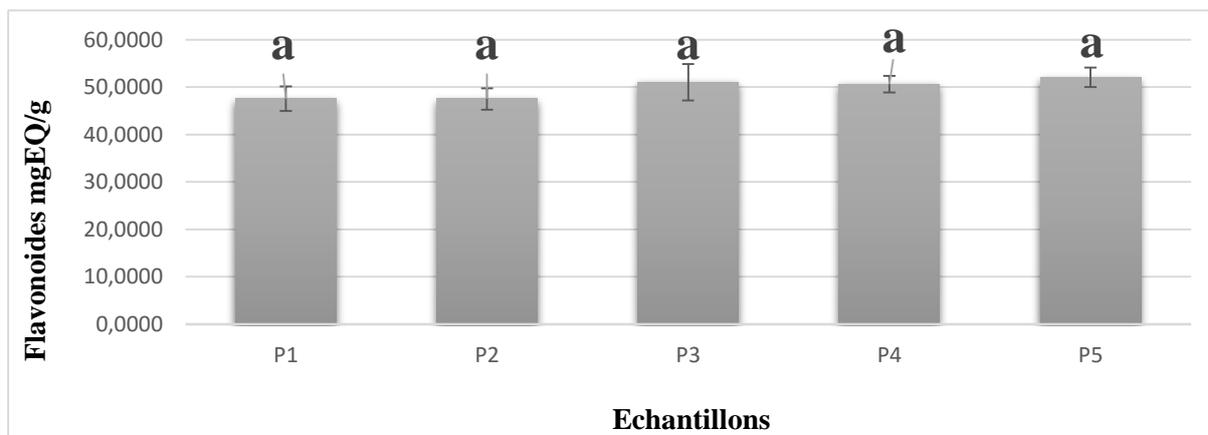
**Figure 14 : Représentation graphique des valeurs de teneur en Composés Phénoliques Totaux des échantillons du pollen étudié.**

#### IV.3.2) teneur en Flavonoïdes

Tout résultats obtenu lors de dosage des flavonoïdes sont exprimés dans le **tableau (III)** et la **figure (15)**, ou on a des valeurs qui varient entre (47,50 à 52,07 mgEQ/g de pollen) et la différence entre les concentrations est négligeable, les échantillons du pollen sont classés selon l'ordre décroissant P5>P3>P4>P1>P2.

Ainsi nos valeurs de la teneur en flavonoïdes sont plus élevées par rapport au résultat qu'**Ananias et al. (2014)** a apporté qui varie entre ( $10,14 \pm 1,57$  à  $3,92 \pm 0,68$  mg EQA/g de pollen).

Selon l'analyse statique on déduit qu'il existe aucune différence significative entre les 05 échantillons ( $p < 0.05$ ). (Annexe 03).



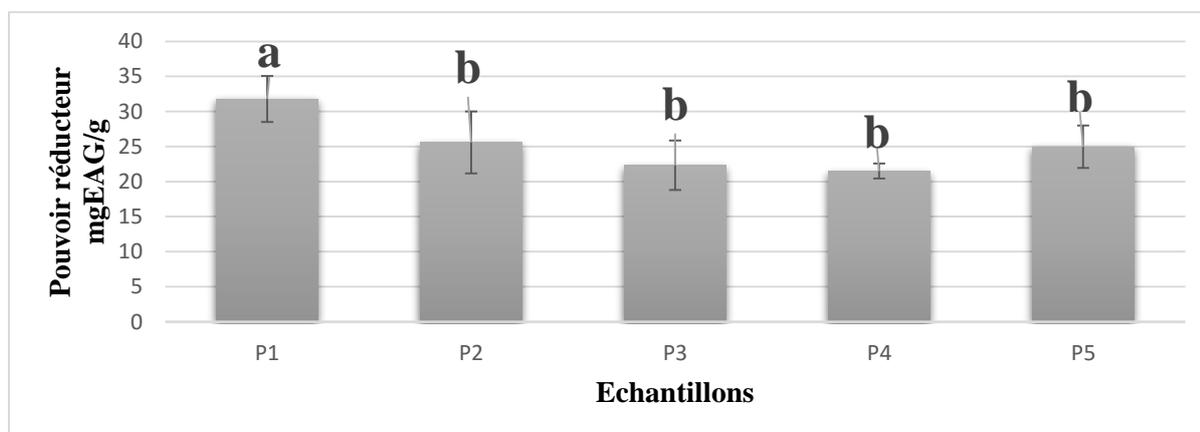
**Figure 15 : Représentation graphique des valeurs de teneur en Flavonoïdes des échantillons du pollen étudié.**

#### IV.4) Tests Antioxydants

##### IV.4.1) Test Pouvoir réducteur

Les résultats du pouvoir réducteurs des échantillons sont représenté dans le **tableau (III)** et la **figure (16)**, ou on trouve les valeurs qui varient entre 21,51 à 31,77 mgEAG/g de pollen et on peut classer les échantillons selon un ordre décroissant  $P1 > P2 > P5 > P3 > P4$ .

Selon l'analyse statique on déduit que l'échantillon P1 diffère significativement des autres 04 échantillons ( $p > 0.05$ ) et ces derniers (P2, P3, P4, P5) ne présentent aucune différence significative entre eux ( $p < 0.05$ ). (Annexe03).

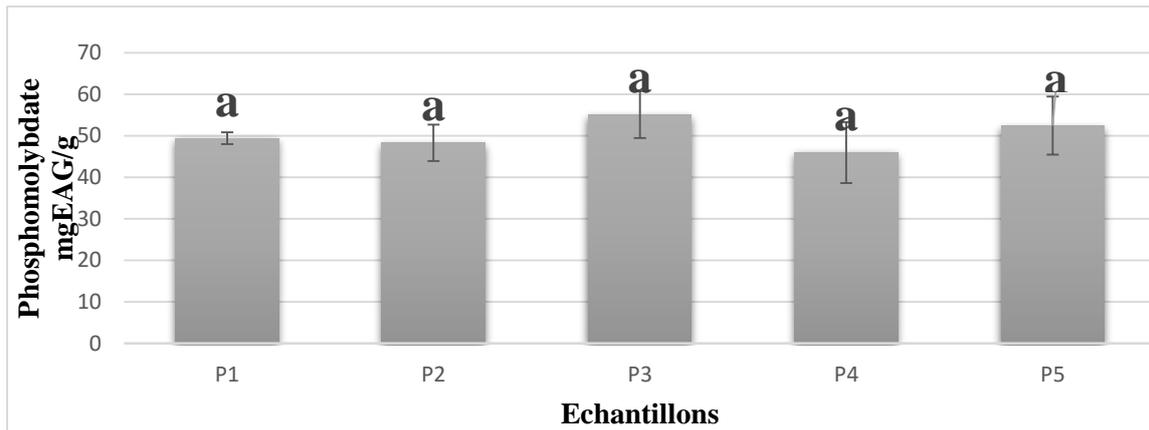


**Figure 16 : Représentation graphique des valeurs du pouvoir réducteur des échantillons du pollen étudié.**

#### IV.4.2) Test Phosphomolybdate

Les résultats du Phosphomolybdate des différents échantillons sont représenté dans le **Tableau (III)** et la **figure (17)**, ou les valeurs varient entre 45,97 à 55,10 mgEAG/g de pollen et on peut les classer par un ordre décroissant  $P3 > P5 > P1 > P2 > P4$ .

Selon l'analyse statistique on observe qu'il existe aucune différence significative entre les 05 échantillons de pollen ( $p < 0.05$ ). (Annexe03).

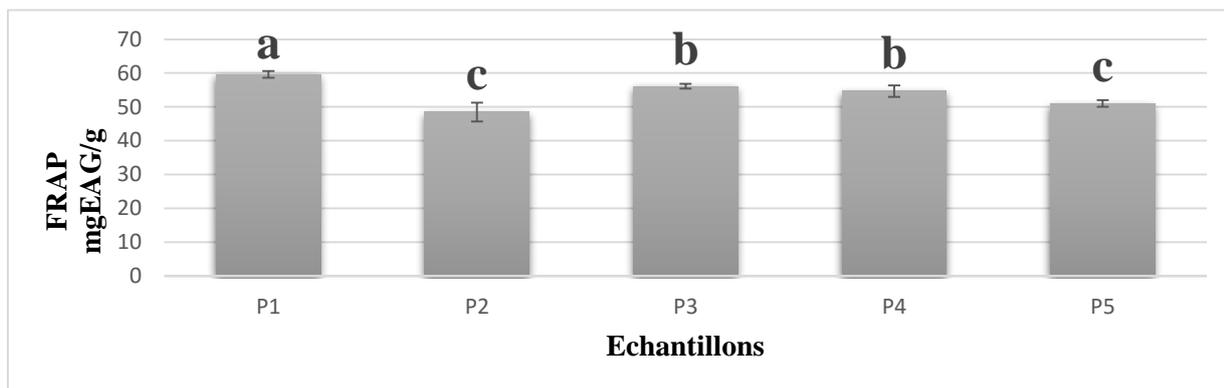


**Figure 17 : Représentation graphique des valeurs du Phosphomolybdate des échantillons du pollen étudié.**

#### IV.4.3) Test Frap

Les résultats du test Frap des différents échantillons sont représenté dans le **tableau (III)** et la **figure (18)**, ou les valeurs varient entre 48,48 à 59,58 mgEAG/g de pollen, et on les classe selon un ordre décroissant  $P1 > P3 > P4 > P5 > P2$  là on remarque l'échantillon d'Akfadou (P1) représente une meilleure valeur de Frap.

Selon l'analyse statistique on observe que P1 représente une différence significative par rapport aux autres 04 échantillons  $p > 0.05$ , tandis que (P2 et P5) et (P3 et P4) ne représentent aucune différence significative entre eux  $p < 0.05$ . (Annexe 03).

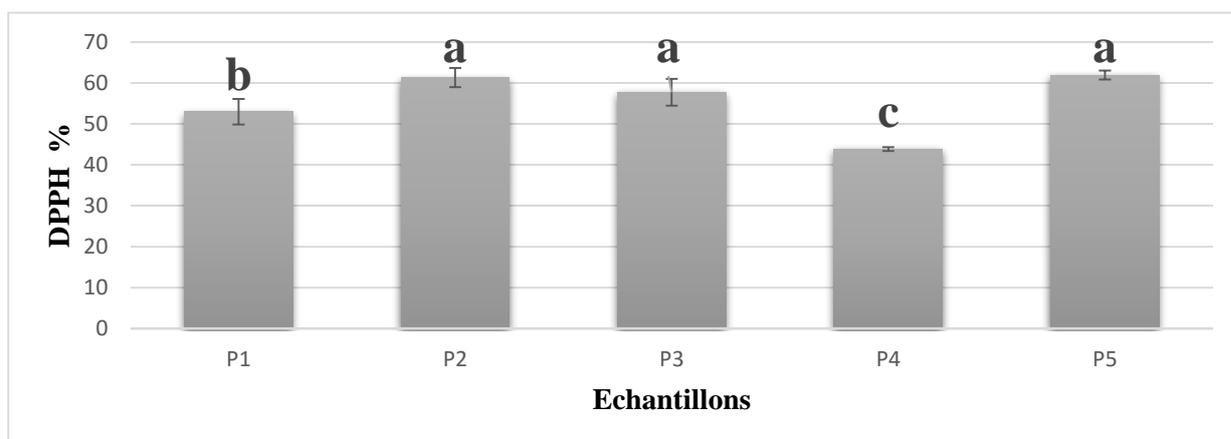


**Figure 18 : Représentation graphique des valeurs du test FRAP des échantillons du pollen étudié.**

#### **IV4.4) Test DPPH**

Les résultats de l'activité anti-radicalaire DPPH des différents échantillons sont représenté dans le **tableau (III)** et **la figure (19)**, ou les valeurs varient entre 43,84% à 61,93%, on remarque que l'échantillon P5(Toudja) représente une meilleure activité anti radicalaire suivi par le P2(Aokas), P3(Merdj ouaman), P1(Akfadou), P4(Timezrith) qui présente la plus faible activité anti-radicalaire.

Selon l'analyse statistique les analyse anti radicalaire des échantillons P2, P3, P5 ne présentent pas une différence significative entre eux  $p < 0,05$  par contre P1 diffère significativement des autres échantillons ainsi que P4 qui diffère des autres échantillons  $p > 0,05$ . (Annexe 03)

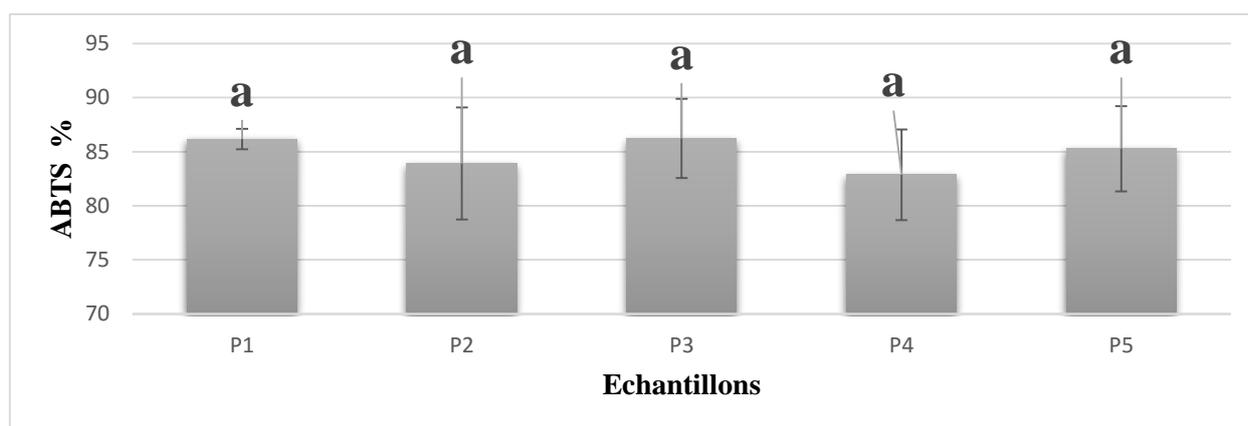


**Figure 19 : Représentation graphique des valeurs du test anti-radicalaire DPPH des échantillons du pollen étudié.**

#### IV.4.5) ABTS

Les résultats de l'activité anti-radicalaire ABTS des différents échantillons sont représenté dans le **tableau (III)** et la **figure (20)**, ou les valeurs varient de 82,85% à 86,22% et on peut les classer par ordre décroissant en commençant par la meilleure valeur d'activité anti radicalaire de l'échantillon P3(Merdj ouaman) puis P1(Akfadou), P5(Toudja), P2(Aokas) et au final la plus petite valeur pour l'échantillon P4(Timezrith).

Selon l'analyse statistique on observe qu'il existe aucune différence significative entre les 05 échantillons  $p < 0,05$ . (Annexe 03).



**Figure 20 : Représentation graphique des valeurs du pouvoir anti-radicalaire ABTS des échantillons du pollen étudié.**

Les variations des valeurs de l'activité antioxydante entre les échantillons peuvent être expliquées par les différences dans la couverture végétale de chaque région étudiée. En effet, cette couverture peut influencer la concentration de divers agents antioxydants tels que les flavonoïdes et les composés phénolique totaux, ainsi que la teneur en protéines de chaque échantillon. Par conséquent, la diversité de la flore locale peut expliquer les différences significatives que nous avons constatées dans les activités antioxydantes des échantillons de pollen d'abeille que nous avons examinés (Almeida-Muradian *et al.*, 2005).

## IV.5) Corrélations et analyses multivariées

## IV.5.1) Corrélations

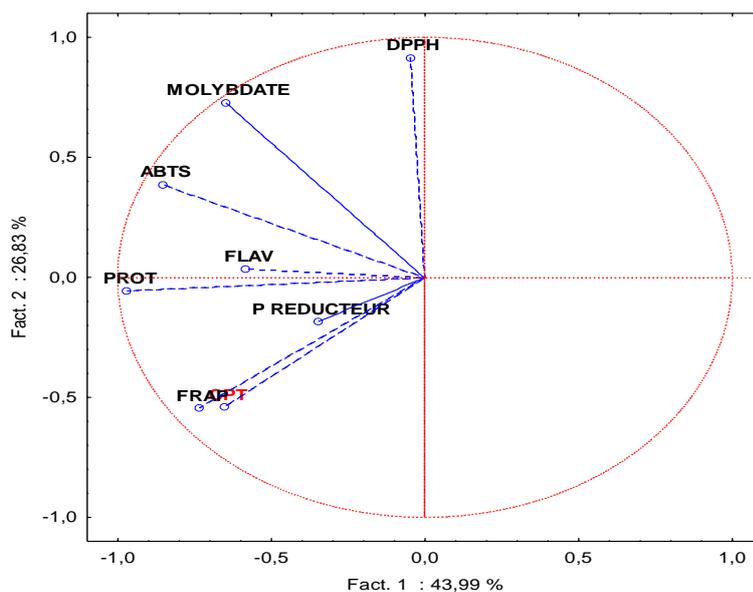
Tableau IV : Corrélations des analyses physico-chimiques, teneurs en antioxydant et activités antioxydantes des échantillons du pollen.

	CPT	FLAV	PROT	P.RED	DPPH	MOLYB	FRAP	ABTS
CPT	1							
FLAV	0.47	1						
PROT	0.47	-0.23	1					
P.RED	0.42	0.32	0.12	1				
DPPH	-0.30	-0.13	-0.06	0.14	1			
MOLYB	0.04	-0.37	0.14	0.04	0.26	1		
FRAP	<b>0.53</b>	-0.16	<b>0.57</b>	0.32	-0.49	0.14	1	
ABTS	-0.03	-0.14	0.29	0.04	0.16	-0.09	-0.00	1

Corrélation significative  $p < 0,05$ .

Les résultats de l'analyse statistique montrent uniquement deux corrélations la première entre les composés phénoliques totaux avec le test Frap qui représentent un coefficient de corrélation de  $r=0,53$ , et la deuxième corrélation entre les protéines et le test Frap qui représentent un coefficient de corrélation de  $r=0,57$ .

### IV.5.2 Analyse en composante principale (ACP)



**Figure 21 : Graphique d'analyse en composantes principales (ACP) des paramètres physico-chimiques, teneurs en antioxydants et activités antioxydantes des échantillons du pollen, projection des variables.**

Dans le but de mettre en évidence les différences et similitudes entre les échantillons de pollen analysés, une analyse exploratoire ou une analyse en caractéristiques principales (ACP) a été effectuée en prenant en compte leurs paramètres physico-chimiques, leurs concentrations d'antioxydants et leurs activités antioxydantes.

En traçant les valeurs propres, nous avons constaté qu'après la deuxième composante principale, les valeurs sont constantes, suggérant que seules les CP1 et CP2 sont nécessaires pour expliquer de manière adéquate les données obtenues. En effet, ces deux composantes représentent 70,82 % de la variation totale.

La figure 20 indique que la CP1 explique 43,99% des données et représente DPPH ( $r=-0,048$ ), Molybdate ( $r=-0,65$ ), ABTS ( $r=-0,854$ ), Flavonoïdes ( $r=-0,583$ ), Protéine ( $r=-0,97$ ), Pouvoir Réducteur ( $r=-0,343$ ), FRAP ( $r=-0,734$ ), CPT ( $r=-0,651$ ) sont présentés dans la partie négative.

CP2 explique 26,83 % des données et représente DPPH ( $r=0,92$ ), Molybdate ( $r=0,73$ ), ABTS ( $r=0,39$ ), Flavonoïdes ( $r=0,035$ ), sont présentés dans la partie positive, Cependant les Protéine ( $r=-0,055$ ), Pouvoir Réducteur ( $r=-0,183$ ), FRAP ( $r=-0,545$ ), CPT ( $r=-0,540$ ) sont présentés dans la partie négative.

# *Conclusion*

A la lumière des résultats on a pu tirer les observations suivantes de notre étude

En termes d'analyse biochimique, nous avons constaté que l'échantillon P3 (Merdj-ouman) contenait la plus grande quantité de protéines, soit 51,02 mgEBSA/g.

En ce qui concerne la composition des agents antioxydants, nous avons observé que l'échantillon P1 (Akfadou) avait la plus grande quantité de CPT égal à 183,49 mgEAG/g, suivi de l'échantillon P5 (Toudja) 174,53 mgEAG/g.

Les teneurs en flavonoïdes étaient presque identiques pour les cinq échantillons avec une moyenne de 49,76 mgEQ/g.

Tous les types de pollen analysés ont démontré des propriétés antioxydantes, cependant le pollen de Toudja présente la meilleure activité anti radicalaire (DPPH) avec un taux de 61,93%, tandis que le pollen de Merdj Ouaman présente la meilleure activité anti radicalaire (ABTS) avec un taux de 86,22 %. De plus, le pollen d'Akfadou montre le meilleur pouvoir réducteur avec une valeur de 31,77 mgEAG/g, et il présente également un résultat élevé dans le test FRAP avec une valeur de 59,58 mgEAG/g.

Ces résultats indiquent que le pollen d'Akfadou possède la plus grande quantité d'antioxydants et une activité antioxydante élevée. L'analyse de corrélation a révélé deux corrélations significatives, l'une entre le test FRAP et les composés phénoliques totaux ( $r = 0,53$ ) et l'autre entre les protéines et le test FRAP ( $r = 0,57$ ).

Les résultats obtenus confirment que le pollen constitue une source exceptionnelle de substances antioxydantes, Ce caractère avantageux confère des bienfaits considérables pour la santé humaine. Plusieurs perspectives de recherche émergent pour approfondir nos connaissances dans ce domaine :

- Étudier la diversité pollinique : Examiner plus en détail la composition et la diversité des pollens provenant de différentes espèces végétales afin de mieux comprendre leurs propriétés et leur potentiel en tant qu'agents thérapeutiques.

- Caractériser les mécanismes d'action : Étudier les mécanismes par lesquels les composés présents dans le pollen présentent leurs effets bénéfiques sur la santé, en se concentrant sur des aspects tels que l'activité antioxydante, anti-inflammatoire, anticancéreuse, etc...

*Références*

*Bibliographiques*

### **A**

**Almeida-Muradian, Aleksandar Z., Kosti C., Miroljub B., Bara C., Sladjana P., Stanojevi C., Du-sanka M., L.B., Pamplona, L. C., Coimbra, S. et Barth O,** (2005), Chemical composition and botanical evaluation of dried bee-pollen pellets, *Journal of Food Composition and Analysis* 18, 105-111.

**Ananias, P., Sandra R., Alfredo T., Xesus F., Leticia M., Estevinho,** (2014), Biological activities of commercial bee pollens: Antimicrobial, antimutagenic, antioxidant and anti-inflammatory, *Food and Chemical Toxicology* 63, 233-239.

### **B**

**Bakchiche B. et al.,** (2017) Caractéristiques physico-chimiques, concentrations en composés phénoliques et pouvoir antioxydant de quatre variétés de miels Locales (Algérie) 6 (1) :118-123.

**Blanc M.,** (2010), Propriétés et usage médical des produits de la ruche, Thèse de Doctorat en Composition of bee pollen in china *J Agric Food Chem*61, p 708-718.

**Bientinesic M., Nicolellad C., Melea M., Canalea A.,** (2016), Lipid characterization of chestnut and willow honeybee-collected pollen: Impact of freeze-drying and microwave-assisted drying., 2772 No, 8.

### **C**

**Contea G., Benellia G., Andrea-Serraa b., Signorinic F., Havsteen B.,** (2002), The biochemistry and medical significance of the flavonoids *Pharmacol Therap.*

### **D**

**Di Carlo G, Mascolo N, Izzo AA, et al** (1999) Flavonoids: old and new aspects of a class of natural therapeutic drugs. *Life Sci And chemometrics, Analyticachimica* 533, p185-191.

**Depauw F. & E.,** (2006), Le dépérissement de l'abeille domestique, *Apis mellifera L, 1758* (Hymenoptera : Apidae) : faits et causes probables, 59 (1), 3-21.

**Daas Amiour S., Alloui-Lombarkia O., Bouhdjila F., Ayachi A., · Hambaba L.,** (2014), Étude de l'implication des composés phénoliques des extraits de trois variétés de datte dans son activité antibactérienne 10298-014-0843-9.

**Dif M. M., Benchiha H., Mehdadi Z., Benali-Toumi F., Benyahia M., Bouterfas K.,** (2015) Étude quantitative des polyphénols dans les différents organes de l'espèce *Papaver rhoeas* L 10298-015-0976-5.

### **F**

**Favier A.,** (2003), Le stress oxydant Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique, p 108-115.

**Fiorucci S.,** (2006) Activités biologiques de composés de la famille des flavonoïdes : approches par des méthodes de chimie quantique et de dynamique moléculaire. Chimie. Université de Nice Sophia Antipolis (UNS). Français. tel-02545765

### **G**

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

### **H**

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

**Haubruge E., Nguyen B., Widart J., Thomé J., Maroun R.,** (2010), Identification et caractérisation de composés phénoliques extraits du raisin Chateau Ksara No 2 : 117-130.

**Hęś M., Dzedzic K., Górecka D., Jędrusek-Golińska A., & Gujska E.,** (2019), Aloe vera (L) Webb: Natural Sources of Antioxidants – A Review, 74 :255–265.

**Hoque M. et al,** (2021) Le rôle antioxydant du rhizome de palmier améliore l'anxiété et la dépression chez les rongeurs expérimentaux et le modèle assisté par ordinateur 10, p03.

### ***I***

**Isik A., Ozdemir M., Doymaz I.** (2021), Investigation of microwave drying on quality attributes, sensory properties and surface structure of bee pollen grains by scanning electron microscopy, 38 :177–188.

### ***J***

**Judd A.,** (2004), Prévention de l'oxydation des acides gras dans un produit cosmétique : mécanismes, conséquences, moyens de mesure, quels antioxydants pour quelles applications? 11(6) : 414–418.

### ***K***

**Klaunig J.,** (2018), Oxidative Stress and Cancer, 24, 4771-4778.

**Komosinska-Vassev K., Olczyk P., Kafmierczak J., Mencner L., Olczyk K.,** (2015), Bee Pollen: Chemical Composition and Therapeutic Application 11, p. 1015–1021.

### ***L***

**Lia Q., Wanga K., Marcuccib M., Sawayac A., Hud L., Xuea X., i-Ming Wua L., Hue F.,** Nutrient-rich bee pollen: A treasure trove of active natural metabolites, 49 (2018) 472–484. Radic Med, 26, p 1231-1237.

**Louveaux J.,** (1990), Les relations abeilles-pollens (2), 121 -131.

**Lavie P., Fresnaye J.,** (1963) Etude expérimentale de la trappe a pollen en position supérieure. Les Annales de l'Abeille, 6 (4), pp.277-301.

### ***M***

**Maksimovic Z, Malencic D et Kovacevic N,** (2005), Polyphenol contents and antioxidant

**Marion M Bradford** (1976), A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-Dye Binding.

### **O**

**Ojeil A., El Darra N., El Hajj Y., Bou Mouncef P., Rizk ,** (2010), Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Antioxydant properties of honey by a combination of spectrophotometric/fluorimetric assays activity of *Maydis stigma* extracts *Bioresource Technol* 96, p 873- 877.

**Opsenica M., Te-si Z., Sikoparija B., Predrag R., Marija P., Mirjana B. et Pe-si-c.,** (2015), Physicochemical composition and techno-functional properties of bee pollen collected in Serbia, *Food Sci, Technol*, 62, p 301-309.

### **P**

**Piffanelli P., Ross J., Murphy D.,** (1998) Biogenesis and function of the lipidic structures of pollen grains 11 :65–80.

**Pasteels J M., J D.,** (1973), Champs morphogenetiques mis en evidence par l'etude au microscope electronique à balayage des soles au niveau des pattes d'abeilles (apoidea, megachilidae) 5 (1) 63 82.

**Panche A. N., Diwan A. D., Chandra S. R.,** (2016), Flavonoids: an over view page 1 of 15.

### **R**

**Ravazzi G.,** (2003), L'abeille et l'apiculture, Edition de vecchi, 159p.

**Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M. et Rice-Evans C.,** (1999), Pharmacie, Université de limoges, Faculté de Médecine et de pharmacie, p 24-29.

**Reuter S., Gupta S., Madan M., Bharat C., Aggarwal B.,** (2010) Oxidative stress, inflammation, and cancer: How are they linked, 49(11): 1603–1616.

**Rolladn Y.,** (2004), Antioxydants naturels végétaux, p 419-424.

**Rozen JG., Mcgingley RJ,** (1974), Phylogeny and systematics of Melittidae based on the mature larvae (Insecta, Hymenoptera, Apoidea). American Museum Novitates 2545: 1-31.

### **S**

**Sosaa V., Molinéa T., Somozaa R., Paciuccib R., Kondohc H., Matilde E., Leonarta L.,** (2013), Oxidative stress and cancer : An overview376– 390.

**Sies H.,** (2015), Oxidative stress: a concept in redox biology and medicine, Redox Biology 4 180–183

### **T**

**Tan B., Norhaizanand M., Liew W.,** (2018), Nutriments and Oxidative Stress : Friend or Foe, ID 9719584, 24 pages.

**Tomovska J., Vllasaku I.,** (2021) Phosphomolybdate Test Method for Antioxidant Activity In Extracts Of Animal Feed, 1188, p666-672.

**Tautz J.,** (2009), Morphologie & anatomie de l'abeille.

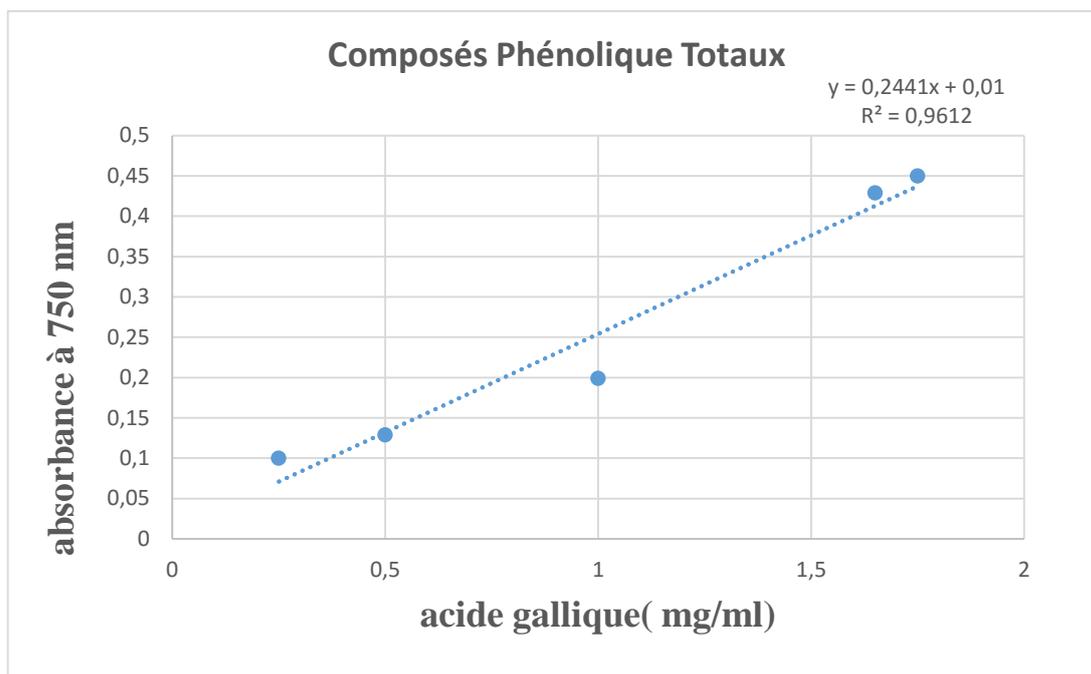
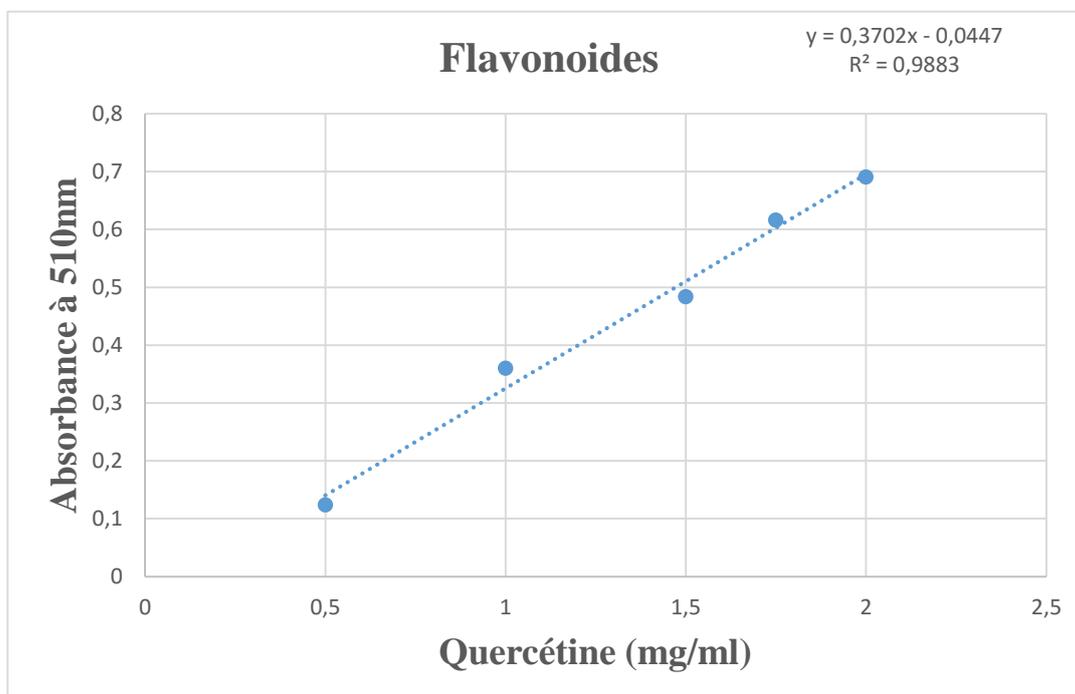
**Telleria M.,**(1993), Floraison et récolte du pollen par les abeilles domestiques (*Apis mellifera* L var *ligustica*) dans la pampa argentine, 24,109-120.

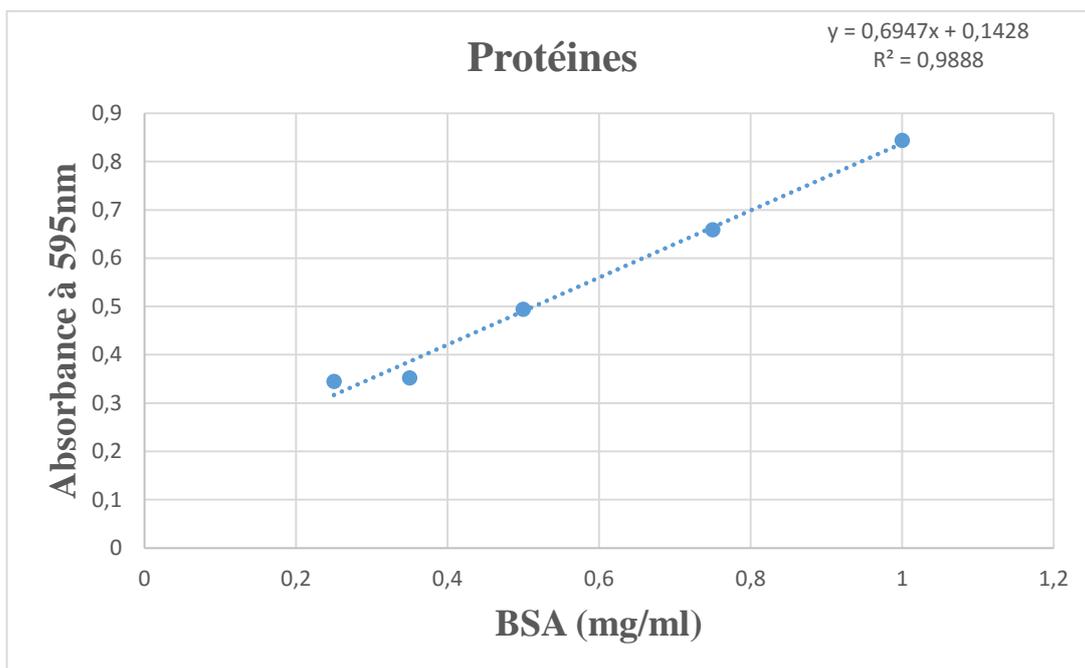
**Tchuenguem Fohouo FN., Messi J., Pauly A** (2002), Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 6 (2), 87–98.

### **Y**

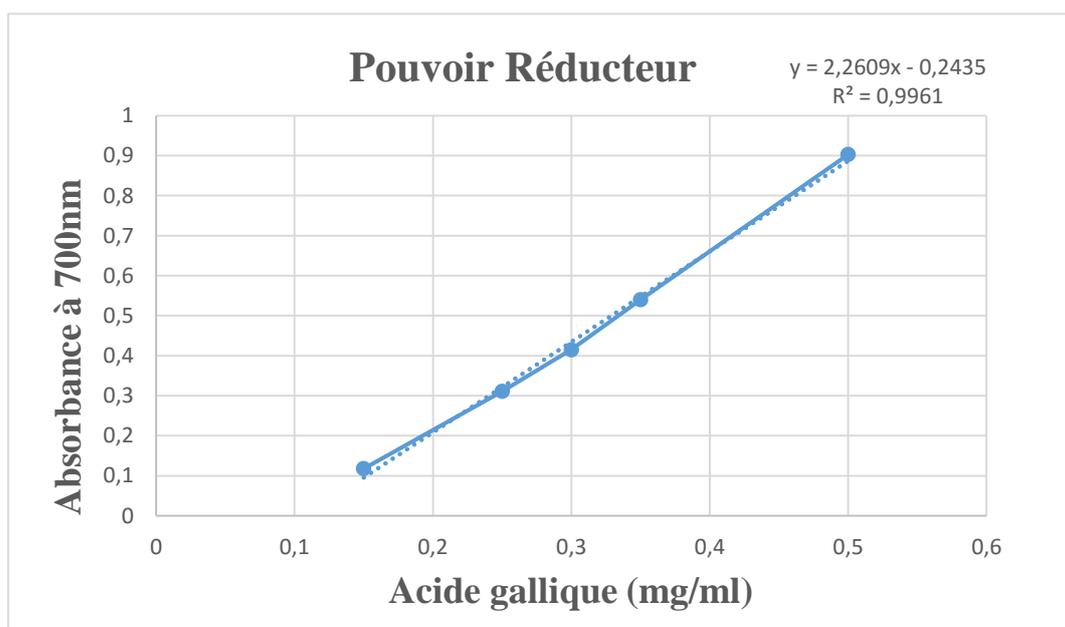
**Yang K., Wu D., Liu D., Chen J., Sun P.,** (2013), Characterisation of chemical.

# *Annexes*

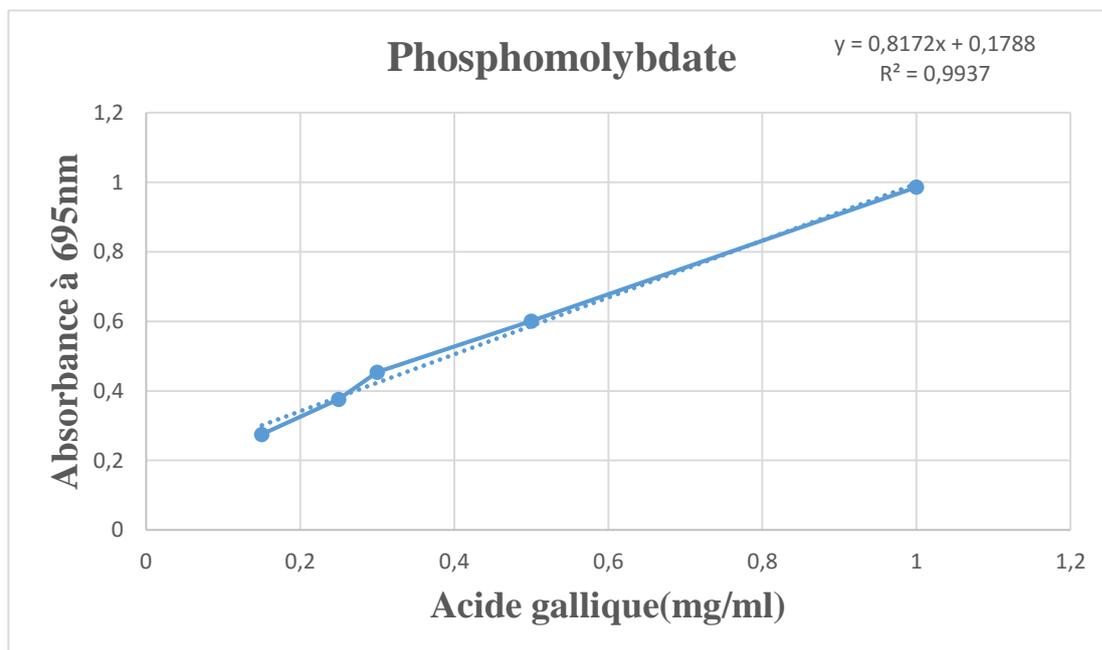
**Annexe 01 : courbes d'étalonnages.****01 : Courbe d'étalonnage des Composé Phénolique Totaux.****02 : Courbe d'étalonnage des Flavonoïdes.**



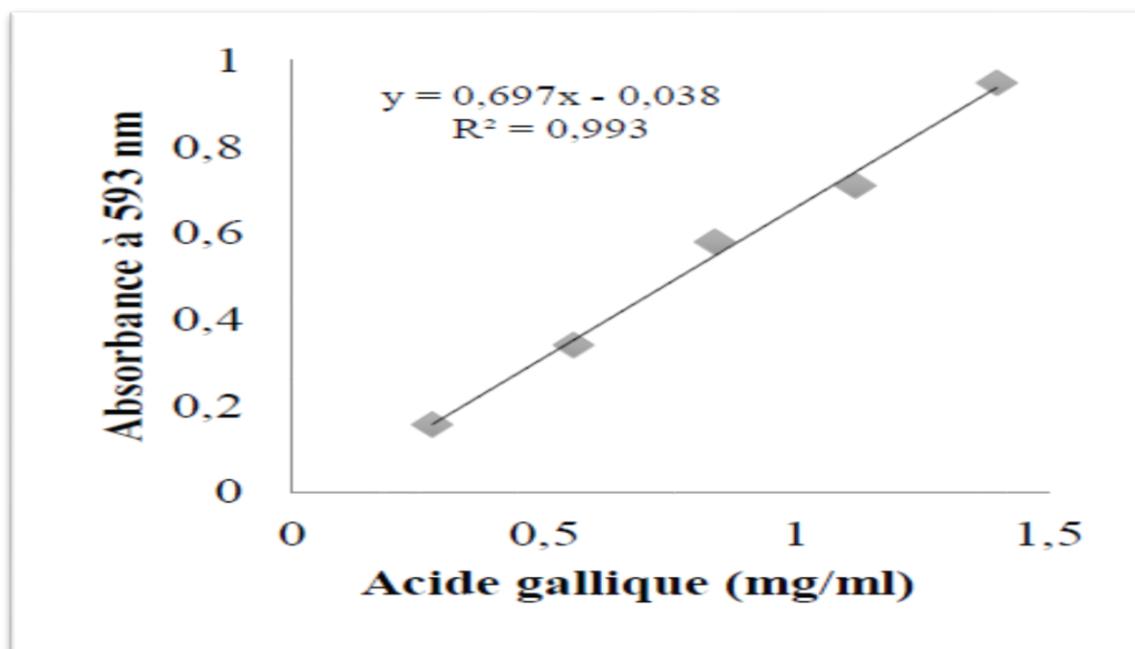
**03 : Courbe d'étalonnage des Protéines.**



**04 : Courbe d'étalonnage du Pouvoir réducteur.**



**05 : Courbe d'étalonnage du Phosphomolybdate.**



**06 : Courbe d'étalonnage du FRAP.**

**Annexe02** : les différentes concentrations de tous les échantillons :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Sample	CPT	Flavo	Prot	Pouvoir	MOLYBDATE	FRAP	DPPH	Abts
1	P1	187,1971	52,63713	45,02379	35,538	50,8515516	60,577561	52,69886	85,1619
2	P1	179,8002	47,57226	50,8217	30,19348	47,9622589	58,584878	56,25	87,04762
3	P1	183,4987	47,57226	52,2212	29,57917	49,4069053	59,5812195	50	86,28571
4	P2	120,0565	47,75985	33,42797	22,3917	46,7725502	50,2156098	63,63636	79,61905
5	P2	125,7464	49,63573	37,82638	30,6235	53,2309692	50,0163415	58,94886	88,19048
6	P2	128,5913	45,13362	36,22696	23,74319	44,9030078	45,2339024	61,29261	88,95238
7	P3	136,5571	54,88819	51,02163	26,38474	48,9820093	55,3965854	60,51136	82,28571
8	P3	140,5401	47,19709	47,42293	20,67163	60,0293049	56,1064787	54,11932	86,85714
9	P3	144,523	51,04264	54,62034	19,93445	56,2902203	56,816372	58,52273	89,52381
10	P4	157,6097	52,63713	51,42149	21,96169	37,7647553	54,9980488	44,31818	87,04762
11	P4	160,7391	49,63573	34,82746	20,30304	48,3021757	56,1936585	43,32386	82,85714
12	P4	163,8686	49,63573	43,12448	22,26884	51,871302	52,8060976	43,89205	78,66667
13	P5	179,8002	54,13784	48,02271	27,98195	59,6893882	52,0090244	63,06818	80,7619
14	P5	169,274	50,0109	45,42365	21,96169	51,871302	51,0126829	61,78977	88
15	P5	174,5371	52,07437	46,72318	24,97182	45,7527998	50,0163415	60,9375	87,04762

**Annexe 03** : Test ANOVA :

Test LSD ; variable CPT (TEST FINAL.sta)							
Groupes Homogènes, alpha = ,05000							
Erreur : MC Inter = 17,184, dl = 10,000							
Cellule N°	Sample	CPT Moyenne	e	d	c	b	a
2	P2	124,7981	****				
3	P3	140,5401		****			
4	P4	160,7391			****		
5	P5	174,5371				****	
1	P1	183,4987					****

**01 : Composés phénolique totaux.**

Test LSD ; variable Flavo (TEST FINAL.sta)			
Groupes Homogènes, alpha = ,05000			
Erreur : MC Inter = 7,1428, dl = 10,000			
Cellule N°	Sample	Flavo Moyenne	a
2	P2	47,50973	****
1	P1	49,26055	****
4	P4	50,63620	****
3	P3	51,04264	****
5	P5	52,07437	****

**02 : Flavonoïdes.**

Test LSD ; variable Prot (TEST FINAL.sta)					
Groupes Homogènes, alpha = ,05000					
Erreur : MC Inter = 20,600, dl = 10,000					
Cellule N°	Sample	Prot Moyenne	a	b	
2	P2	35,82710		****	
4	P4	43,12448	****	****	
5	P5	46,72318	****		
1	P1	49,35557	****		
3	P3	51,02163	****		

### 03 : Protéines.

Test LSD ; variable Pouvoir (TEST FINAL.sta)					
Groupes Homogènes, alpha = ,05000					
Erreur : MC Inter = 10,575, dl = 10,000					
Cellule N°	Sample	Pouvoir Moyenne	b	a	
4	P4	21,51119	****		
3	P3	22,33027	****		
5	P5	24,97182	****		
2	P2	25,58613	****		
1	P1	31,77021		****	

### 04 : Pouvoir Réducteur.

Test LSD ; variable Molybdate (TEST FINAL.sta)					
Groupes Homogènes, alpha = ,05000					
Erreur : MC Inter = 31,069, dl = 10,000					
Cellule N°	Sample	Molybdate Moyenne	a		
4	P4	45,97941	****		
2	P2	48,30218	****		
1	P1	49,40691	****		
5	P5	52,43783	****		
3	P3	55,10051	****		

### 05 : Phosphomolybdate.

Test LSD ; variable Frap (TEST FINAL.sta)					
Groupes Homogènes, alpha = ,05000					
Erreur : MC Inter = 2,6792, dl = 10,000					
Cellule N°	Sample	Frap Moyenne	c	b	a
2	P2	48,48862	****		
5	P5	51,01268	****		
4	P4	54,66593		****	
3	P3	56,10648		****	
1	P1	59,58122			****

**06 : FRAP.**

Test LSD ; variable Dpph (TEST FINAL.sta)					
Groupes Homogènes, alpha = ,05000					
Erreur : MC Inter = 5,4837, dl = 10,000					
Cellule N°	Sample	Dpph Moyenne	a	c	b
4	P4	43,84470		****	
1	P1	52,98295			****
3	P3	57,71780	****		
2	P2	61,29261	****		
5	P5	61,93182	****		

**07 : DPPH.**

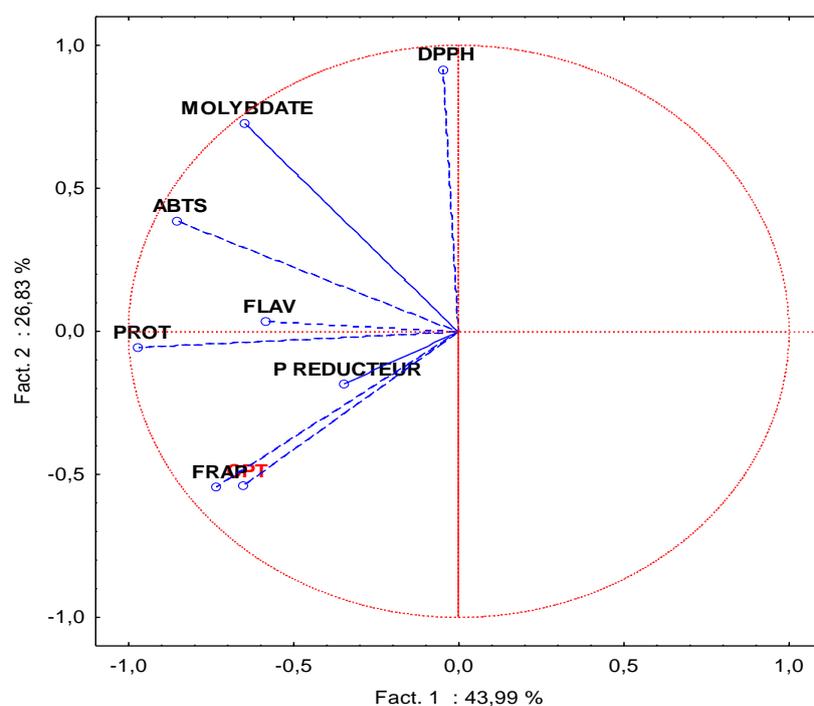
Test LSD ; variable Abts (TEST FINAL.sta)					
Groupes Homogènes, alpha = ,05000					
Erreur : MC Inter = 14,838, dl = 10,000					
Cellule N°	Sample	Abts Moyenne	a		
4	P4	82,85714	****		
5	P5	85,26984	****		
2	P2	85,58730	****		
1	P1	86,16508	****		
3	P3	86,22222	****		

**08 : ABTS.**

Annexe 04 : Matrice de corrélation ( $p < 0,05$ ).

Corrélations (Données brutes .sta)								
Corrélations significatives marquées à $p < ,05000$								
N=15 (Observations à VM ignorées)								
Variable	CPT	Flavo	Prot	Pouvoir	Dpph	Molybdate	Frap	Abts
CPT	1,00	0,47	0,47	0,42	-0,30	0,04	<b>0,53</b>	-0,03
Flavo	0,47	1,00	-0,23	0,32	-0,13	-0,37	-0,16	-0,14
Prot	0,47	-0,23	1,00	0,12	-0,06	0,14	<b>0,57</b>	0,29
Pouvoir	0,42	0,32	0,12	1,00	0,14	0,04	0,32	0,04
Dpph	-0,30	-0,13	-0,06	0,14	1,00	0,26	-0,49	0,16
Molybdate	0,04	-0,37	0,14	0,04	0,26	1,00	0,14	-0,09
Frap	<b>0,53</b>	-0,16	<b>0,57</b>	0,32	-0,49	0,14	1,00	-0,00
Abts	-0,03	-0,14	0,29	0,04	0,16	-0,09	-0,00	1,00

Annexe 05 : Analyse en Composante P.



## Résumé

Cette étude vise à analyser les caractéristiques physico-chimiques de cinq échantillons de pollens différents, ainsi que leurs teneurs d'antioxydants et leurs activités antioxydantes. Les résultats révèlent des concentrations en protéines variant de  $35,82 \pm 2,22$  à  $51,02 \pm 3,59$  mgEBSA/g de pollen. Les taux d'antioxydants confirment la présence de composés phénoliques totaux avec des concentrations allant de  $124,79 \pm 4,02$  à  $183,49 \pm 3,69$  mgEAG/g de pollen, ainsi que des flavonoïdes de  $47,50 \pm 2,26$  à  $52,07 \pm 2,06$  mgEQ/g de pollen. En ce qui concerne les activités antioxydantes, le pollen P05 (Toudja) présente la meilleure activité anti radicalaire du DPPH ( $61,93 \pm 1,07$  %), le pollen P03 (Merdj ouaman) présente la meilleure valeur ABTS ( $86,22 \pm 3,66$  %), le pollen P01 (Akfadou) présente le meilleur pouvoir réducteur ( $31,77 \pm 3,27$  mgEAG/g de pollen) et le test FRAP ( $59,58 \pm 0,99$  mgEAG/g de pollen). Les résultats montrent des corrélations significatives entre les antioxydants et les activités antioxydantes, notamment entre les composés phénoliques totaux et le test FRAP ( $r = 0,53$ ), ainsi qu'entre les protéines et le test FRAP ( $r = 0,57$ ). Ainsi, le pollen est riche en composés phénoliques totaux et en protéines qui présentent une activité antioxydante non négligeable.

Mots Clés : Pollen, Abeille, stress oxydant, radicaux libre, cancer.)

## Abstract

This study aims to analyze the physicochemical characteristics of five different pollen samples, as well as their antioxidant contents and antioxidant activities. The results reveal protein concentrations ranging from  $35.82 \pm 2.22$  to  $51.02 \pm 3.59$  mgEBSA/g of pollen. Antioxidant levels confirm the presence of total phenolic compounds with concentrations ranging from  $124.79 \pm 4.02$  to  $183.49 \pm 3.69$  mgEAG/g of pollen, as well as flavonoids from  $47.50 \pm 2.26$  to  $52.07 \pm 2.06$  mgEQ/g of pollen. Regarding antioxidant activities, pollen sample P05 (Toudja) exhibits the highest DPPH radical scavenging activity ( $61.93 \pm 1.07\%$ ), sample P03 (Merdj ouaman) shows the highest ABTS value ( $86.22 \pm 3.66\%$ ), sample P01 (akfadou) demonstrates the highest reducing power ( $31.77 \pm 3.27$  mgEAG/g of pollen), and the FRAP test shows a value of  $59.58 \pm 0.99$  mgEAG/g of pollen. The results reveal significant correlations between antioxidants and antioxidant activities, particularly between total phenolic compounds and the FRAP test ( $r = 0.53$ ), as well as between proteins and the FRAP test ( $r = 0.57$ ). Thus, pollen is rich in total phenolic compounds and proteins, which exhibit significant antioxidant activity.

Keywords : Pollen, Bees, oxidative stress, free radicals, cancer.