

**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITÉ MOULOD MAMMARI DE TIZI-OUZOU
FACULTÉ DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES
AGRONOMIQUES**

DÉPARTEMENT DE BIOCHIMIE-MICROBIOLOGIE



Mémoire de fin d'études

***En vue de l'obtention de diplôme de Master en Biotechnologie
microbienne***

Thème

**Teneur en polyphénols, activités antioxydante et
antibactérienne du pollen commercial Algérien de
différentes origines botaniques**

Réalisé par :

M^{elle} BENDAOUI Imene

M^{elle} BOUCHAFA Celia

M^{elle} HASSANI Zohra

Devant les membres du jury :

Président : Mr BOUAZZA B

MCA à l'UMMTO

Promoteur : Mr OUELHADJ A

Professeur à l'UMMTO

Examinatrice : Mme BENZAOUZ K

MCB à l'UMMTO

Année universitaire 2022-2023

Remerciements

Avant tout, on tient à exprimer nos remerciements les plus sincères d'abord au « Bon Dieu» maître des cieux et terres, le tout puissant de nous avoir donné la patience et la volonté pour réaliser ce travail.

Sans ALLAH en premier et les prières de nos parents, nous n'avons pas pu arriver là où nous sommes aujourd'hui.

Nous tenons à remercier très sincèrement notre enseignant et promoteur Mr OUELHADJ A. pour son encadrement efficace, son encouragement, ces précieux conseils clairs et sa disponibilité à tout moment pour répondre à toutes nos questions et de nous avoir guidé, nous lui exprimons nos profonds respects.

On remercie vivement M^{me} BENAZZOUZ K et Mr BOUAZZA B de nous avoir font l'honneur d'évaluer et de présider le jury le présent travail, on vous doit beaucoup de respect et de reconnaissance.

On tient aussi à remercier les enseignants de département de Biochimie-Microbiologie en particulier M^{me} AKIF, M^{me} ALI AHMED, et en particulier la doctorante en Biotechnologie de l'Université de Vigo (Espagne) Mlle SAKER.Y pour leurs disponibilités, aide et gentillesse. Ainsi tous les responsables de laboratoire commun physicochimique I et II, laboratoire de Microbiologie et chimie pharmaceutique de la faculté des Sciences ainsi toute l'équipe de recherche de laboratoire de recherche de biochimie analytique et Biotechnologie «LABAB », plus précisément un grand merci pour Mr HOUALI.

Nous tenons également à exprimer nos remerciement à Mr SMAIL, le chef de département Biochimie-Microbiologie et M^{me} BEN AHMED DJILLALI, notre responsable de la spécialité «**Biotechnologie Microbienne** », chaleureusement pour tout ce qu'ils font pour nous, pour le temps qu'il nous a accordé et le soutien moral dont ils ont font part.

Un grand merci à toutes personnes ayant participé de près ou de loin à notre formation et à tous ceux qui nous ont apporté leurs soutiens et leurs encouragements durant la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

Ma mère :

Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai pas te remercier comme il se doit, ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles.

Puisse ce travail être la récompense de tes soutiens moraux et sacrifices.

J'espère que ta bénédiction m'accompagne toujours

Mon père :

Puisse ce modeste travail constituer une légère compensation pour tous les nobles sacrifices que tu t'es imposés pour assurer mon bien être et mon éducation.

Mes chers frères et sœur

Karim, Madjid, Adel, Toufik et notre petite sœur Amina puisse dieu vous donne santé, bonheur, courage et surtout réussite.

A mes grands-parents que Dieu vous garde dans son vaste paradis, à toi ma chère grand-mère, nous aurions voulu te voir assise en ce jour merveilleux mais DIEU en a décidé autrement, repose en paix petite rose.

A mes amis(es) et toute ma famille

A mes très chères binômes « Zohra et Celia »

BENDAOUI Imene

Dédicace

Avec mes sentiments de gratitude les plus profonds je dédie ce modeste travail :

A la prunelle de mes yeux, l'espoir de ma vie, celle qui m'a entourée de son amour, la femme la plus douce de monde, qui m'a donné la vie, qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse, à ma chère maman adorable.

« Je tiens à l'honneur la femme combattante que tu es, puisse ALLAH t'accorder une bonne santé et te garde pour nous »

A mon très cher père, celui qui m'a toujours appris comment réfléchir avant d'agir, à celui qui m'a soutenu tout au long de ma vie scolaire, à celui qui ne m'a jamais épargné un effort pour mon bien, ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation.

*A mes chères sœurs adorables **Leticia** et **Cérine**.*

*A mes chères copines, amies, camarades et sœurs **Katia** et **Fayrouz**.*

*A mon chères Binômes « **Zohra** et **Imene** » avec qui j'ai partagé les moments*

De joie, de stress, de sacrifices et de réussite, merci

Pour votre soutien moral, votre patience et votre

Compréhension tout au long de cette belle expérience

Je vous aime très fort.

BOUCHAFA Célia

Dédicace

Avec tous mes sentiments de respect, d'amour, de gratitude et de reconnaissance, je dédie le fruit de mes années d'étude à :

A ma chère maman

Affable, honorable, aimable tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Tu m'as pas donnée seulement la vie tu m'as également appris à aimer la vie, tu m'as aimé et tous donner et tout fait pour moi.

Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu n'as cessé de me donner depuis ma naissance. Puisse dieu, le tout puissant te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheurs. Maman, te trouve dans ce modeste travail le fruit de tes sacrifices ainsi que l'expression de ma profonde affection et ma vive reconnaissance.

A mon cher papa

Je suis très fière d'être ta fille et de pouvoir enfin réaliser, ce que tu as tant espéré et attendre de moi. Tu n'as jamais cessé de déployer tous tes efforts afin de subvenir à mes besoins, m'encourager et m'aider à choisir le chemin de réussite, ta patience et bonne volonté, tes conseils précieux, ainsi que ta confiance en moi ont été pour beaucoup dans ma réussite, que dieu te protège et te garde pour moi.

*A mes très chers frères « **Mokrane, Makhlouf, Karim, Lounas** »*

Les meilleurs frères au monde j'ai vraiment de la chance d'être votre petite sœur. Merci d'avoir donné à votre petite sœur des grandes conseils qui lui ont permis de faire des pas vers ses rêves, merci pour votre soutien, confiance et votre amour.

*A mes très chères sœurs « **Hakima et Karima** »*

Mes sœurs, je le sais ma réussite est très importante pour vous. Que dieu vous paye pour tous vos bienfaits.

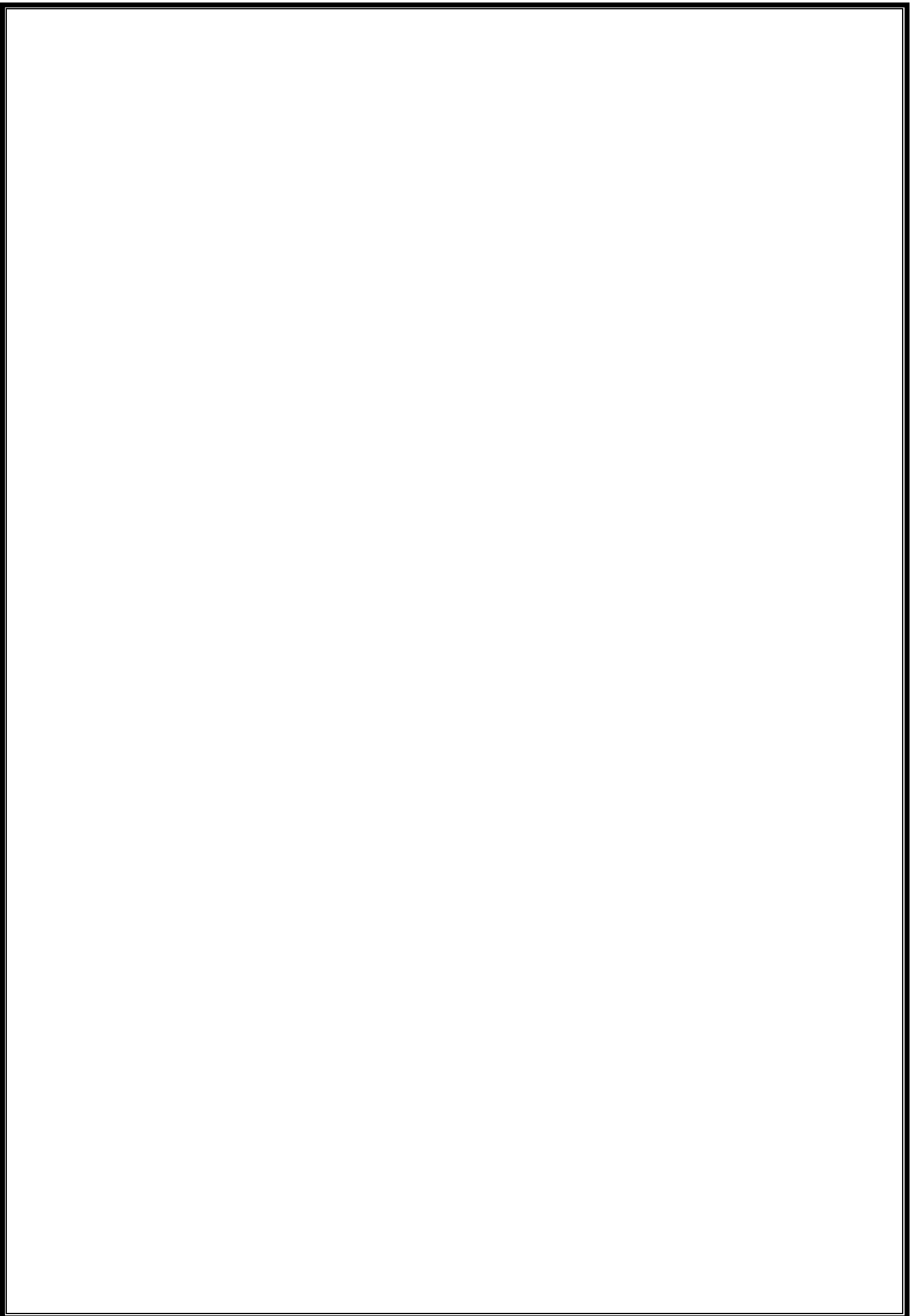
*A mes neveux et nièces « **Saïd, Hamza, Inès, Nissa** » et leurs maman.*

*A la mémoire de mon neveu **Yanis** qui nous a quitté trop tôt à l'âge d'un ange, que dieu te garde dans son vaste paradis, repose en paix mon petit ange.*

*A mes chères binômes « **Celia et Imene** » avec qui j'ai partagé les moments de joie, stresse de sacrifices et de réussite.*

A tous mes amis(es) et tous ceux qui m'aiment et j'aime.

HASSANI Zohra



**«LE MEILLEUR MEDECIN EST LA NATURE :
ELLE GUERIT LES TROIS QUARTS DES
MALADIES ET NE DIT JAMAIS DE MAL DE
SES CONFERES.»**

LOUIS PASTEUR



Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction 1

Chapitre I : Généralités sur le pollen

I.1. Définition du pollen	3
I.2. Structure de pollen	3
I.3. Pollinisation	5
I.4. Pollen d'abeille	5
I.4.1. Caractéristiques	5
4.1.1. La taille.....	6
4.1.2. Odeur	6
4.1.3. Goût	6
4.1.4. Couleur	6
I.5. Récolte de pollen.....	6
I.5.1. Récolte de pollen par l'abeille	6
I.5.2. Récolte par l'homme.....	8
I.6. Conservation du pollen	9
I.6.1. Séchage	9
I.6.2. Congélation	10
I.6.3. Lyophilisation	10
I.7. Composition biochimique de pollen	10
I.7.1. Eau	11
I.7.2. Glucides	11
I.7.3. Protides (protéines et acides aminés)	12

Sommaire

I.7.4. Lipides.....	13
I.7.5. Vitamines	14
I.7.6. Minéraux	14
I.7.8. Composés phénoliques de pollen.....	16
I.7.9. Autres composants	18

Chapitre II : Activités biologiques du pollen

II. Activités biologiques du pollen	20
II.1. Activité nutritionnelle	20
II.2. Activité antimicrobienne	20
II.2.1. Activité antibactérienne	20
II.2.2 Activité antifongique	21
II.2.3. Activité antivirale	21
II.3. Activité antioxydante.....	21
II.4. Activité anti-inflammatoire	22
II.5. Activité antianémique	22
II.6. Activité antidiabétique.....	22
II.7. Activité cardioprotectrice	23
II.8. Activité hypolipémiante.....	23
II.9. Activité cosmétologique	23
II.10. Activité antidépressive.....	24

Matériels et méthodes

Matériels biologiques	25
1. Appareillage et réactifs.....	25
2. Matériel biologique	26
3. Triage de pollen	26

Sommaire

4. Détermination de l'origine botanique de pollen.....	27
4.1. Préparation des échantillons.....	27
4.2. Préparation de la gélatine.....	27
4.3. Préparation des lames pour l'analyse.....	28
5. Analyses physico-chimiques.....	28
5.1. Potentiel d'hydrogène (pH).....	28
5.2. La teneur en eau.....	29
6. Préparation des extraits de pollen.....	30
7. Evaluation de la teneur totale en polyphénol (TPC).....	31
8. Evaluation de l'activité antioxydante de pollen.....	32
9. Evaluation de l'activité antibactérienne.....	33
9.1. Milieu de culture.....	33
9.2. Préparation de pré-culture (réactivation des souches).....	33
9.3. Préparation de la suspension bactérienne et standardisation.....	33
9.4. Ensemencement et dépôt des disques.....	33

Résultats et discussions

1. Triage de pollen selon la couleur.....	35
2. Détermination de l'origine botanique de pollen.....	36
3. Analyses physico-chimiques de pollen.....	37
3.1. Potentiel d'hydrogène (pH).....	38
3.2. La teneur en eau (Humidité).....	38
3.3. Evaluation de la teneur totale en phénol (TPC).....	39
3.4. Evaluation de l'activité antioxydante.....	41
4. Analyse statistique.....	44
4.1. Analyse de la variance.....	44

Sommaire

4.1.1. Potentiel d'hydrogène (pH)	44
4.1.2. Teneur en eau (Humidité).....	44
4.1.3. Teneur en polyphénols	44
4.1.4. Activité antioxydante (DPPH)	45
4.2. Test de corrélation.....	46
4.3. Analyse en composantes principales (ACP)	47
5. Evaluation de l'activité antibactérienne	49
Conclusion et perspectives.....	57

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Liste des abréviations

ADN : Acide désoxyribonucléique

ANOVA : Analyse de la variance

DPPH : 2,2-diphényl 1-picrylhydrazyle

EAG/g pollen : Equivalent acide gallique par gramme de pollen.

HPLC : Chromatographie en phase liquide à haute performance

pH : Potentiel hydrogène

UFC : Unité formant colonie

UV-Vis : Ultraviolet-visible

SARS : Syndrome respiratoire aigu sévère

MERS : Syndrome respiratoire du Moyen-Orient

CoV : Corona virus

CMI : Concentration Minimale Inhibitrice

Liste des figures

Figure 01 : Structure du grain de pollen	5
Figure 02 : Pelotes de pollen	6
Figure 03 : Morphologie d'une abeille.....	7
Figure 04 : Récolte de pollen par l'abeille	8
Figure 05 : Trappe à pollen	9
Figure 06 : Différentes analyses effectuées sur les échantillons de pollen	25
Figure 07 : Protocole de mesure de potentielle d'hydrogène (pH)	28
Figure 08 : Diagramme des étapes de préparation des extraits de pollen par deux solvants : éthanol et méthanol	30
Figure 09 : Protocole de dosage des polyphénols	31
Figure 10 : Corrélation entre le DPPH et le taux des polyphénols de pollen extrait par éthanol.....	46
Figure 11 : Corrélation entre le DPPH et le taux des polyphénols de pollen extrait par méthanol.....	46
Figure 12 : Graphe de l'Analyse en Composantes Principales (ACP) des variables.....	48
Figure 13 : Graphe de l'Analyse en Composantes Principales (ACP) des échantillons de pollen	49
Figure 14 : Diamètres des zones d'inhibition d'extrait éthanolique de pollen vis-à-vis <i>Escherichia coli</i> et l'effet de l'antibiotique (Gantamicine).....	52
Figure 15 : Diamètres des zones d'inhibition d'extrait méthanolique de pollen vis-à-vis <i>Escherichia coli</i> et l'effet de l'antibiotique (Gantamicine).....	52
Figure 16 : Diamètres des zones d'inhibition d'extrait éthanolique de pollen vis-à-vis <i>Pseudomonas</i> et l'effet de l'antibiotique (Gantamicine).....	53
Figure 17 : Diamètres des zones d'inhibition d'extait méthanolique de pollen vis-à-vis <i>Pseudomonas</i> et l'effet de l'antibiotique (Gantamicine).....	53

Liste des figures

- Figure 18 :** Diamètres des zones d'inhibition d'extrait éthanolique de pollen vis-à-vis *Staphylococcus aureus* et l'effet de l'antibiotique (Gantamicine) 54
- Figure 19 :** Diamètres des zones d'inhibition d'extrait méthanolique de pollen vis-à-vis *Staphylococcus aureus* et l'effet de l'antibiotique (Gantamicine) 54
- Figure 20 :** Diamètres des zones d'inhibition d'extrait éthanolique de pollen vis-à-vis *Bacillus cereus* et l'effet de l'antibiotique (Gantamicine) 55
- Figure 21:** Diamètres des zones d'inhibition d'extrait méthanolique de pollen vis-à-vis *Bacillus cereus* et l'effet de l'antibiotique (Gantamicine) 55

Liste des tableaux

Tableau I : La composition quantitative en acides aminés de divers pollens (en g pour 100g du pollen).....	13
Tableau II : Composition de pollen	15
Tableau III : Principaux composés polyphénoliques de pollen et leurs dérivés	17
Tableau IV : Les souches bactériennes utilisées	26
Tableau V : Le poids des sous échantillons de pollen issu d'un gramme de mélange	27
Tableau VI : Echelle de l'estimation de l'activité antimicrobienne	34
Tableau VII : Les proportions de chaque couleur de pollen récolté à la région d'Ait Toudert wilaya de Tizi-Ouzou	35
Tableau VIII : Identification botanique de pollen étudié hétéroflorale	36
Tableau IX : Valeur de pH et de la teneur en eau de différents pollens étudiés exprimés en moyenne \pm écart type	37
Tableau X : Résultats du dosage des polyphénols des extraits éthanoliques pour les différents échantillons de pollen.....	39
Tableau XI : Pourcentages de DPPH des extraits méthanoliques pour les différents échantillons de pollen.....	40
Tableau XII : Pourcentages de DPPH des extraits éthanoliques pour les différents échantillons de pollen.....	42
Tableaux XIII Pourcentages de DPPH des extraits méthanoliques pour les différents échantillons de pollen	42
Tableau XVI: Diamètres des zones d'inhibition des différents échantillons de pollen extrait par l'éthanol des souches testées	50
Tableau XV : Diamètres des zones d'inhibition des différents échantillons de pollen extrait méthanolique vis-à-vis des souches testées.....	50

Introduction

Ces dernières années, la demande alimentaire mondiale a augmenté à mesure que la population augmentait. Les habitudes alimentaires des consommateurs évoluent, notamment dans les pays développés et en développement, où les gens préfèrent manger sainement. Les aliments naturels et fonctionnels gagnent en popularité auprès du grand public en raison de leur impact positif sur la prévention et le traitement des maladies (Gercek *et al.*, 2021). Ainsi, de nombreux produits naturels, dont les produits apicoles comme le miel, la propolis, pain d'abeille, gelée royale ainsi que le pollen étaient connus et largement utilisés depuis l'antiquité comme remède traditionnel et en phytothérapie, ainsi qu'une alimentation pour leurs implications positives sur la santé (Kroyer et Hegedus, 2001 ; Ferreres *et al.*, 2010 ; Abouda *et al.*, 2011).

Récemment, le pollen a attiré beaucoup d'attention sur le fait qu'il est une matière première produite par les fleurs, récolté par les abeilles, mélangé avec du nectar et des sécrétions d'abeilles et transporté jusqu'à la ruche (Kokot *et al.*, 2018), est un produit apicole d'un grand intérêt commercial en raison de sa haute valeur nutritionnelle et de ses propriétés physiologiques représentent une source importante d'énergie et de protéines pour l'alimentation humaine (Abouda *et al.*, 2011). Il représente l'aliment naturel le plus riche et le plus complet fournissant des niveaux élevés de glucides, enzymes, cofacteurs, lipides y compris les stérols, les minéraux les oligoéléments et les vitamines, en particulier les groupes B,A,C et E (Campos *et al.*, 2008 ; Pascol *et al.*, 2014), ainsi que les phytostérols, caroténoïdes, polyphénols surtout les flavonoïdes qui exercent des effets antioxydants, anti-inflammatoires, antimicrobiens (Morais *et al.*, 2011).

De nos jours, les maladies liées au stress oxydant et à l'émergence des bactéries multi résistantes, principalement traitées avec des médicaments chimiques entraînent toujours une lourde charge financière et des effets secondaires potentiels, ainsi que l'utilisation mal adaptée et la surconsommation des antibiotiques qui exercent une forte pression de sélection sur les populations microbiennes. Il convient de noter qu'un nombre croissant d'enquêtes ont indiqués qu'un régime alimentaire contenant des substances bioactives naturelles (Da Re et ploy, 2012 ; Li *et al.*, 2023). Face à ces problèmes beaucoup d'études ont été réalisées pour développer des molécules alternatives efficaces contre ces maladies (Féas *et al.*, 2012 ; Atsalakis *et al.*, 2017 ; Didraas *et al.*, 2020). En effet, le pollen constitue une source inestimable de molécules bioactives, de ce fait, il peut être considéré comme une alternative naturelle des maladies citées auparavant.

Dans ce contexte que s'inscrit notre présente étude, qui consiste à :

La détermination de l'origine botanique de pollen, l'étude de certaines paramètres physico-chimiques et la teneur en polyphénols de deux échantillons de pollen provenant de la wilaya de Tizi-Ouzou et de la wilaya de Biskra, ainsi que d'évaluer les activités antioxydante et antibactérienne à partir de deux extraits éthanolique et méthanolique du pollen.

Notre travail, s'articulera sur trois grandes parties :

- La première partie est consacrée à une synthèse bibliographique qui regroupe des généralités sur le pollen, et ses activités biologiques.
- La deuxième partie, englobe la présentation du matériel d'étude et de la méthodologie utilisée pour les analyses physico-chimiques, dosage des polyphénols et l'évaluation des activités antioxydante et antibactérienne.
- La troisième partie, présentera l'ensemble des résultats obtenus au cours de cette étude et leurs discussions pour en dégager une conclusion et des perspectives.

Synthèse

Bibliographique

I.1.Définition du pollen

Le mot pollen dérive du grec « pale », qui désignait à la fois farine et poussière pollinique que les abeilles accumulent sur leur corps pendant la période de la récolte de nectar, de cette même racine est né également le mot « palynologie » correspondant à l'étude scientifique du pollen. (Almeida Muradiah *et al.*, 2005 ; Bruno, 2005).

I.2.Structure de pollen

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

En générale, un grain de pollen est une cellule vivante sexuée, mâle, porte deux noyaux haploïdes, le plus gros est le noyau végétatif, l'autre est le noyau reproducteur. La cellule végétative est constituée d'un noyau, d'organites, de petites vacuoles déshydratées et de réserves utilisées au moment de la germination (amidon, gouttelettes lipidiques), et de cytoplasme qui est très appauvri en eau et très enrichi en matière sèche (Misset *et al.*,1989) ; et sont entourés de deux couches protectrices : l'intine et l'exine.

La couche externe aussi appelée l'exine, riche en sporopollénine qui est un polymère de composés phénoliques et de dérivés d'acide gras, comportant une architecture unique, caractérisée par des interstices là où les composés de la couche extérieure du pollen sont déposés, cette couche est résistante, puisqu'on la retrouve sous forme fossile après des millions d'années (Dajozet *et al.*,1991).

Selon Jarosz. (2003), l'exine comprend :

- Une-Des tiges ou columelles disposées radicalement plus ou moins espacées.
- Base claire et uniforme.
- Le toit ou tectum parfois incomplet laissant apparaitre les columelles.
- Et enfin l'ornementation, dépressions, murettes épinées, etc.

Il existe des zones différenciées appelées apertures. Ces apertures sont des zones de moindre résistance qui permettront la sortie du tube pollinique lorsque le grain de pollen sera au contact d'un stigmate compatible (Misset *et al.*, 1989).Elles sont fréquemment renflées,

selon leur forme, on distingue les pores (porus) de forme arrondie et les sillons (colpus) de forme allongée. De nombreuses combinaisons sont possibles entre les pores et les sillons, citons les grains :

- Colporés (pores plus sillons) robinier, tilleul, trèfle blanc tous tricolporés.
- Monoporés (forment), diporés (colchique), triporés.
- Monocolpé (lys), dicolpés (hypecoum), tricolpés (amandier, sainfoin).

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

Le pollenkitt est de nature lipidique, et est élaboré par les cellules des étamines et ajouté sur les grains de pollen à la fin de leur maturation, joue de nombreux rôles, variables selon les espèces, dans le processus de pollinisation.

D'autres substances collantes sont présentes à la surface des grains de pollen dans certaines espèces, comme la tryphine (chez les Brassicacées), l'élastoviscine (chez les Orchidacées et les Asclépiadacées), et les filaments de sporopollénine et viscine. Ces substances collantes sont parfois désignées sous le nom de pollencoat, qui intervient dans les réactions de reconnaissance entre pollen et stigmate lors de la fécondation qui se fait d'une manière proche de celle d'une réaction immunitaire (Dobson *et al.*, 2000), et permet l'adhésion des grains sur le corps de l'insecte.

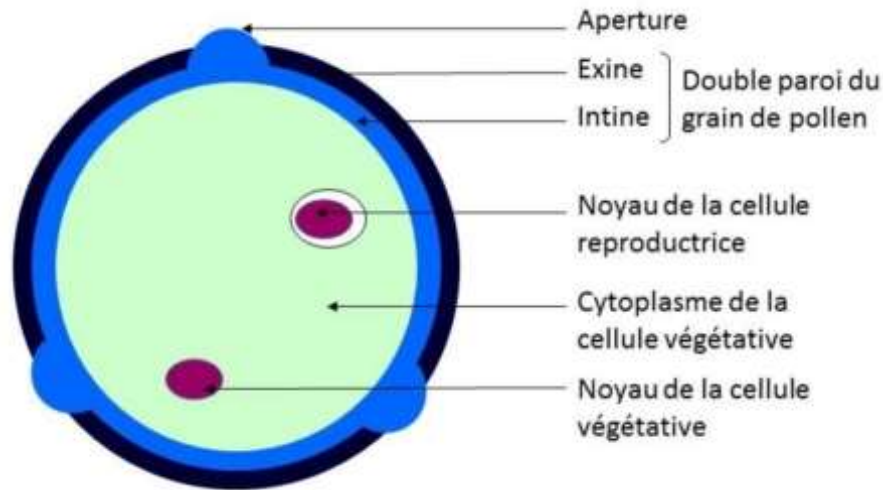


Figure 01 : Structure du grain de pollen (Prieu, 2015)

I.3. Pollinisation

Le pollen transfère sur le stigmate d'une fleur par le processus de pollinisation, ce transfert est effectué soit par le vent qui se fait par les pollens anémophiles ou par les insectes par les pollens entomophiles (Chauvin, 1987 ; Bellanger, 2009). Chaque grain de pollen transporte une variété de nutriments et à son arrivée au stigmate, il se divise en plusieurs cellules.

La croissance se poursuit jusqu'au sac embryonnaire dans l'ovaire de la fleur, à l'intérieur duquel un ovule fusionnera avec un spermatozoïde du pollen et achèvera la fécondation (Darrigol et Dessertine, 1979 ; Donadieu, 1983). Les abeilles pollinisent environ 40 000 espèces végétales, et leur importance pour la pollinisation et la multiplication des plantes sauvages est également immense.

I.4. Pollen d'abeille

I.4.1. Caractéristiques

Le pollen d'abeille est utilisé dans la ruche pour nourrir les abeilles à tous leurs stades de développement, en particulier les particules du pollen constituent la source la plus importante de protéines pour garantir la survie des abeilles (Almeida-Muradian *et al.*, 2005).

Ce pollen se présente sous forme de « pelotes », les abeilles rajoutent des enzymes à chaque pelote qui vont permettre de dissoudre la solide enveloppe qui emprisonne les nutriments à l'intérieur de chaque minuscule grain, cette diversité nutritionnelle fait du pollen un complément alimentaire tonifiant et revitalisant de tout premier ordre (Roulston, 2000).

En effet, chaque espèce botanique possède une pelote de pollen qui lui est caractéristique (Figure 02), cela selon l'aspect macroscopique qui est de masse, de forme et de couleur très variable (Thibault, 2017).



Figure 02 : Pelotes de pollen (Herboristerie suisse, 2017)

4.1.1. La taille : La taille ou la masse des pelotes dépend de la durée du vol du butinage de l'abeille et de l'importance des fleurs des plantes visitées, mais on peut estimer sa moyenne à 2.5 mm de diamètre (Darrigol, 2007 ; Thibault ,2017).

4.1.2. Odeur : il ressemble au foin et qui varie selon l'état du pollen frais ou congelé.

4.1.3. Goût : Goût sucré, aigre, amer, épicé et texture farineuse.

4.1.4. Couleur : Les pelotes du pollen se présentent généralement en couleur jaune ou jaune-brun, ils existent aussi sous forme de diverses couleurs (orange, rouge, bleu ou encore violet) et qui varient selon l'origine des plantes butinées (Biri, 2002).

I.5. Récolte de pollen

I.5.1. Récolte de pollen par l'abeille

Le pollen est récolté tel qu'il est par les abeilles ; se fait principalement à la fin de l'hiver et au printemps. Pour récolter le pollen, les abeilles butineuses sortent de la ruche surtout le matin, avant 10-11h. Leur vol de récolte dure de 3 à 15min (Jean-Prost *et al.*, 2005), le choix de pollen par les butineuses varie en fonction de l'origine géographique de la colonie.

Le processus de récolte par les abeilles se fait par plusieurs étapes (Apimondia, 2001) :

- Les grains sont piégés dans les poils du corps de l'abeille et collectés par les mandibules.
- Les pattes antérieures rassemblent le pollen accumulé sur la partie antérieure du corps.
- Ce pollen est repris par les pattes médianes qui nettoient également le pollen piégé sur le thorax et l'abdomen.
- Ce pollen est ramené aux corbeilles directement ou via la brosse des pattes postérieures.
- Une patte médiane passe entre les tarse des pattes postérieures qui retiennent le pollen grâce à leur peigne.
- Le pollen est enfin rassemblé par le peigne de la patte postérieure opposée et tassé en pelote dans la corbeille, l'aspect des pelotes varie d'une espèce à l'autre (Figure 04).

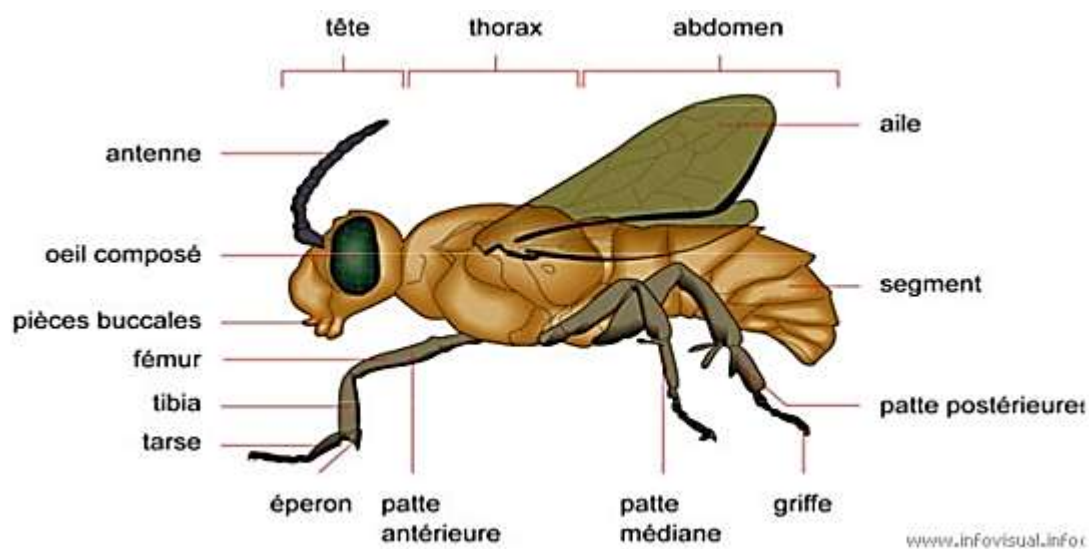


Figure 03 : Morphologie d'une abeille (Laramée, 2007)

Quand la charge est suffisante (environ 15mg/pelote), l'ouvrière revient à la ruche et dépose sa récolte dans les alvéoles au-dessus et à côté du nid à couvain. Lorsque la cellule est remplie aux trois quarts, les abeilles recouvrent le pollen d'un peu de miel et cire.



Figure 04 : Récolte de pollen par l'abeille (Boucher, 2022)

I.5.2. Récolte par l'homme

La récolte du pollen par les apicultures est une opération délicate qui doit se faire attentivement, ce n'est que dans le cas où l'on souhaite récolter le pollen d'une certaine plante qu'il peut être récolté à la main et qui est sur le marché. Ce pollen est récolté en saison de croissance c'est-à-dire lorsque la végétation regorge des plantes riches en pollen.

Généralement, la récolte est à environ 10% du pollen, dont les besoins moyennes annuels d'une colonie sont estimés à environ 30 à 40 Kg (Thibault, 2017 ; Bogdanov, 2016).

Le pollen est récolté à l'aide d'une trappe à pollen constituée d'une grille placée à l'entrée de la ruche. Il existe plusieurs types de trappes qui varient considérablement en taille, en apparence et en méthode d'installation sur la ruche, chacune à une caractéristique qui la rend particulièrement adoptable à un usage spécifique.

Tous ces pièges cependant ont deux éléments de base : une grille que les abeilles porteuses de pollen doivent franchir à travers les trous du peigne pour séparer les grains de pollen de leurs pattes et un récipient pour stocker ces boulettes (Figure 05). En entrant dans la ruche, les charges du pollen des abeilles sont dépouillées et tombent dans le premier tiroir en dessous (Jean-Prost, 2005).

Les apiculteurs utilisent de la fumée pour éviter que les abeilles ne soient écrasées lors de la mise en place ou du retrait des peignes. Généralement cette récolte se fait en fin de la journée, lorsque l'activité retombe afin d'éviter l'utilisation de la fumée qui peut dénaturer le pollen. (Thibault, 2017).



Figure 05 : Trappe à pollen (Agrilisa, 2017)

I.6. Conservation du pollen

Le pollen frais récolté par les abeilles contient environ 20 à 30 g d'eau pour 100g de pollen (Bogdanov, 2004 ; Campos *et al.*, 2008). Cette humidité élevée est un milieu de culture idéal pour le développement des micro-organismes comme les bactéries et les levures.

Pour protéger la qualité de pollen frais, il doit être récolté quotidiennement et immédiatement placé dans un congélateur, il existe souvent des techniques de conservation de ce produit : congélation, séchage et lyophilisation (Bogdanov, 2004).

I.6.1. Séchage

Le pollen mieux séché dans un four électrique, où l'humidité peut s'échapper en permanence, ensuite, il est purifié par une machine spéciale, similaire à la machine de nettoyage des grains. La température maximale est de 30°C et le temps de séchage doit être le plus court possible afin d'éviter les pertes de vitamines, après séchage, la teneur en eau doit être de 6g pour 100g de pollen.

Aujourd'hui, le séchage de pollen peut s'effectuer par exposition à la chaleur naturelle à l'abri du soleil sur des tamis, ou en étuve d'environ 24 heures à une température maximale prescrite de 40°C. Cependant cette température semble être élevée, le séchage à 40°C à révèlè l'effet le plus désavantageux.

Une étude brésilienne a révélé que le séchage du pollen pendant 6 heures à 45°C entraînait des pertes importantes de vitamine E et de β -carotène, ainsi que le provitamine A de 15 à 25% (Szczesna *et al.*, 2006), et une étude portugaise a révélé que le séchage rapide du pollen d'abeille (3 fois pendant 45 secondes) à 50°C dans un four à infrarouge n'a pas entrainer de perte d'activité antioxydante (Dominguez-Valhondo *et al.*, 2013).

Le séchage modifie le profil aromatique du pollen collecter par les abeilles (Dominguez-Valhondo *et al.*, 2013).

I.6.2. Congélation

La congélation n'a provoqué aucun changement substantiel dans la composition chimique des charges de pollen, ce mode de traitement garde le pollen dans un état très proche de l'état naturel, et elle doit être recommandé lorsque la conservation de pollen à des fins nutritionnelles ou thérapeutiques nécessaires (Cherbuliez, 2001).

Après avoir met le pollen dans des sacs en matière plastique ou dans des flacons en verre soigneusement fermés, on les place dans un congélateur à -20C° et sous azote où le pollen pourra se conserver parfaitement pendant des mois. (Jeanne, 1994).

Cependant, ce mode est économiquement très couteux vu l'exigence du pollen congelé au froid durant tout sa durée d'entreposage.

I.6.3. Lyophilisation

La lyophilisation à nettement diminuer la teneur en vitamine C et en provitamine A, une étude espagnole a montré que la lyophilisation est meilleure pour la préservation des propriétés chimiques et biologiques de pollen que le séchage au four (Dominguez-Valhondo *et al.*, 2013).

I.7.Composition biochimique de pollen

La composition biochimique des grains de pollen dépend selon les spécificités géobotaniques des fleurs, les conditions environnementales (lieux, saison et années), l'âge et l'état nutritionnel de la plante (lorsque le pollen est en développement) (Szczesna *et al.*, 2002).

Le pollen est composé de 30 à 55% des glucides, de 25 à 30% des protides (protéines et acides aminés libres), de 1 à 20% des lipides, et pour le reste sont des vitamines (vitamine B et acides foliques) , et des minéraux (calcium, chlore, cuir, fer, magnésium, phosphore, potassium, soufre); il contient également des composés bioactives , et des caroténoïdes ,des composés phénoliques et en particulier les flavonoïdes, qui sont des produits issus du

métabolisme des plantes et qui possèdent de nombreux composés phénoliques, et qui ont des propriétés antioxydantes (Szczesna, 2006).

I.7.1.Eau

La teneur en eau du pollen récolté par l'abeille sous forme de pelotes varie en général entre 20 à 30% (Compos *et al.*, 2008), mais elle peut atteindre jusqu'à 50% (Roulston *et al.*, 2000).

La teneur en eau varie selon l'espèce botanique du pollen (Herbert *et al.*, 1978). Cette humidité élevée est un milieu idéal pour le développement des microorganismes, et pour le déroulement de certains processus biochimiques tel que la germination. Il est donc indispensable de conserver le produit par exemple, par séchage immédiatement après sa récolte afin de préserver sa qualité.

I.7.2.Glucides

L'analyse des sucres est faite par différentes techniques au moyen de haute chromatographie sur couche mince de performance (HPLC) et HPLEC couplées à la chromatographie-spectrométrie de masse à ionisation par électrospray.

Il a été montré que la composition en sucre dans le pollen varie selon l'origine végétale du pollen, la méthode de collecte et la méthode de stockage (Szczesna *et al.*, 2002).

Au total, 14 sucres différents ont été identifiés dans le pollen dont le fructose, le glucose et le saccharose. Le glucose et le fructose sont les glucides majoritairement présents et en quantités équivalentes dans le pollen (Bruneau *et al.*, 2011). Des valeurs de 37% pour le glucose, de 46 % pour le fructose, et 8 % pour le saccharose (Szczesna, 2006).

Le pollen contient également d'autres sucres comme l'arabinose, le ribose, le théhalose, l'isomaltose, le turanose, le coibiose, le gentiobiose, le melibiose et le melezitose ont des valeurs relatives proche de 1% (Serra Bonvehi *et al.*, 1986), et aussi de l'amidon en proportion fortement variable de 0 % à 22 % du poids secs (Roulston *et al.*, 2000).

I.7.3. Protides (protéines et acides aminés)

• Protéines

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

La teneur en protéines contenue dans le pollen est très variable, elle varie entre 8 à 40 % selon l'espèce végétale et l'origine florale (Szczesna, 2006), et de la variabilité d'une même espèce végétale et de la localisation géographique (Pernal *et al.*, 2000). On y trouve que les protéines comprennent 22 acides aminés (5 à 6 % de la masse totale du pollen) (Phillipe, 1991), parmi eux on trouve les acides aminés indispensables à la vie et l'organisme ne peut pas les synthétiser par lui-même et les acides aminés accélérateurs de croissance : Arginine, la lysine, la leucine, la proline, l'acide aspartique, l'acide glutamique (Cherbulier, 2001). Ces acides aminés se trouvent quasiment dans les différents types de pollen (Roulston et Cane, 2000).

De plus, dans le pollen il existe des quantités importantes d'acides nucléiques, en particulier ribonucléique (Bogdanov, 2004).

• Acides aminés

Les acides aminés sont les constituants de base des protéines et sont indispensables au développement, à l'entretien et au renouvellement des tissus biologiques.

Ces acides organiques, portant un ou deux groupement amine, sont au nombre de 24 dont 8 essentiels car non synthétisés de manière suffisantes dans le corps humain : la leucine, l'isoleucine, la lysine, la valine, la méthionine, la phénylalanine, le tryptophane et la thréonine (Szczesna, 2006 ; Paramás *et al.*, 2006 ; Human et Nicolson, 2006).

Il existe des protéines définies comme «de haut valeur biologique », car possédant ces 8 acides aminés dans des proportions intéressantes, et que l'on retrouve dans les œufs, le lait de vache, la viande, le fromage, les poissons, les germes de blé, le soja, la levure de bière, les céréales mais aussi dans le pollen d'abeille (Roulston *et al.*, 2000).

Dans ce dernier élément, on a les proportions suivantes : leucine 9.06%, lysine 7.70%, isoleucine 7%, valine 6.91%, phénylalanine 5.94%, thréonine 5.28 %, méthionine 1.17% et tryptophane <1% (Chauvin, 1987).

Ces acides aminés sont utilisés en complément en cas de stress, de dépression ou encore chez certains sportifs adeptes de la musculation.

Le tableau suivant expose les teneurs en acides aminés de différentes plantes :

Tableau I : La composition quantitative en acides aminés de divers pollens (en g pour 100g du pollen) (Chauvin, 1987)

	<i>Salixnigra</i>	<i>Delphinium virescens</i>	<i>Quercus stellata</i>	<i>Lupinustex ensis</i>	<i>Cassia fasciculata</i>	Mélange de pollen
Arginine	5.6	4.4	6.4	4.9	5	5.7
Histidine	2	3.5	2.4	2.2	2.6	2.4
Isoleucine	5.2	5.1	4.7	5.5	5.8	4.5
Leucine	7	6.6	7.2	7.4	7.5	6.7
Lysine	5.9	6.3	7	6	6.8	6.3
Méthionine	1.9	1.8	1.7	2.1	2.1	1.8
Phénylalanine	3.7	4.4	4.1	4	4.3	3.9
Thréonine	3.8	3.9	4	4.3	2.3	4
Tryptophane	1.5	1.4	1.2	1.4	1.6	1.3
Valine	6	6	5.5	5.6	5.9	5.7
Protéine brute	22.57	22.66	27.68	32.08	33.32	19.7

I.7.4. Lipides

Les produits de la ruche sont particulièrement pauvres en lipides, sauf dans le cas de la cire d'abeille, mais contiennent toutefois des triglycérides, des acides gras libres, du cholestérol et des méthyl esters d'acide gras. Pain d'abeille et pollen contiennent en particulier des acides gras libres et lipides complexes, comme les caroténoïdes ou les phospholipides.

La teneur en lipides du pollen varie de 1 à 20% du poids sec (Prost et Le Conte, 2005). Cette quantité varie selon qu'il provient de plantes anémophiles pauvres en lipides (environ 2% dans le pollen des pins) ou de plantes entomophiles (de l'ordre de 14% dans le pollen de pissenlit) (Cherbuliez, 2001).

Les acides gras qui sont présents dans le pollen à haut environ 5.1 %, sont importants pour la reproduction, le développement et la nutrition des abeilles. Les plus représentés sont par ordre décroissant: l'acide linoléique, l'acide palmitique et l'acide linoléique. Les pollens ayant les taux les plus élevés, notamment en acide gras linoléiques, linoléiques, myristiques et dodécanoïques interviendraient dans l'inhibition des microbes pathogènes. (Human et Nicolson, 2006).

I.7.5. Vitamines

Le pollen est une source assez importante de vitamines à la fois liposolubles telles que la provitamine A, β -carotène et les vitamines E (tocophérol), D et hydrosolubles telles que B1, B2, B6 et C et acides : pantothénique et folique, biotine, rutine et inositol, la niacine. (Komosinska-Vassev *et al.*, 2015 ; Xi *et al.*, 2018).

I.7.6. Minéraux

Comme dans le cas des autres constituants du pollen d'abeille, la composition minérale est fortement affectée par plusieurs facteurs, principalement le sol, le climat, l'origine géographique et les espèces botaniques, car les plantes accumulent des quantités différentes de sels minéraux (Valverde *et al.*, 2023).

Les principaux minéraux présents dans le pollen sont : Le potassium qui est l'élément le plus abondant suivi du phosphore, du calcium et le magnésium. La présence de cuivre, de zinc et de fer, ainsi que l'apport élevé en potassium/sodium présentent un intérêt pour les régimes nécessitant une balance électrolytique définie (Massaux, 2016).

Le profil minéral peut être utilisé comme biomarqueur des origines botaniques et géographiques du pollen d'abeille, ce qui est aujourd'hui un enjeu tout à fait pertinent en terme de lutte contre la fraude dans l'industrie apicole, en raison de l'adultération avec du pollen d'origine non déclarée (Wang *et al.*, 2021 ; Wang *et al.*, 2022).

Le tableau suivant représente les principaux composants de pollen.

Tableau II : Composition de pollen (Campos *et al.*, 2008)

Composants	Quantité g dans 1kg
Les glucides	
Fructose, glucose, saccharose, fibre	130-550
Fibres brute	3-200
Protéine	100-400
Lipides	10-130
Vitamines	
Acide ascorbique (vitamine C)	0,07-0,56
β –carotène (provitamine A)	0,01-0,20
Tocophérol (vitamine E)	0,04-0,32
Niacine (vitamine B3)	0,04-0,11
Pyridoxine (vitamine B6)	0,002-0,007
Thiamine (vitamine B1)	0,006-0,013
Riboflavine (vitamine B2)	0,006-0,02
Acide pantothénique	0,005-0,02
Acide folique	0,003-0,01
Biotine (vitamine H)	0,0005-0,0007
Minéraux	
Potassium (K)	4-20
Phosphore(P)	0,80-6
Calcium (Ca)	0,20-3
Magnésium (Mg)	0,20-3
Zinc (Zn)	0,03-0,25
Manganèse (Mn)	0,02-0,11
Fer (Fe)	0,11-0,17
Cuivre	0,002-0,016

I.7.8. Composés phénoliques de pollen

Les composés phénoliques sont des nutriments alimentaires fonctionnels et présentent une similitude structurelle, synthétisé par la voie de biosynthèse des polyphénols et des flavonoïdes (Wang *et al.*, 2023), sont des métabolites secondaires des végétaux à structure polyphénolique, qui sont largement distribués dans les légumes, les fruits, les céréales, le thé, le vin rouge et leurs aliments et boissons dérivés (Li *et al.*, 2023).

Le pollen d'abeille est une bonne source de polyphénols et flavonoïdes, qui ont la capacité de piéger les radicaux libres et contribuent en partie à sa capacité antioxydante (Gercek *et al.*, 2021). Ces composés peuvent varier selon la source végétale ainsi que sa zone géographique.

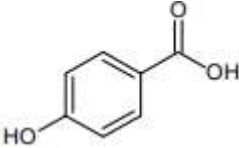
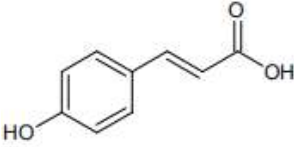
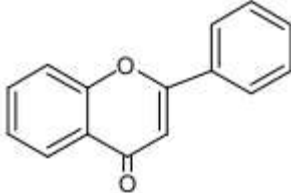
Selon leur structure, les composés phénoliques de pollen d'abeille peuvent être différenciés en acides phénoliques et flavonoïdes.

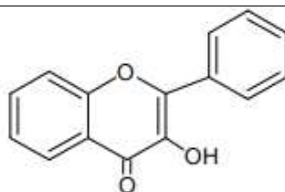
Les acides phénoliques sont les constituants bioactifs du pollen, leur teneur dans ce dernier est en moyenne de 0,19% constituent un ensemble de diverses structures et propriétés. Leurs molécules contiennent un cycle aromatique et un groupe carboxyle, parmi eux on peut distinguer l'acide benzoïque, l'acide phénylacétique et l'acide cinnamique. Les dérivés des acides cinnamique et benzoïque sont les plus importants (Rzepecka-Stojko *et al.*, 2015).

Les flavonoïdes sont la classe la plus abondante et la plus étudiée des polyphénols de faible poids moléculaire (Denisow et Denisow-Pietrzyk, 2016). Leur structure chimique est caractérisée par la présence d'un système cyclique diphenylpropane (C6-C3-C6) avec un squelette benzo- γ -pyrone. Nous pouvons distinguer les flavonols, les flavones, les flavonones et les isoflavones en tant que composant flavonoïdes de pollen d'abeille (Rzepecka-Stojko *et al.*, 2015).

Le tableau suivant représente les principaux composés polyphénoliques de pollen et leurs dérivés ainsi que leurs structures.

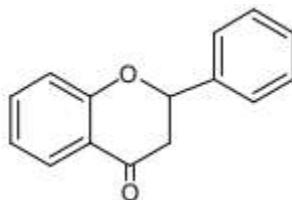
Tableau III : Principaux composés polyphénoliques de pollen et leurs dérivés (Rzepecka-Stojko *et al.*, 2015).

Composants phénoliques	Structures des composants principales	Position des groupes hydroxyles libres	TEAC ^a (mM)
1. Acides phénoliques			
Acides hydroxybenzoïques			
			
	Acides hydroxybenzoïques		
Acide gallique		3,4,5	3,0
Acide protocatéchuique		3,4	1,2
Acides hydroxycinamiques			
			
	Acides hydroxycinamiques		
Acide caféique		3,4	1,3
Acide férulique		4	1,9
Acide chlorogénique		3,4	1,3
Acide para-coumarique		4	2,2
Acide ortho-coumarique		2	1,0
2. Flavonoïdes			
Flavones			
			
	Flavones		
Lutéoline		5,7,3',4'	2,1
Apigénine		5,7,4'	1,5
Chrysin		5,7	1,4

Flavonols

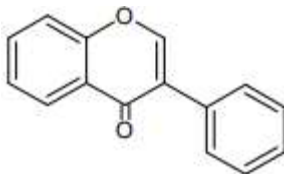
Flavonols

Quercétin	3,5,7,3',4'	4,7
Rutine (Q3-O-rutoside)	5,7,3',4'	2,4
Kaempférol	3,5,7,4'	1,3
Myricétine	3,5,7,3',4',5'	3,1
Galangine	3,5,7	

Flavonones

Flavonones

Naringénine	5,7,4'	1,5
Pinocembrine	5,7	

Isoflavones

Isoflavones

Génistéine	5,7,4'	
------------	--------	--

I.7.9. Autres composants

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

- Des hormones et précurseurs hormonaux.
- Des facteurs de croissances : un glucoside nommé rutine, pigment qui augmente la résistance capillaire (Nigelle, 1972).
- Des substances antibiotiques que le pollen peut recéler lui-même qui sont complétés par l'abeille, qui les ajoute lors de la confection de la pelote. Ces substances confèrent au pollen une action bactériostatique.

- **Pigments** : On peut séparer dans les récoltes obtenues à la trappe à pollen, les différents constituants, grâce à leurs couleurs ; les colorations que présentent les pelotes faites par les abeilles vont du jaune pâle au vert, avec toutes les gammes d'orangés et de bruns.

II. Activités biologiques du pollen

Le pollen d'abeille est un produit apithérapeutique précieux très apprécié par la médecine naturelle en raison de ces applications médicales et nutritionnelles potentielles. Il démontre une série d'activités telle que antioxydante, antimicrobienne, anti-inflammatoire, ainsi que d'autres activités.

II.1. Activité nutritionnelle

Le pollen d'abeille est l'un des plus anciens suppléments alimentaires, il contient presque tous les éléments nutritifs essentiels d'un régime alimentaire (les minéraux, protéines, vitamines, glucides) (Bakour *et al.*, 2020 ; Laaoussi *et al.*, 2023). Le pollen est l'aliment le plus riche en acides aminés essentiels puisqu'il provient de plusieurs espèces végétales. Il a été prouvé que la consommation de 30 g de pollen par jour apporte tous les éléments essentiels ; comme il existe d'autre source d'acides aminés dans notre alimentation (Philippe, 1999).

La complémentation par le pollen peut augmenter le taux d'hémoglobine chez les anémies, reprise de poids et l'appétit chez les personnes amaigries, compense les carences minérales et traite la fatigue physique excessive (Saraiva *et al.*, 2018).

II.2. Activité antimicrobienne

II.2.1. Activité antibactérienne

Avec l'augmentation de la prévalence des bactéries résistantes aux antibiotiques, le pollen est de plus en plus apprécié pour son activité antibactérienne (Ellof *et al.*, 2005 ; Sayari *et al.*, 2016). Sa puissance activité in vitro contre les bactéries gram positif (*Staphylococcus aureus*) et bactéries gram négatif (*Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa*), ont attiré l'attention de nombreux chercheurs qui ont démontré le pouvoir bactériostatique et bactéricide de pollen quel que soit son origine géobotanique (Apimondia, 2001).

L'activité antibactérienne de pollen est liée à la teneur élevée en quercétine, kaempférol et les acides phénoliques, elle consiste à former des complexes avec les paroi cellulaires bactériennes par des adhésines et les polypeptides exposés en surface, et/ou des enzymes de la membrane cellulaire, ce qui conduit à la perturbation de l'intégrité de la paroi cellulaire, bloquant les canaux d'ions (Aboshora *et al.*, 2014).

II.2.2 Activité antifongique

Koç *et al.* (2011) ont étudié l'activité de pollen sur des différentes levures, notamment sur le genre *Candida*. Il en résulte de leurs expériences que le pollen exerce une inhibition sur les levures pathogènes, ainsi qu'une étude *in vitro* réalisée par Özcan. (2004) a montré des effets inhibiteurs des extraits de pollen sur différents champignons (*Saccharomyces cerevisiae*, *Candida rugosa*, *Aspergillus niger* et *Rhizopus oryzae*).

II.2.3. Activité antivirale

Bien que les travaux dans ce domaine soient moins nombreux, l'action de pollen sur certaines maladies virales a été étudiée (Lima *et al.*, 2021). Il a été montré que la richesse de pollen en composés phénoliques et flavonoïdes et leurs dérivées lui confère une activité prometteuse contre les CoV comme le SARS-CoV-2, le MERS et le Covid 19 (Yi *et al.*, 2004 ; Chen *et al.*, 2006 ; Rzepecka *et al.*, 2015).

II.3. Activité antioxydante

Les antioxydants sont des molécules susceptibles d'inhiber la production et de détruire les radicaux libres et les piégeant lorsqu'ils sont produits d'une façon excessive dans l'organisme. La surproduction de ces radicaux provoque des lésions directes des molécules biologiques (oxydation de l'ADN, des protéines, des lipides, des glucides) (Favir, 2003 ; Hummel *et al.*, 2020). Ceci provoque ce qu'on appelle un stress oxydatif, qui est à l'origine des dommages structuraux, fonctionnels et plusieurs maladies tels que les maladies chroniques, le cancer, maladies cardiovasculaires, insuffisance rénale, maladie neurodégénérative comme la maladie d'Alzheimer (Thibault, 2017 ; Bensakhria, 2018). Les antioxydants peuvent donc prévenir contre ces radicaux avant que les cellules ne soient endommagées.

Le pollen est une source importante des antioxydants naturels, ce qui lui confère une activité antioxydante élevée. Cette activité est liée à sa teneur en métabolites secondaires comme les composés polyphénoliques et les flavonoïdes, qui sont des molécules piègeurs des radicaux libres toxiques et peuvent complexer les ions métalliques qui catalysent les réactions d'oxydation, grâce à leur structure chimique et résultant à la fois des doubles liaisons et la localisation des groupes hydroxyles (Araújo *et al.*, 2017 ; Xi *et al.*, 2018 ; Soares De Arruda *et al.*, 2021).

De plus, l'acide ascorbique (vitamine C) qui a la capacité de piéger les radicaux libres dans la phase aqueuse. Ensuite, les caroténoïdes et le tocophérol (vitamine E) qui ont la capacité d'inactiver les radicaux libres et mettre fin à la peroxydation lipidique et complexer les métaux qui catalysent les réactions d'oxydations (Morais *et al.*, 2011 ; Denisow et Denisow-Pietrzyk, 2016 ; Zou *et al.*, 2020). Cette activité varie en fonction de l'origine botanique des plantes dont le pollen est issu ainsi que les caractéristiques géographiques et climatiques (Campos *et al.*, 2010 ; Mayda *et al.*, 2020).

II.4. Activité anti-inflammatoire

Le pollen se caractérise également par une forte activité anti-inflammatoire et son ampleur est comparé à des anti-inflammatoires non stéroïdiens (Pascoal *et al.*, 2014).

Le pollen apporte les substances nécessaires pour aider l'organisme à diminuer l'inflammation en particulier les flavonoïdes, les acides phénoliques ainsi que les acides gras et les phytostérols en modulant les gènes pro-inflammatoires et les β -carotènes qui sont utilisés d'une manière courante contre les inflammations chroniques (Choi, 2007 ; Maruyama *et al.*, 2010 ; Bee-hexagon, 2011).

Ces effets anti-inflammatoires ont été confirmés lors de tests cliniques dans le cas d'hypertrophie bénigne de la prostate et les symptômes dus à l'inflammation de la prostate ont significativement régressé chez le groupe ayant reçu du pollen (Rzepecka-Stojko *et al.*, 2015).

II.5. Activité antianémique

La richesse de pollen en fer peut réduire considérablement les effets négatifs de la carence en ce dernier en exerçant un effet régénérateur et en améliorant l'absorption et l'utilisation du fer alimentaire montrant ainsi une activité antianémique (Harrow *et al.*, 2000 ; Rzepecka *et al.*, 2015).

II.6. Activité antidiabétique

Le pollen d'abeille est un complément alimentaire sain qui peut protéger contre les troubles du syndrome métabolique en inhibant α -amylase et α -glucosidase (des enzymes intestinales) et qui pourra contrôler le taux de glucose dans le sang, de plus la teneur de pollen en acides gras insaturés, de phospholipides et de phytostérols induit à une forte activité hypoglycémiant (Komosinska-Vassev *et al.*, 2014), Pourtant ces agents synthétiques ont des

effets secondaires indésirables, il est donc justifié de rechercher des inhibiteurs naturels pour maintenir la glycémie à des niveaux normaux (Matsui *et al.*, 2001).

II.7. Activité cardioprotectrice

La composition de pollen en acides gras insaturés essentiels et en vitamines et flavonoïdes a une influence bénéfique sur le système cardiovasculaire en normalisant le cholestérol et les triglycérides, il peut aussi lutter contre l'obésité qui est un indicateur majeur de risque cardiovasculaire (Liusov *et al.*, 1992 ; Rzepecka *et al.*, 2015).

II.8. Activité hypolipidémiant

Des études pharmacologiques et cliniques sur des modèles animaux ont montré que le pollen a un effet hypolipidémiant sur la teneur plasmatique en lipides totaux et en triacylglycérols et diminue le cholestérol notamment grâce à sa richesse en phytostérols qui ont une structure chimique proche de ce dernier en occupant ses sites d'absorption dans l'intestin. De plus, les effets hypolipidémiants sont en corrélation avec les niveaux d'hormones telles que l'insuline, la testostérone et la thyroxine qui sont impliquées dans un métabolisme lipidique plus élevé (Juzwiak *et al.*, 1989 ; Manning, 2001 ; Kassyanenko *et al.*, 2010 ; Kas'ianenko *et al.*, 2011 ; Yan *et al.*, 2021).

II.9. Activité cosmétologique

Le pollen en tant qu'un produit naturel riche en composants bioactives recèle un fort potentiel de développement dans le domaine cosmétique. Il contribue à renforcer efficacement les mécanismes de protection contre la sécheresse cutanée et le vieillissement cutané qui ont des effets néfastes sur la peau. Egalement, Il est ajouté à la composition des shampooings antipelliculaires pour ses propriétés inhibitrices de la croissance des champignons et arrête les démangeaisons du cuir chevelu. De plus des pommades à base des extraits de pollen sont utilisées pour traiter les brûlures car il aide à régénérer et hydrater les tissus endommagés (Komoniska *et al.*, 2015 ; Xi *et al.*, 2018 ; Kurek-Górecka *et al.*, 2020).

II.10. Activité antidépressive

Le pollen en tant qu'un complément alimentaire, il peut jouer un rôle dans la régulation des états dépressifs légers, l'anxiété, l'humeur et le sommeil cela dû à ses propriétés antioxydantes

et sa composition en tryptophane qui est un précurseur de la sérotonine et de la mélatonine (Thibault, 2017).

Matériel et méthodes

Matériel et méthodes

Notre étude expérimentale a été réalisée au sein des laboratoires pédagogiques des analyses physicochimiques et microbiologiques ainsi que le laboratoire de recherche de Biochimie Analytique et Biotechnologie (LABAB) de la Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou (UMMTO), durant la période qui s'étend de Mars à Mai 2023.

Pour cela l'objectif de notre travail est la détermination de l'origine botanique des échantillons de pollen, l'étude des paramètres physicochimiques (Potentiel d'hydrogène pH et l'humidité) . et un dosage phytochimique à savoir les polyphénols.

De plus un dosage de polyphénols a été fait ainsi que l'évaluation de certaines propriétés biochimiques (activité antioxydante) et biologiques (activité antibactérienne) des extraits éthanoliques et méthanoliques du pollen.

le travail expérimental effectué est résumé dans la figure 06 ci-dessus :

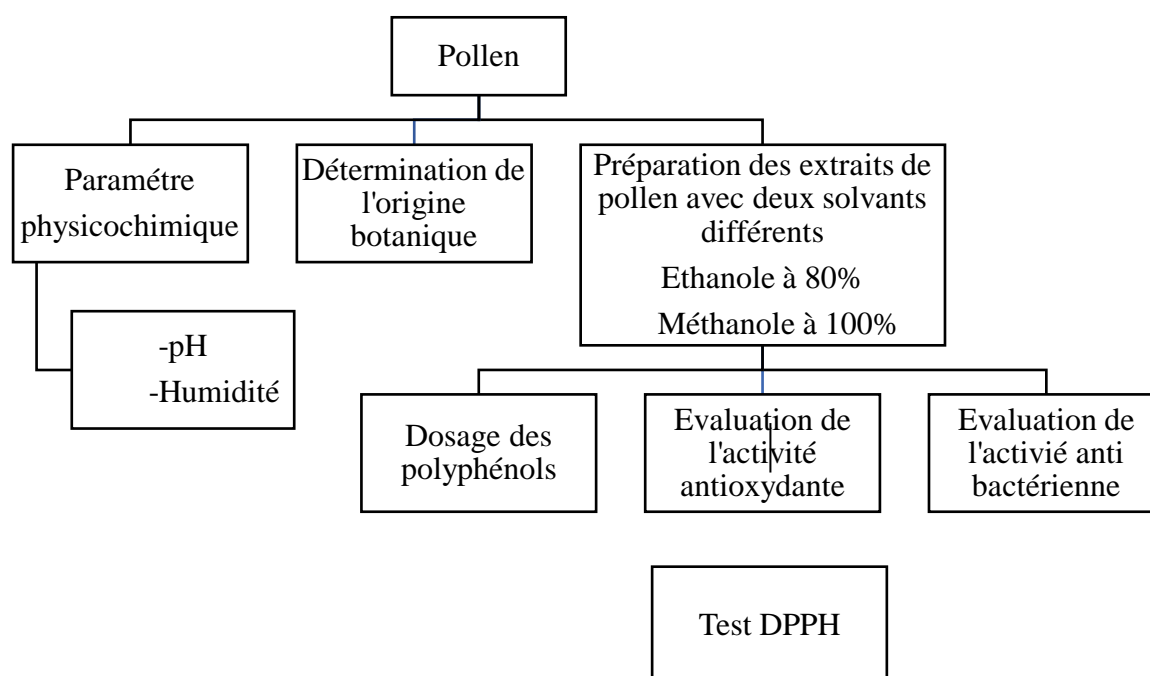


Figure 06 : Différentes analyses effectuées sur les échantillons de pollen

Matériel et méthodes

1. Appareillage et réactifs

L'appareillage et les réactifs utilisés dans notre travail expérimental sont cités en annexe 1.

2. Matériel biologique

2.1. Pollen

Le présent travail est mené sur deux échantillons de pollen récoltés en Algérie dans la région d'Ait Toudert (wilaya de Tizi-Ouzou), en mois de Février 2023 sous forme des pelotes, et dans la Wilaya de Biskra durant le mois de Mars 2023 sous forme d'une poudre. Nos échantillons ont été conservés au réfrigérateur à 4°C jusqu'à leurs analyses.

2.2. Les souches bactériennes

Le test de l'activité antibactérienne des extraits éthanoliques et méthanoliques de pollen a été effectué sur quatre souches bactériennes de référence fournies par le laboratoire pédagogique de microbiologie de l'université de Tizi-Ouzou (tableau IV), ces souches sont pathogènes et responsables d'infections graves chez l'homme, dont la plupart sont résistantes aux antibiotiques.

Tableau IV: Les souches bactériennes utilisées

<i>Souches</i>	<i>Types</i>	<i>Références</i>
<i>Escherichia coli</i>	Bactérie Gram négatif	25922
<i>Pseudomonas</i>	Bactérie Gram négatif	ATU 27852
<i>Staphylococcus aureus</i>	Bactérie Gram positif	MU50
<i>Bacillus cereus</i>	Bactérie Gram positif	ATCC 1457

3. Triage de pollen selon la couleur

Le pollen récolté est un mélange de différentes couleurs, selon l'espèce botanique. Un triage est une séparation colorimétrique qui était réalisé afin d'obtenir différents sous échantillons de différentes couleurs (jaune, vert, orange, marron), le pollen de Biskra est sous forme d'une poudre nécessite pas un triage.

4. Détermination de l'origine botanique de pollen

L'origine botanique des échantillons de pollen a été déterminée par Mlle Saker Y. (Doctorante en Biotechnologie, Université de Vigo, Espagne) à l'aide de la méthode palynologique et selon la méthode de (Gabriel *et al.*, 2015).

4.1. Préparation des échantillons

- Peser 1g de mélange d'échantillon de pollen, une séparation colorimétrique a été réalisée pour obtenir différents sous échantillons.
- Chaque couleur a été pesée séparément.

Tableau V : Le poids des sous échantillons de pollen issus d'un gramme de mélange.

Couleurs de pollen séparé par 1 g de mélange	Jaune	Marron	Orange	Vert
Le poids	0,60g	0,15g	0,15g	0,10g

- Pour le pollen de la région de sud 1g a été pesé.
- Les différents sous échantillons sont dissous dans 5ml d'eau distillée.
- Agitation pendant 20 min.
- Centrifugation pendant 10min a 4500tr/min.

4.2. Préparation de la gélatine

- Préparation A

7g de gélatine en poudre est dissoute dans 42ml d'eau distillée. Laisser reposer environ 2h.

- Préparation B

50g de glycérine (densité=1,25 ou similaire) sont dissous dans environ 42ml d'eau distillée. Auquel on ajoute 0,5g de phénol cristallisé.

- Après 2h, les préparations A et B sont mélangées, ensuite chauffer le mélange au bain marie pendant 15min, on obtient de la gélatine glycéinée.

Matériel et méthodes

- Laisser refroidir jusqu'à solidification, ensuite peser des blocs.
- Faire chauffer à nouveau au bain marie et une fois chaud on ajoute la fuchsine en proportion : 12g de la gélatine glycinée + 2 gouttes de fuchsine à 1%.

4.3. Préparation des lames pour l'analyse

Sur une lame mettre 10 μ l de la solution de pollen puis ajouter une goutte de la gélatine, ensuite couvrir par une lamelle.

- L'observation a été réalisée par un microscope optique.

5. Analyses physicochimiques

5.1. Potentiel d'hydrogène (pH)

- **Principe**

Ce paramètre été mesuré à la phase aqueuse obtenue après une dissolution de 10 g de pollen séparé par couleur (jaune, vert, marron et orange) et une autre variété de sud algérien avec 75 mL de l'eau distillée stérile, les solutions obtenues sont ensuite homogénéisées à l'aide d'un agitateur magnétique, puis l'électrode de pH-mètre est émergé dedans, les mesures de pH ont été répétées 2 fois (Barbara *et al.*,2015).

Le schéma ci-dessus illustre le protocole de mesure du pH des échantillons de pollen analysés ;

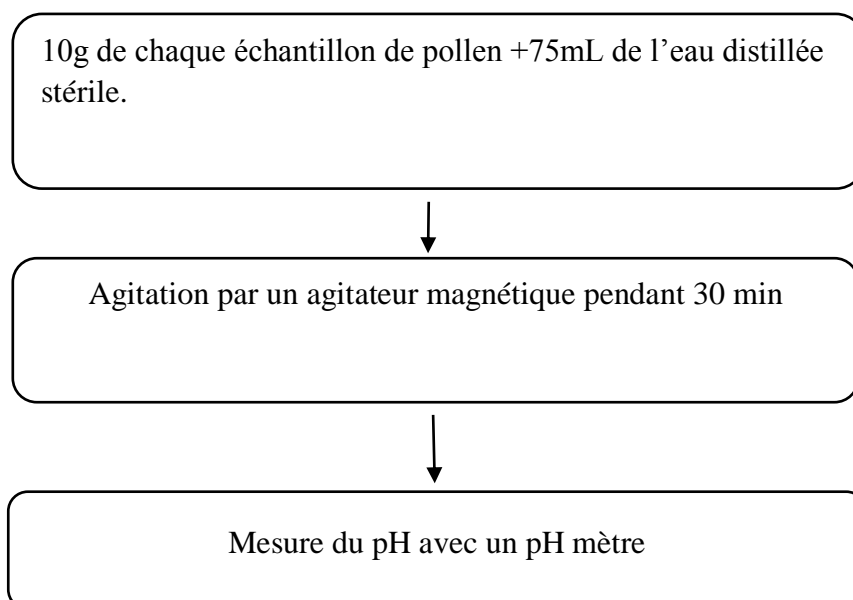


Figure 08 : Diagramme des étapes de préparation des extraits de pollen par deux solvants : éthanol et méthanol (Rojo *et al.*, 2023).

Matériel et méthodes

Les valeurs du pH sont directement lues sur l'écran du pH-mètre.

5.2. La teneur en eau (Humidité)

- **Principe**

La teneur en eau du pollen consiste à un étuvage d'un échantillon de 2g de chaque type de pollen à 100°C jusqu'à l'obtention d'un poids constant (Barbara *et al.*, 2015).

Mode opératoire

Le dosage de la teneur en eau des différents types de pollen a été effectué comme suit :

1. Étiqueter les boîtes de Pétri avec un crayon ou un marqueur.
2. Peser les récipients et noter leur poids (t).
3. Tarer le poids des boîtes et peser environ 2 grammes de chaque échantillon (m).
4. Mettre les échantillons dans l'étuve à 100°C pendant 12 heures.
5. Sortir les échantillons de l'étuve avec des gants de protection et mettre dans le dessiccateur pendant 1 heure.
6. Peser sur la balance et noter (m').
7. Remettre le récipient avec l'échantillon dans l'étuve pendant 1 heure.
8. Sortir de l'étuve avec des gants de protection et mettre dans le dessiccateur pendant 1 heure.
9. Peser sur la balance et noter (m'') si m'=m'' le processus est terminé s'il ne coïncide pas, répéter les points 7 et 8 jusqu'à ce que le poids soit constant (MF). Le taux d'humidité est exprimé en pourcentage :

$$(H\%) = 100 - \left[\frac{m_f - t}{m} \right] \times 100$$

-**mf** : le poids constant

-**t** : poids de l'échantillon et du creuset après séchage

-**m** : masse de la prise d'essai (g).

6. Préparation des extraits de pollen

- **Principe :**

La méthode d'extraction suivie dans notre étude est la macération, il s'agit d'un simple contact entre le support solide et le solvant.

Les extraits des échantillons de pollen ont été préparés selon la méthode de (Gabriel *et al.*, 2015) avec quelques modifications (Rojo *et al.*, 2023).

Mode opératoire

La Figure ci-dessus illustre le protocole d'extraction de pollen par deux solvants : éthanol 80% et le méthanol 100%.

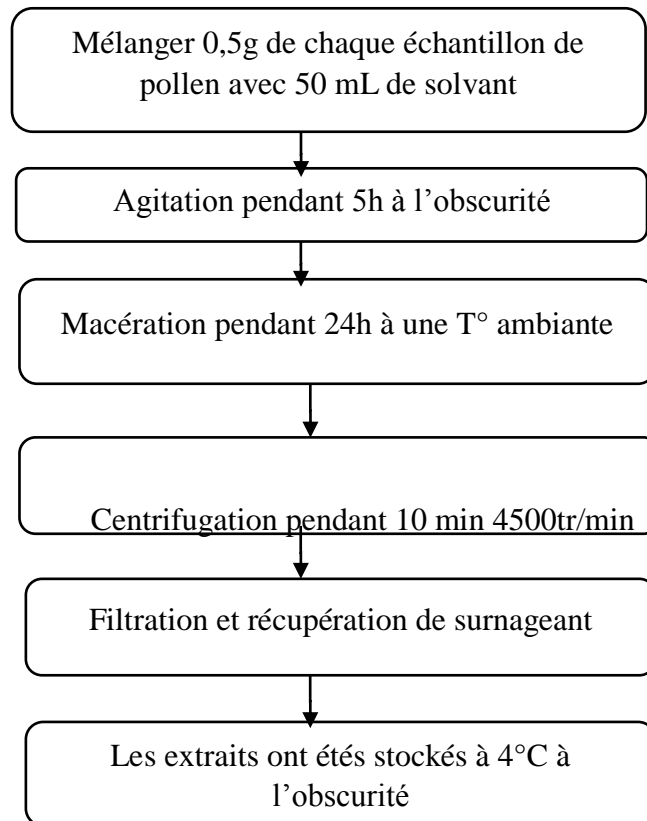


Figure 08 : Diagramme des étapes de préparation des extraits de pollen par deux solvants : éthanol et méthanol (Rojo *et al.*, 2023).

7. Evaluation de la teneur totale en polyphénols (TPC)

- **Principe**

La teneur phénolique totale (TPC) a été réalisée sur la base de la méthode développée par Singleton et Rossi. (1965) et estimée selon la méthode de Folin-Ciocalteu.

La quantification des polyphénols totaux a été faite à l'aide d'une courbe d'étalonnage linéaire ($y=ax+b$), réalisée dans les mêmes conditions que celle de l'échantillon, en utilisant l'acide gallique comme standard, les résultats sont exprimés en milligrammes d'équivalent de l'acide gallique sur gramme de pollen (mg EAG/g).

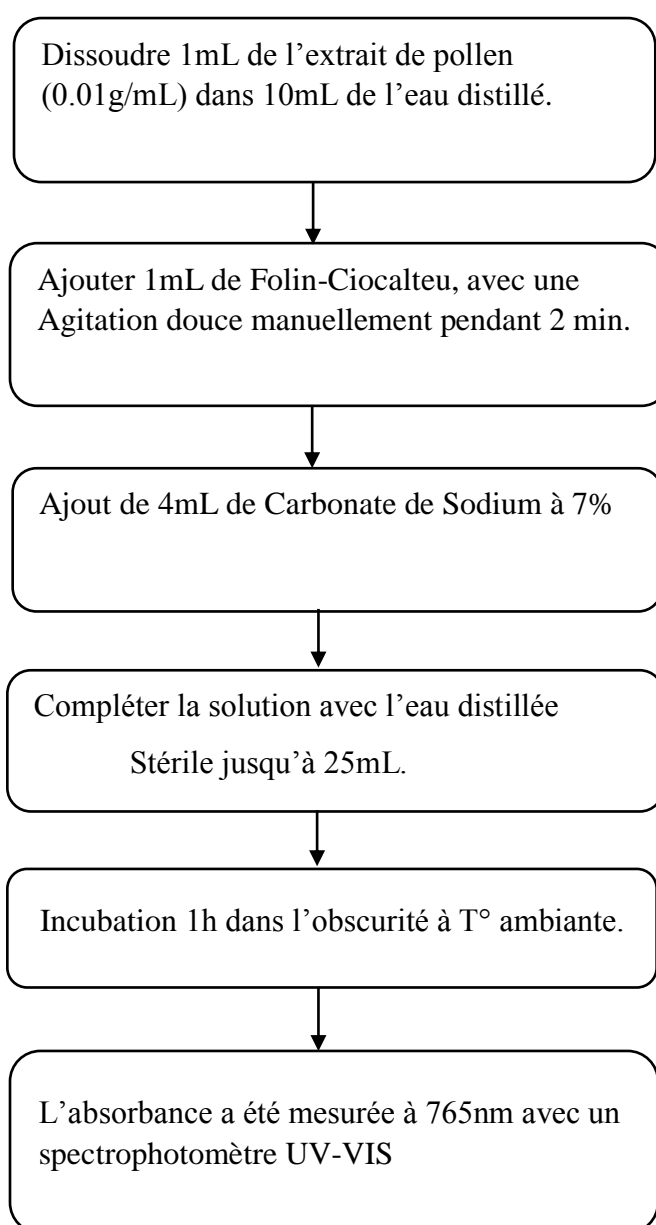


Figure 09 : Protocole de dosage des polyphénols (Singleton et Rossi, 1965).

8. Evaluation de l'activité antioxydante de pollen

- **Principe**

L'activité antioxydante des échantillons de pollen a été évaluée par le test de piégeage du radical libre DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl), en utilisant la méthode développée par (Sanchez-Moreno, 2002).

Mode opératoire

- Mélanger 1mL de l'extrait de pollen avec 1mL de l'éthanol à 80%.
- La solution de DPPH a été préparée par solubilisation de 0.024g de DPPH dans 100mL de méthanol à l'obscurité ce qui donne une concentration de 0.0006M (Solution 1).
- 5ml de solution de DPPH préparée au paravent dans laquelle on ajoute de méthanol jusqu'à 50mL pour obtention d'une deuxième solution de DPPH avec une concentration de 0,00006M (Solution 2).
- Mélanger 0.3mL de l'extrait de pollen préparé dans la première étape avec 2.7mL de la deuxième solution de DPPH.
- Après 30min d'incubation à l'obscurité à température ambiante, l'absorbance a été mesurée à 517 nm.
- Le témoin : mélanger 0,3mL de l'éthanol à 80% avec 2,7mL de la deuxième solution de DPPH.

La décoloration de chaque échantillon testé a été calculée par le pourcentage d'activité de piégeage des radicaux (RSA) en utilisant la formule suivante :

$$RSA(\%) = \frac{[(AB - AA)]}{AB} \times 100$$

RSA : inhibition de DPPH(%)

AB : Absorbance de témoin.

AA : Absorbance de la solution du pollen (échantillon).

9. Evaluation de l'activité antibactérienne

L'activité antibactérienne de nos extraits a été évaluée par la méthode de diffusion sur milieu gélose décrite par Bssaibis *et al.* (2009). Il s'agit de mesurer les zones d'inhibitions issues de l'effet des extraits éthanoliques et méthanoliques vis-à-vis quatre souches bactériennes de référence regroupées dans le tableau IV.

9.1. Milieu de culture

Le test antibactérien a été réalisé sur milieu Muller-Hinton qui est un milieu approprié pour les bactéries à tester et qui permet une bonne croissance bactérienne (Eucast, 2003).

9.2. Préparation de pré-culture (réactivation des souches)

Les tests antibactériens doivent être réalisés à partir des cultures jeunes de 18h à 24 heures en phase de croissance exponentielle. La réactivation des souches est effectuée par l'ensemencement de l'espèce bactérienne dans un milieu solide nutritif, puis incubé pendant 18h à 24h à 37°C.

9.3. Préparation de la suspension bactérienne et standardisation

A partir de cette culture pure et jeune de 24h, prélever quelques colonies bien isolées et parfaitement identiques puis additionner à un volume de 9ml de l'eau physiologique stérile à 0.9%, bien homogénéiser la suspension bactérienne dans le but d'avoir une turbidité équivalente à 0.5 Mac Farland, d'une concentration cellulaire estimée à 10^8 UFC/mL, pour une absorbance de [0.08 à 0.1] à 625nm.

9.4. Ensemencement et dépôt des disques

L'ensemencement des souches à tester a été réalisé par écouvillonnage sur la surface du milieu Muller-Hinton en stries serrées par la suite six disques du papier Wattman ont été déposés délicatement sur la gélose pré-inoculée à l'aide d'une pince stérile, ensuite les disques ont été imbibés avec 10µl de chaque extrait du pollen (éthanol et méthanol). De même, les disques d'antibiotiques Gentamicine (CN30) (témoin positif) et les disques imprégnés d'éthanol ou méthanol (témoin négatif) ont été utilisés pour la comparaison avec les extraits testés pour chaque souche ensemencée.

Matériel et méthodes

La sensibilité bactérienne est déterminée par la mesure des diamètres de zone d'inhibition autour des disques d'antibiotiques pour le témoin positif et les disques de papier Wattman pour les extraits de pollen.

Le diamètre de chaque zone d'inhibition est mesuré en millimètres en se référant à l'échelle de l'estimation de l'activité antibactérienne donné par (Ponce *et al.*, 2003) présenté dans le tableau IV.

Tableau VI : Echelle de l'estimation de l'activité antimicrobienne (Ponce *et al.*, 2003)

Activité antimicrobienne	Degré de sensibilité	Diamètre de la zone d'inhibition
Extrêmement sensible	+++	Plus de 20 mm
Très sensible	++	15mm à 19 mm
sensible	+	8mm à 14mm
Non sensible	/	Moins de 8mm

Résultats et discussion

Résultats et discussion

1. Triage de pollen selon la couleur

Le pollen est souvent spécifique à un groupe végétal, et chaque groupe se caractérise par une couleur selon l'estimation des tables élaborées par Hodges. (1984) et Kirk. (1994), et selon l'origine botanique et géographique (Stanley et Linskens, 1974) et sur le plan diététique de la richesse nutritionnelle de ce complément alimentaire.

Tableau VII : Les proportions de chaque couleur de pollen récolté à la région d'Ait Toudert wilaya de Tizi-Ouzou.

Echantillon de pollen	Pollen jaune	Pollen vert	Pollen marron	Pollen orange
Poids	55,80g	9,50g	20g	14,70g

L'échantillon de pollen étudié a fait l'objet d'un triage, selon la couleur, en différents types, la plus grande valeur est observée dans le pollen jaune, c'est le plus diversifié comparativement aux autres couleurs. La dominance de la couleur jaune peut s'expliquer d'une part par la diversité florale importante de la période de sa récolte, et d'autre part par l'abondance d'une espèce mellifère pourvoyeuse de ce type de pollen. Par ailleurs, la quantité de pollen butinée par l'abeille peut être différente d'une journée à une autre selon les conditions climatiques et géographiques, et du matin au soir dans la même journée.

Ces différentes couleurs dans la région d'Ait Toudert Wilaya de Tizi-Ouzou, peuvent nous renseigner sur la diversité florale de cette région, mais aussi sur la richesse nutritionnelle du pollen récolté. Les proportions des différents types de pollen sont exprimées dans le tableau VI.

Selon Da Luz *et al.* (2010), les pelotes de la même couleur appartiennent à la même famille. Le type de pollen peut varier selon la région d'où il est issu, selon la saison de la végétation, et les conditions climatiques.

Des résultats similaires ont été trouvés par Adrian-Alzandre *et al.* (2012) en Brésil, indiquant la prédominance de couleur jaune dans le pollen d'abeille.

Résultats et discussion

Le pollen de palmier est sous forme d'une poudre récolté dans le sud Algérien, dans la wilaya de Biskra avec une proportion de poids : 10g.

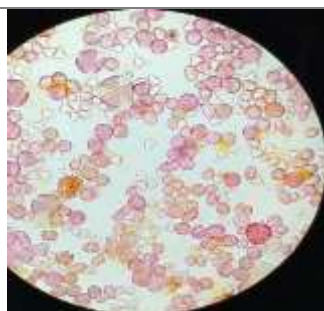
2. Détermination de l'origine botanique de pollen

La méthode palynologique permet la détermination de l'origine botanique de pollen, en se basant sur ses différents types après leurs triages par couleur, on a fait objet à une observation au microscope optique (tableau VII). Plusieurs familles ont été identifiées.

Tableau VIII : Identification botanique de pollen étudié hétéroflorale.

Echantillon de pollen d'abeille	Observation microscopique	Photos des plantes mellifères	Classification
			Famille : <i>Apiaceae</i> Type : <i>Coriandrum sativum</i> Nom vernaculaire Français : Persil Nom en Kabyle : Maednus
			Famille : <i>Apiaceae</i> Genre : <i>Pimpinillaasisum</i> Nom vasculaire Français : La berce Nom en Kabyle : Tazedlett
			Famille : <i>Asteraceae</i> Genre : <i>Taraxacum type</i> Français : Pissenlit ou dent-de-lion Nom en Kabyle : ssaghdar

Résultats et discussion



Famille : *Brassicaceae* /

Boraginaceae

Genre : *Eruca sativa*/*Echium vulgare*

Français : Roquette /vipérine

3. Analyses physico-chimiques de pollen

Le tableau VIII présente les résultats obtenus pour le potentiel d'hydrogène (pH) et la teneur en eau de pollen du nord trié par couleur et celui récolté du sud Algérien.

Tableau IX : Valeurs du pH et de la teneur en eau de différents pollens étudiés exprimées en moyenne \pm écart type.

Pollen	pH	Teneur en eau (%)
Jaune	5,355 \pm 0,063	13,775 \pm 0,176
Orange	5,4 \pm 0,141	16,21 \pm 0,480
Marron	5,1 \pm 0,141	15,575 \pm 0,388
Vert	5,085 \pm 0,021	14,08 \pm 0,098
Palmier	6,355 \pm 0,063	7,425 \pm 0,459

Il n'existe pas de législation universelle concernant les paramètres physicochimiques et le contrôle hygiénique et sanitaire du pollen d'abeille (Campos *et al.*, 2016). Par conséquent, les échantillons ont été évalués conformément à la législation disponible au Brésil (Brésil, 2001), en France, en Suisse (Bogdanov, 2004) et en Argentine (Krell, 1996).

3.1. Potentiel d'hydrogène (pH)

Nos résultats de pH varient de $5,085 \pm 0,21$ à $5,4 \pm 0,41$ pour le pollen hétéroflorale issu de nord répartis par couleurs représentés dans le tableau VIII et celui de palmier qui était de $6,355 \pm 0,63$.

Nos résultats sont conformes à la loi Brésilienne (pH de 4,0 à 6) sauf que pour le pollen de palmier légèrement élevé, cela en raison de son origine florale et géographique. Comme le tableau VIII l'indique, nos résultats sont similaires à ceux de Bastos *et al.* (2003) qui ont mentionné des valeurs de pH sur le pollen dans l'intervalle (3,7 à 5,5). Cependant, les pH de deux variétés étudiées sont inférieurs aux résultats de Féas *et al.* (2012) à une moyenne de 4.8 pour le type Portugais, tout comme la moyenne Gonc *et al.* (2018) qui est de $4,68 \pm 0,62$.

3.2. La teneur en eau (Humidité)

La teneur en eau (exprime la teneur totale : eau libre et liée) et l'activité de l'eau (mesure la quantité d'eau libre) jouent un rôle important dans les caractéristiques organoleptiques et la durée de conservation du pollen d'abeilles. Lorsque ces valeurs sont élevées, il peut potentiellement favoriser la contamination microbienne, principalement par les moisissures et les levures (Colonel *et al.*, 2004 ; Morgano *et al.*, 2011).

Les teneurs en humidité sont indiquées dans le Tableau VIII. Ces teneurs varient de $13,775 \pm 0,176\%$ à $16,21 \pm 0,480\%$ pour le pollen du nord : jaune (13,77%), vert (14,08%), marron (15,57%) et orange (16,21%) et $7,425 \pm 0,459\%$ pour le pollen de palmier sous forme d'une poudre.

Dans l'échantillon du nord, la teneur en humidité est conforme aux limites maximales établies par le règlement technique Brésilien (Brasil, 2001), qui est de 30 % pour le pollen d'abeille.

Les résultats obtenus dans notre étude sont supérieurs à ceux rapporté par Martins *et al.* (2011) sur le pollen Brésilien qui varient de 3 à 9,39%, et à ceux mentionné par Nogueira *et al.* (2012) sur le pollen commercial Portugais-Espagnol ($6,02 \pm 0,18\%$ à $8,40 \pm 0,80\%$). Récemment, Gabriel *et al.* (2015) ont rapporté 10,75% à 12,03 % de teneur en humidité dans des échantillons de pollen d'abeille de Toscane (Italie), tandis que l'étude de Barbara *et al.* (2015) sur le pollen Brésilien a montré une valeur moyenne de ($36,0 \pm 2,0\%$) et celle de

Résultats et discussion

Rubelo *et al.* (2016) sur le même pollen, une teneur de (53,39±0,50%). Cette dernière, dépasse les limites maximales établies par la législation Brésilienne qui sont de (30% dans le pollen d'abeille et 4% dans le pollen déshydraté). Pour l'Argentine, elle est de (8% dans le pollen d'abeille), pour la Bulgarie (10%), et pour la Pologne et la Suisse (6%) (Melo et Almeida-Muradian, 2011).

D'après Bonvéhi et Jordà. (1997), le pollen avec moins de 3% d'humidité est indésirable, car il peut entraîner une décoloration et le développement de réactions chimiques (par exemple, la réaction de Maillard et l'oxydation des lipides).

3.3. Evaluation de la teneur totale en phénols (TPC)

La teneur en polyphénols a été estimée par la méthode spectrométrique en utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu. Elle est variable dans les deux extraits éthanolique et méthanolique des échantillons de pollen, et exprimée en mg équivalent en acide gallique par gramme de pollen (mg EAG/g). Les résultats correspondant à la quantité de polyphénols contenus dans chaque extrait sont présentés dans les Tableaux IX et X.

La courbe d'étalonnage, établie à l'aide des différentes concentrations de l'acide gallique (standard de référence), nous a permis d'estimer la teneur en composés phénoliques. Les quantités de polyphénols correspondantes à chaque fraction ont été calculées à partir de la courbe d'étalonnage et exprimées en équivalent milligramme d'acide gallique par gramme de pollen, en utilisant l'équation de type : $y = 0.0032x + 0.018$, $R^2 = 0.9915$ (Annexe II).

Tableau X : Résultats du dosage des polyphénols des extraits éthanolique pour les différents échantillons de pollen.

Pollen	Pollen jaune	Pollen vert	Pollen orange	Pollen marron	Pollen de palmier
Teneur en Polyphénols mg EAG/g	24,883±1,48	23,383± 0,63	25,4 ± 0,70	22,216 ± 3,04	11,08±0,59

Résultats et discussion

Tableau XI : Résultats du dosage des polyphénols des extraits méthanolique pour les différents échantillons de pollen.

Pollen	Pollen jaune	Pollen vert	Pollen orange	Pollen marron	Pollen de palmier
Teneur en	21,14±3,51	19,75 ±0,21	11,13 ±1,22	26 ,99 ±1,60	12,91 ± 0,68
Polyphénols					
mg EAG/g					

La teneur élevée en polyphénols des échantillons de pollen varie entre 25,40±0,70 pour le pollen orange et 26,99±1,60 pour le pollen marron dans les deux extraits éthanolique et méthanolique, respectivement. Ils sont environ le double de ce qui est enregistré dans le pollen de palmier. Ces teneurs en composés phénoliques varient selon l'origine géobotanique de pollen, comme elles varient en fonction du solvant d'extraction et le temps de contact (Lapornik *et al.*, 2004 ; Carpes *et al.*, 2007 ; Leja *et al.*, 2007 ; Stanciu., 2008). De plus, les facteurs environnementaux ont une influence importante sur ces différences dans la composition phénolique de pollen d'abeille et végétale (palmier). (Karkar *et al.*, 2018).

Dans l'extrait éthanolique, le pollen orange présente une teneur élevée en polyphénols suivi de pollen jaune, le vert puis le marron, et en dernier lieu c'est le pollen de palmier avec une faible teneur en polyphénols (tableau IX). Nos résultats sont proches des résultats de l'étude faite par Schmidt *et al.* (1987), ou ils ont trouvé que les autres types de pollen étudiés sont avérés une concentration élevée en polyphénols que le pollen de palmier. Les résultats de notre étude sont supérieurs de ceux de Rojo *et al.* (2023) sur le pollen d'Espagne avec des valeurs allant de 1612mg EAG/100g, qui est l'équivalent de 1,57 mg EAG/g de pollen, par l'utilisation de la même méthode d'extraction. Egalement, les résultats obtenus par Leja *et al.* (2007) dans le désert de Sonora avec des valeurs de 32,59 mg EAG/g sont supérieurs à ceux qu'on a obtenu dans notre étude.

Dans l'extrait méthanolique, le pollen marron présente une forte teneur en polyphénols, suivie de pollen jaune, le vert, le pollen de palmier, en dernier le pollen orange avec une faible teneur (tableau X). Les teneurs en polyphénols augmentent selon la source florale. Ces résultats sont presque l'inverse de ceux obtenus dans l'extrait éthanolique ou le pollen orange a enregistré une grande teneur en polyphénols et le marron la plus petite teneur.

Résultats et discussion

Ces résultats se situent dans la même fourchette de ceux trouvés par Kaškonienė *et al.* (2020) dans les différentes régions de la Turquie avec des valeurs qui varient de $24,60 \pm 2,52$ mg EAG/g de pollen. Pascoal *et al.* (2014), ont trouvé des valeurs oscillant entre 18,55 et 32,15 mg EAG/g en Espagne. En outre, dans une autre étude sur le pollen menée par LeBlanc *et al.* (2009) dans le nord des Etats-Unis, les teneurs en polyphénols enregistrées varient de 15,91 à 34,85 mg EAG/g. Dans une étude menée en Lituanie, la teneur en polyphénols est comprise entre 24,4 et 38,9 mg EAG/g (Kaškonienė *et al.*, 2015). Ces derniers sont légèrement élevés à ceux qu'on a obtenu dans notre étude. Dans le même cas, Rebiai *et al.* (2012) ont enregistré des teneurs en polyphénols de $30,46 \pm 8,22$ mg EAG/g en Algérie. Cependant, les résultats obtenus par Freirie *et al.* (2012) en sud-est du Brésil varient entre 41,4 et 213,2 mg EAG/g sont fortement supérieurs à nos résultats.

Dans une autre étude menée au Venezuela, la teneur en polyphénols a été rapportée comme étant entre 396,7 et 1268 mg EAG/100g de pollen (Pérez *et al.*, 2012) qui est l'équivalent de 1,93 et 5,60 mg EAG/g de pollen. Ces résultats sont inférieurs à nos résultats, et dans la même fourchette une étude menée en Pologne, la teneur en polyphénols varient entre 1293 et 8243 mg EAG/100g (Leja *et al.*, 2007), par contre, elle est de $10,49 \pm 0,3$ mg EAG/g dans le pollen grec (Graikou *et al.*, 2011).

3.4. Evaluation de l'activité antioxydante

Test de piégeage du radical DPPH

L'évaluation de l'activité antioxydante a été déterminée en fonction de la capacité de piégeage des antioxydants par rapport au radical stable DPPH.

Les résultats ont été exprimés en pourcentage de DPPH (% RSA), pour les deux extraits éthanolique et méthanolique, et sont rapportés dans les tableaux XI et XII :

Résultats et discussion

Tableau XII : Pourcentages de DPPH des extraits éthanolique pour les différents échantillons de pollen.

Pollen	DPPH (%)
Pollen jaune	77,36%±1,35
Pollen vert	77,78%±1,11
Pollen orange	39,3%±0,42
Pollen marron	51,23%±0,65
Mélange florale pollen	57,38%±1,22
Pollen palmier	22,93%±1,15

Tableau XIII : Pourcentages de DPPH des extraits méthanolique pour les différents échantillons de pollen.

Pollen	DPPH (%)
Pollen jaune	75,68%±3,69
Pollen vert	73,74%±1,61
Pollen orange	30,62%±0,33
Pollen marron	65,46%±0,82
Mélange florale pollen	63,68%±1,69
Pollen palmier	16,78%±1,47

Les échantillons de pollen étaient différents en fonction de couleurs et de l'origine botanique, l'activité d'inhibition radicalaire était plus grande avec les extraits éthanolique par rapport à ceux des extraits méthanolique. A l'inverse de pollen marron et le mélange ont marqué une activité plus élevée dans l'extrait méthanolique que dans l'éthanol.

Le pollen de palmier de couleur beige était le moins actif de tous les pollens testés. Le plus actif était le pollen jaune suivi de pollen vert, le pollen marron et le mélange présentant une activité moyenne (Tableau XI, XII). Cette variation due à la différence d'origine florale

Résultats et discussion

ainsi que de la variation des teneurs en antioxydants dans chaque type de pollen mais aussi au type de solvant utilisé pour l'extraction.

Nos résultats sont très proches de ceux trouvés par Rojo *et al.* (2023) sur le pollen d'Espagne avec des valeurs allant de 17 à 88,2% pour l'extrait éthanolique en utilisant la même méthode d'extraction dans notre étude. Ces résultats sont proches aussi à nos résultats avec l'extrait méthanolique. En outre, les résultats obtenus par Nisbet. (2021) sur l'extrait méthanolique de pollen de différentes régions de Turquie, avec des valeurs qui variées entre 69,4 et 77,93% sont très proches de celles qu'on a obtenues dans le pollen jaune, le vert, le marron et le mélange de pollens dans les deux extraits. Ces résultats sont proches aussi des résultats obtenus dans l'étude menée en Pologne avec des valeurs allant de 8,6 à 91,3% (Leja *et al.*, 2007).

Aux Etats Unis d'Amérique, les valeurs d'inhibition du pourcentage de DPPH se sont révélées différer entre (19,76 et 90,45 %) dans l'extrait du méthanol (Le Blanc *et al.*, 2009). Ces résultats sont supérieurs à ceux qu'on a obtenus. Cependant, les résultats obtenus par (Parri *et al.*, 2015) sur l'extrait éthanolique de pollen Italien a montré une activité élevée de piégeage des radicaux libres avec des valeurs d'inhibition du DPPH allant de 37,95 à 94,95% sont largement supérieurs à nos résultats. Dans le même cas, AbdElsalam *et al.* (2018) ont rapportés des pourcentages supérieurs à nos résultats sur le pollen d'Egypte qui est extrait par différents solvants allant de 6 à 90%, une différence remarquable surtout dans l'extrait éthanolique (90%) sur le pollen Brésilien.

Par ailleurs, les résultats obtenus par De Florio Almeida *et al.* (2016) (54,42% \pm 0,23) sont proches à ceux trouvés dans le pollen marron et le mélange (51,23% \pm 0,65 57,38% \pm 1,22, respectivement). En plus, les valeurs trouvées dans l'extrait éthanolique de pollen orange (39,3%) sont similaires à celles obtenues par Nurdianah *et al.* (2016) sur le pollen Malaisien (39%). En outre, nos résultats sont proches des études réalisées sur le pollen de Slovaquie de différentes origines botaniques qui ont signalés une activité anti-radicalaire des extraits méthanolique de pollen comprises entre (25,96% \pm 1,61-93,69% \pm 5,80), et des extraits éthanolique comprises entre (47,97% \pm 0,29-50,46% \pm 0,43) (Bléha *et al.*, 2019 ; Fatrcova-Sramkova *et al.*, 2020). Les facteurs affectants les différentes valeurs sont la source des plantes, la saison, le stockage, la méthode et le solvant d'extraction (Kroyer et Hegedus, 2001 ; Sarmento Silva *et al.*, 2006 ; LeBlanc *et al.*, 2009 ; Freier *et al.*, 2012).

4. Analyse statistique

Les résultats sont présentés sous forme de moyenne \pm écart type, avec $n=2$. Afin d'évaluer les différences entre les types de pollen. Une analyse de la variance a été réalisée à l'aide d'un logiciel R pour tous les paramètres (potentiel d'hydrogène (pH), la teneur en eau (humidité), dosage des polyphénols et l'activité antioxydante), le test ANOVA, test Shapiro-Wilk et Kruskal-wallis ont été réalisés. Les corrélations ont été établies en utilisant le coefficient de corrélation qui était calculé à l'aide de Microsoft Office Excel 2013. Pour tous les analyses, nous avons adopté un seuil de signification de 5% ($P\text{-value}<0.05$), et pour bien assurer cette corrélation on a fait recours à une analyse statistique ACP (Analyses en Composants Principales) entre les variables et les individus.

4.1. Analyse de la variance

L'analyse de la variance a été réalisée par ANOVA pour les différents paramètres étudiés (pH, humidité, teneur en polyphénols et activité antioxydante DPPH).

4.1.1. Potentiel d'hydrogène (pH)

L'analyse statistique a montré que le test de normalité n'est pas vérifié ($p\text{-value}=0.01<0,05$), ce qui nous a permis d'effectuer le test de Kruskal-Wallis. On a obtenu une $p\text{-value}=0,09>0,05$ qui indique qu'il n'y a pas de différence significative de pH entre les échantillons. (Annexe III).

4.1.2. Teneur en eau (Humidité)

L'analyse statistique a montré que le test de normalité n'est pas vérifié ($p\text{-value}=0.007<0,05$), ce qui nous a permis d'effectuer le test de Kruskal-Wallis. On a obtenu une $p\text{-value}=0,06>0,05$ ce qui indique qu'il n'y a pas de différence significative d'humidité entre les échantillons (Annexe IV).

4.1.3. Teneur en polyphénols

Dans le cas de dosage des polyphénols, on a utilisé des solvants différents (éthanol et méthanol), et pour cela nous avons suivi le test ANOVA à deux facteurs (échantillons de pollen et solvants).

Résultats et discussion

Les résultats montrent que la normalité n'est pas vérifiée ($p\text{-value}=0.01 < 0,05$). Le test de Kruskal-Wallis a été ensuite effectué :

- Kruskal-Wallis entre les échantillons de pollen et leurs teneurs en polyphénols a donné une $p\text{-value}=0,07$. (Pas de différence significative).
- Le test de Kruskal-Wallis entre la teneur en polyphénols dans les deux solvants a donné une $p\text{-value}=0,2$, ceci implique, qu'il n'y a pas de différence significative.
- Le test de Kruskal-Wallis entre la teneur en polyphénols des échantillons dans les deux solvants a donné une $p\text{-value}=0,04$ ($p\text{-value}=0.04 < 0,05$). Ceci dit, il y a une différence significative pour l'interaction des échantillons de pollen et les solvants, donc il faut les classer en groupe homogène. (Annexe V).

4.1.4. Activité antioxydante (DPPH)

L'activité antioxydante (DPPH), a été analysée dans deux solvants différents (éthanol et méthanol). Pour cela, nous avons suivi le test ANOVA à deux facteurs (échantillon de pollen et solvants).

Les résultats montrent une normalité qui n'est pas vérifiée avec une $p\text{-value}=0.009 < 0,05$. Pour cela, le test de Kruskal-Wallis a été effectué :

- Le test de Kruskal-Wallis pour les échantillons de pollen et leurs activité antioxydante (% DPPH), montrent une $p\text{-value}=0,001 < 0,05$, qui indique une différence significative. Ce qui permet de les classer en groupe.
- Le test de Kruskal-Wallis pour les résultats (%DPPH) dans les deux solvants montrent une $p\text{-value}=0,05$. Ceci signifie qu'il n'y a pas une différence significative.
- Le test de Kruskal-Wallis pour les résultats (%DPPH) des échantillons de pollen dans les deux solvants montrent une $p\text{-value}=0,03$. Ceci dit, qu'il y a une différence significative pour l'interaction entre les échantillons de pollen et les solvants dans le cas d'activité antioxydante. Ce qui implique, qu'il faut les classer en groupe homogène. (Annexe VI).

Résultats et discussion

4.2. Test de corrélation

Afin de déterminer la relation existante entre l'activité antioxydante (DPPH) et la teneur en polyphénols de pollen extrait par les deux solvants (éthanol et méthanol), on a fait recours au test de régression linéaire en utilisant le coefficient de corrélation linéaire R.

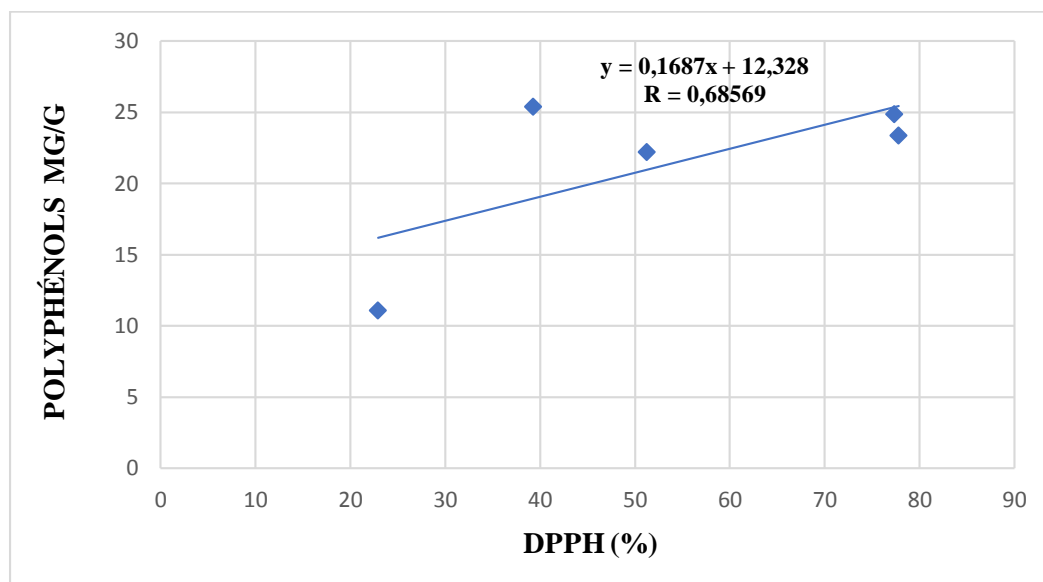


Figure 10 : Corrélation entre le DPPH et le taux des polyphénols de pollen extrait par éthanol.

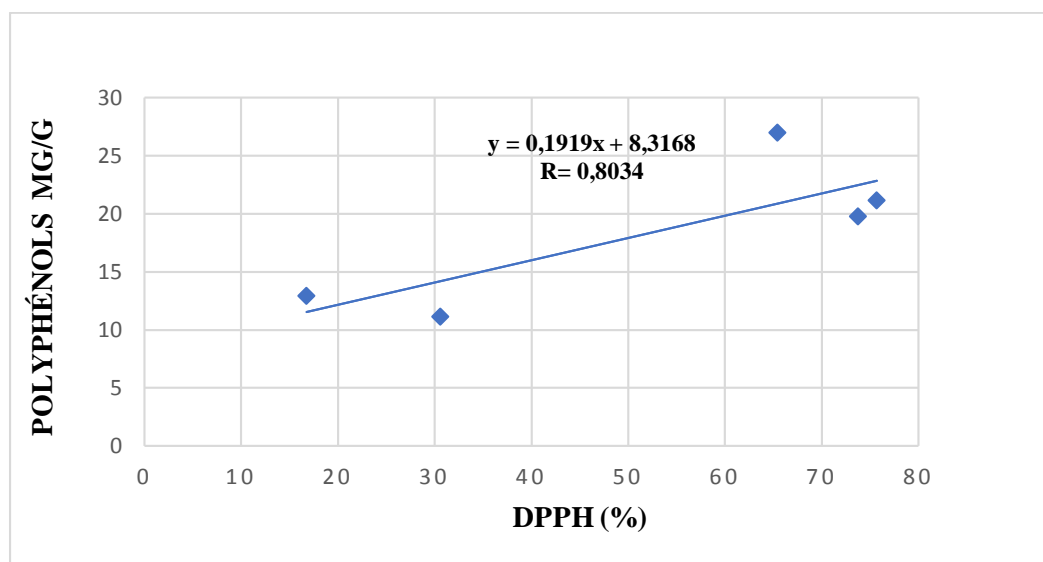


Figure 11 : Corrélation entre le DPPH et le taux des polyphénols de pollen extrait par méthanol.

Résultats et discussion

Les matrices de corrélation révèlent l'existence d'une forte corrélation entre le DPPH et la teneur en polyphénols dans les extraits méthanolique de pollen avec un $R=0,8034$. Cependant, une corrélation moyenne $R=0,685$ a été obtenue dans les extraits éthanolique.

L'activité antioxydante du pollen est étroitement liée au contenu des composés phénoliques. Ces résultats ont été rapportées par différentes études (Compos *et al.*, 2003 ; LeBalnc *et al.*, 2009 ; Féas *et al.*, 2012 ; Freire *et al.*, 2012). En outre, Gabriela *et al.* (2015) ont révélé une forte corrélation entre ces deux variables avec un $R=0,9645$.

Dans cette étude, nous avons conclu que le taux en polyphénols présente une corrélation positive avec la capacité antioxydante déterminée par le test de DPPH.

4.3. Analyse en composantes principales (ACP)

Pour mieux confirmer les résultats de corrélation, une approche statistique ACP a été réalisée sur nos données (pH, humidité, teneur en polyphénols et DPPH), pour résumer les informations contenants dans les tableaux VIII, IX, X, XI, XII. La Figure 12 montre la projection de ces paramètres pour avoir la relation entre chaque paramètre étudié. Les polyphénols et le DPPH sont apparents éloignés du centre du cercle et qui forment un angle aigu loin d'être droite. Cela explique une corrélation positive entre ces deux paramètres et sont directement proportionnelle et inversement proportionnelle à l'angle formé par le pH et l'humidité.

Les deux paramètres pH et l'humidité sont éloignés du centre et qui forment un angle obtus. Ceci dit que les deux paramètres sont corrélés négativement, lorsque le pH augmente l'humidité diminuée.

Résultats et discussion

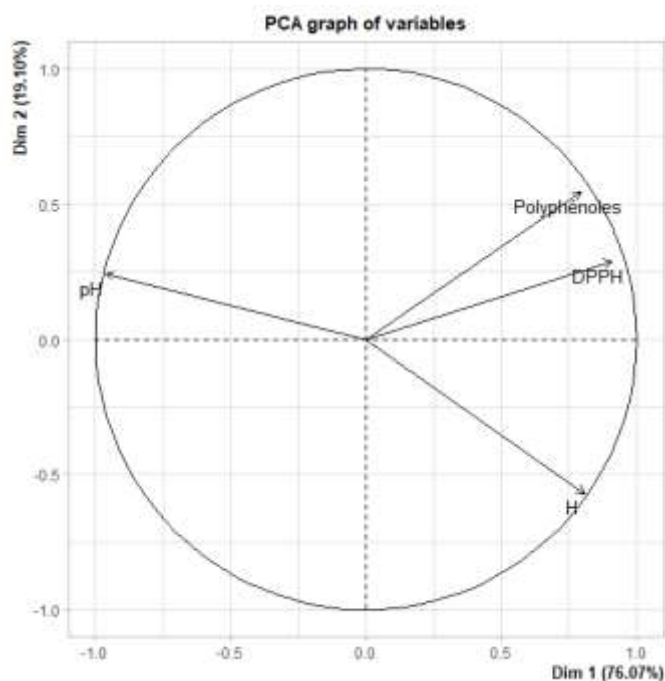


Figure 12 : Graphe de l'Analyse en Composantes Principales (ACP) des variables.

Par ailleurs, le graphique des individus (Figure 13), nous permet d'évaluer le lien entre les différents types de pollen étudiés selon les paramètres analysés, il permet aussi de faire apparaître la dispersion des pollens par rapport aux vecteurs générés par le cercle de corrélation. Il montre que les différents échantillons : pollen vert, marron et jaune sont très proches entre eux et sont représentés sur un même axe de graphe (Dim1). Ce qui indique qu'ils ont une meilleure activité antioxydante (DPPH) et un taux de polyphénols important. Par contre, le pollen orange est très loin des autres, ainsi que le pollen de palmier sont apparus dans les sens opposés des autres pollens.

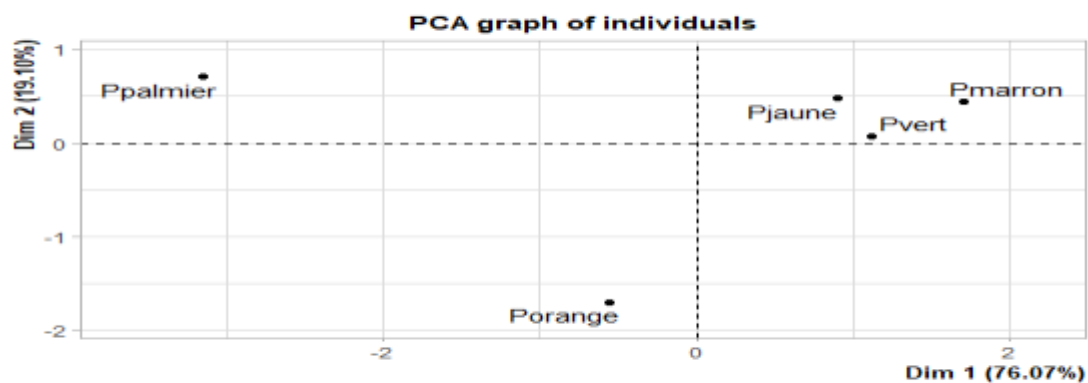


Figure 13 : Graphe de l'Analyse en Composantes Principales (ACP) des échantillons de pollen.

5. Evaluation de l'activité antibactérienne

L'évaluation de l'activité antibactérienne de pollen est basée sur la mesure des diamètres en mm des halos d'inhibitions des différents extraits d'échantillons de pollen.

Les échantillons de pollen ont été testés sur quatre souches bactériennes : *Escherichia coli* 25922, *Pseudomonas* ATU 27852, *Staphylococcus aureus* MU50, *Bacillus cereus* ATCC 1457, en utilisant la méthode de diffusion à travers des disques de papier Wattman décrite précédemment contenant les extraits éthanolique et méthanolique de pollen (Tableaux XIII et XIV).

Résultats et discussion

Tableaux XIV : Diamètres des zones d'inhibition des différents échantillons de pollen extrait par l'éthanol des souches testées.

Echantillons	Diamètres des zones d'inhibition par extrait éthanolique			
	<i>Escherichia coli</i> 25922	<i>Pseudomonas</i> ATU 27852	<i>Staphylococcus aureus</i> MU50	<i>Bacillus cereus</i> ATCC 1457
Pollen jaune	8,5mm± 3,53	11,5mm±7,07	12,5mm±2,12	6mm±0,00
Pollen vert	9mm±0,00	8mm±1,41	7,5mm±0,70	6mm±0,00
Pollen orange	6,5mm±0,7	6mm±0,00	9mm±4,24	6mm±0,00
Pollen marron	8.5mm±0,7	6,5mm±0,7	6mm±0,00	6mm±0,00
Pollen mélange	7mm±1,41	7mm±1,41	6mm±0,00	6mm±0,00
Pollen de palmier	6mm±0,00	6mm±0,00	6mm±0,00	6mm±0,00
Témoin positif (Antibiotique)	24mm	18mm	21mm	20mm
Témoin négatif (éthanol)	6mm	6mm	6mm	6mm

Tableau XV : Diamètres des zones d'inhibition des différents échantillons de pollen extrait méthanolique vis-à-vis des souches testées.

Echantillons	Diamètres des zones d'inhibition par extrait méthanolique			
	<i>Escherichiacoli</i> 25922	<i>Pseudomonas</i> ATU 27852	<i>Staphylococcus aureus</i> MU50	<i>Bacillus cereus</i> ATCC 1457
Pollen jaune	8,5mm±3,53	6mm±0,00	11,5mm±0,70	7mm±1,41
Pollen vert	7mm±1,41	8mm±1,41	10mm±1,41	7mm±1,41
Pollen orange	10mm±1,41	8mm±1,41	7mm±1,41	6mm±0,00
Pollen marron	8,5mm±3,53	6mm±0,00	6mm±0,00	6mm±0,00
Pollen mélange	8,5mm±3,53	7,5mm±2,12	7,5mm±2,12	6mm±0,00
Pollen de palmier	6mm±0,00	6mm±0,00	7mm±1,41	6mm±0,00
Témoin positif (Antibiotique)	24mm	19mm	24mm	26mm
Témoin négatif (méthanol)	6mm	6mm	6mm	6mm

Résultats et discussion

NB. Les diamètres des disques de papier Wattman sont inclus dans les mesures.

Le profil de sensibilité des bactéries à l'antibiotique (Gentamicine CN 30) ou aux extraits de pollen a été déterminé par la mesure des diamètres des zones d'inhibition autour des disques de papier Wattman.

Ponce *et al.* (2003) ont indiqué qu'une souche est considérée comme sensible si le diamètre de la zone d'inhibition est entre 8 à 14mm, et résistante si le diamètre de la zone est inférieur à 8mm. La sensibilité est extrêmement sensible si le diamètre de la zone est supérieur à 20mm (tableau VI).

Les résultats montrent que nos différents échantillons présentent un effet légèrement sensible voire sensible avec une zone d'inhibition qui varie de 8 à 12,5 mm vis-à-vis les souches étudiées à l'exception de *Bacillus cereus* ATCC 1457.

Nous avons enregistré une sensibilité de; (*Pseudomonas* par l'action du pollen jaune et vert ; *Staphylococcus aureus* par le pollen orange et *Escherichia coli* par le pollen vert) dans les extraits éthanoliques, et les souches bactériennes (*Staphylococcus aureus* par le pollen jaune et vert ; *Escherichia coli* par le pollen jaune, orange, marron et mélange et *Pseudomonas* dans le cas de pollen vert et orange) dans les extraits méthanoliques.

En comparant nos résultats décrites avec ceux obtenus par l'antibiotique Gentamicine (CN 30), on constate que le diamètre donné par l'extrait éthanolique de pollen jaune se rapproche de diamètre d'antibiotique de référence et que l'action de cet agent synthétique est plus puissant donnant des zones d'inhibition chez toutes les bactéries testées contrairement au témoin négatif qui n'exerce aucune activité inhibitrice.

Résultats et discussion

Les résultats de notre étude sont présentés dans les figures suivantes :

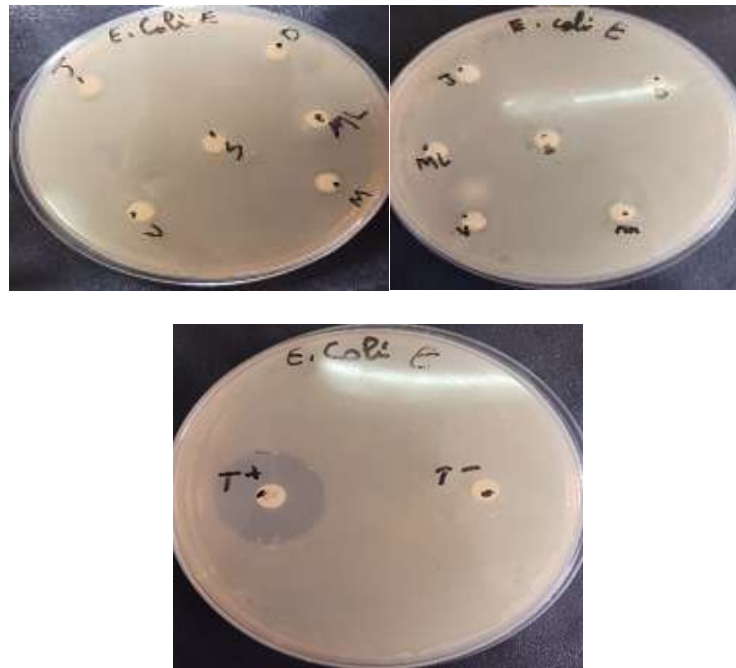


Figure 14: Diamètres des zones d'inhibition d'extrait éthanolique de pollen (j : pollen jaune ; V : pollen vert ; O : pollen orange ; M : pollen marron ; ML : pollen mélange de couleurs ; S : pollen sud) vis-à-vis *Escherichia coli* en deux répétitions et l'effet de l'antibiotique (Gentamicine).

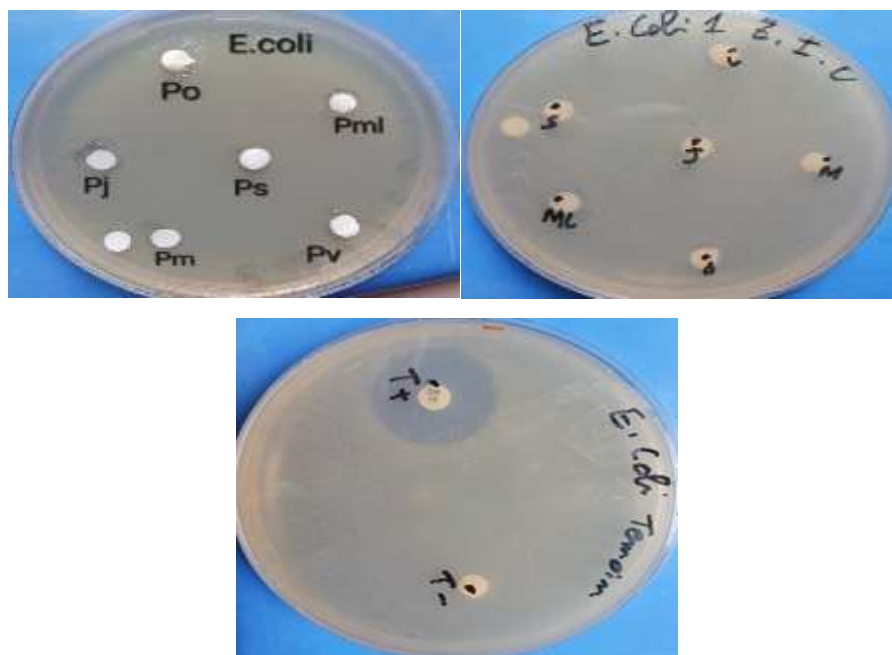


Figure 15 : Diamètres des zones d'inhibition d'extrait méthanolique de pollen (j : pollen jaune ; V : pollen vert ; O : pollen orange ; M : pollen marron ; ML : pollen mélange de couleurs ; S : pollen sud) vis-à-vis *Escherichia coli* et l'effet de l'antibiotique (Gentamicine).

Résultats et discussion

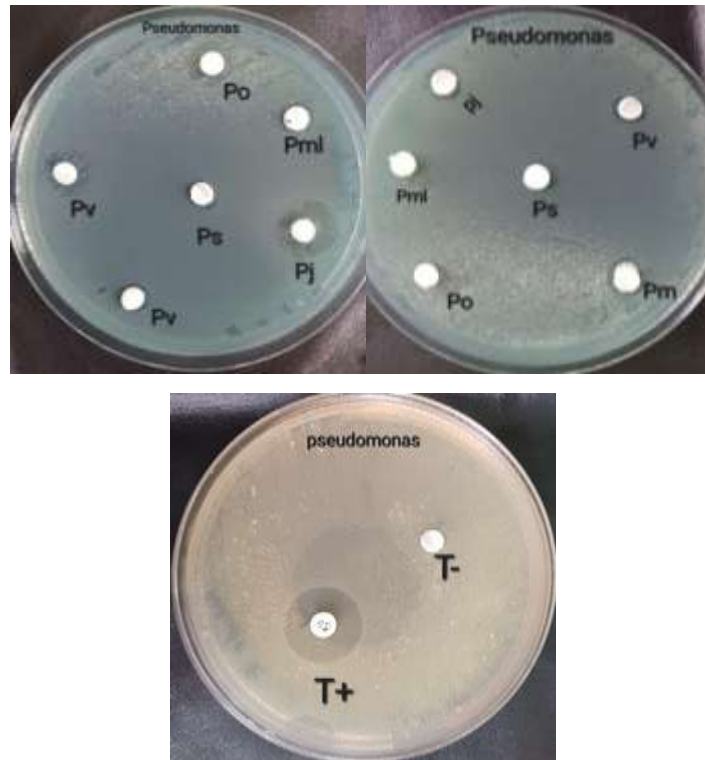


Figure 16 : Diamètres des zones d'inhibition d'extrait éthanolique de pollen (j : pollen jaune ; V : pollen vert ; O : pollen orange ; M : pollen marron ; ML : pollen mélange de couleurs ; S : pollen sud) vis-à-vis *Pseudomonas* et l'effet de l'antibiotique (Gentamicine).

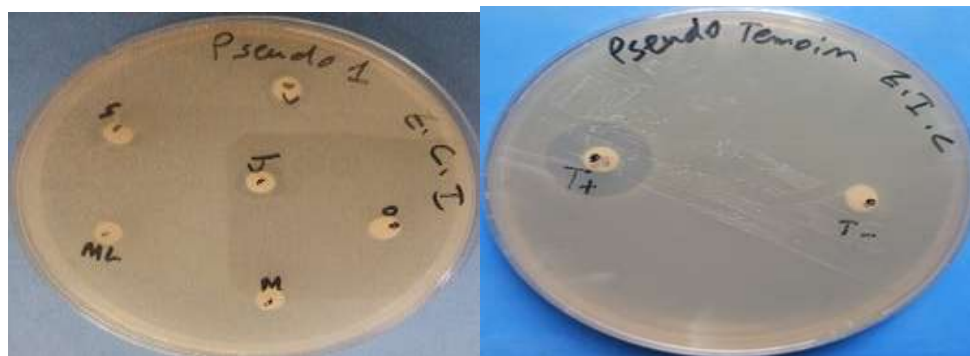


Figure 17 : Diamètres des zones d'inhibition d'extrait méthanolique de pollen (j : pollen jaune ; V : pollen vert ; O : pollen orange ; M : pollen marron ; ML : pollen mélange de couleurs ; S : pollen sud) vis-à-vis *Pseudomonas* et l'effet de l'antibiotique (Gentamicine).

Résultats et discussion

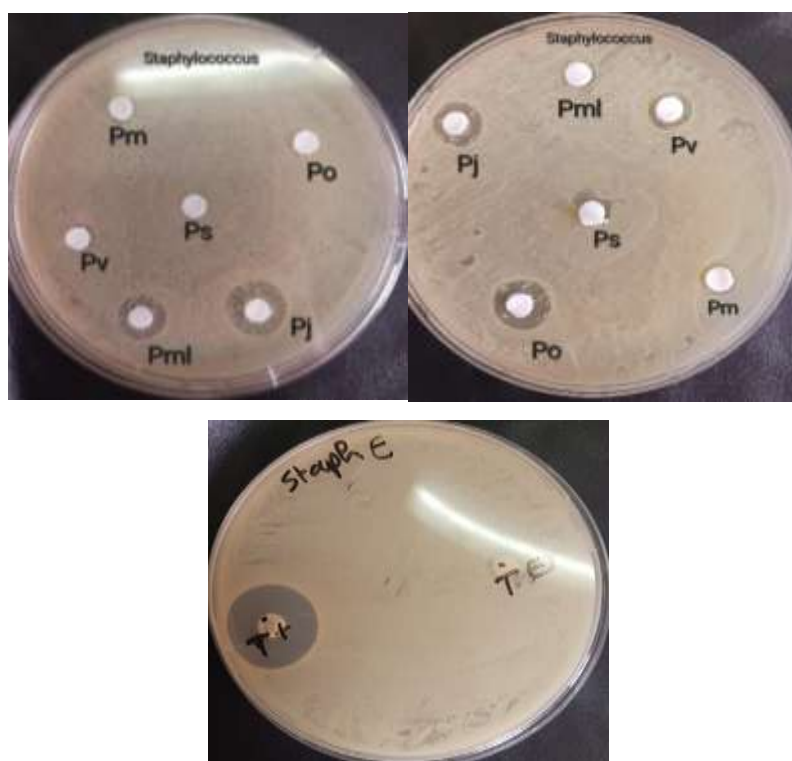


Figure 18 : Diamètres des zones d'inhibition d'extrait éthanolique de pollen (j : pollen jaune ; V : pollen vert ; O : pollen orange ; M : pollen marron ; ML : pollen mélange de couleurs ; S : pollen sud) vis-à-vis *Staphylococcus aureus* et l'effet de l'antibiotique (Gentamicine).

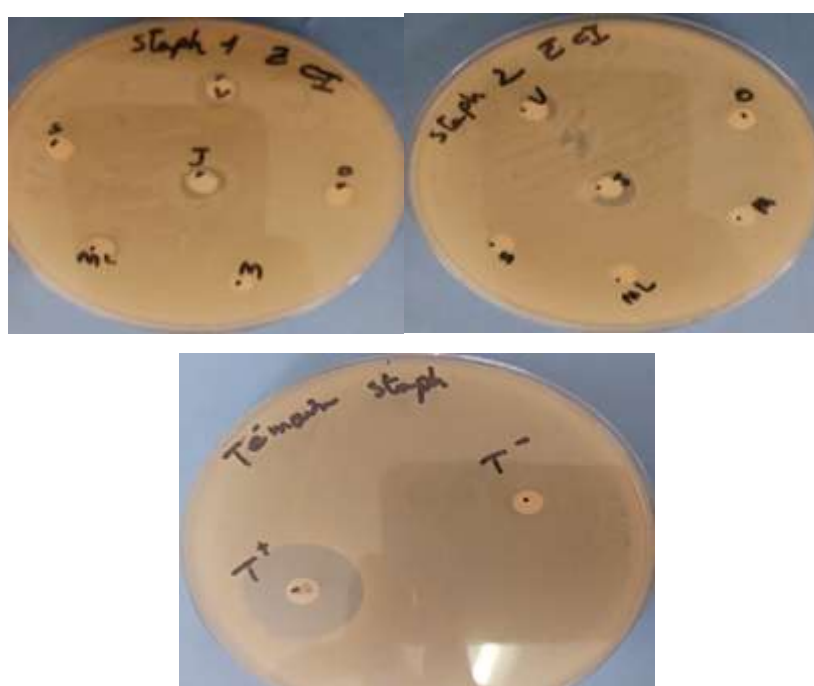


Figure 19 : Diamètres des zones d'inhibition d'extrait méthanolique de pollen (j : pollen jaune ; V : pollen vert ; O : pollen orange ; M : pollen marron ; ML : pollen mélange de couleurs ; S : pollen sud) vis-à-vis *Staphylococcus aureus* et l'effet de l'antibiotique (Gentamicine).

Résultats et discussion

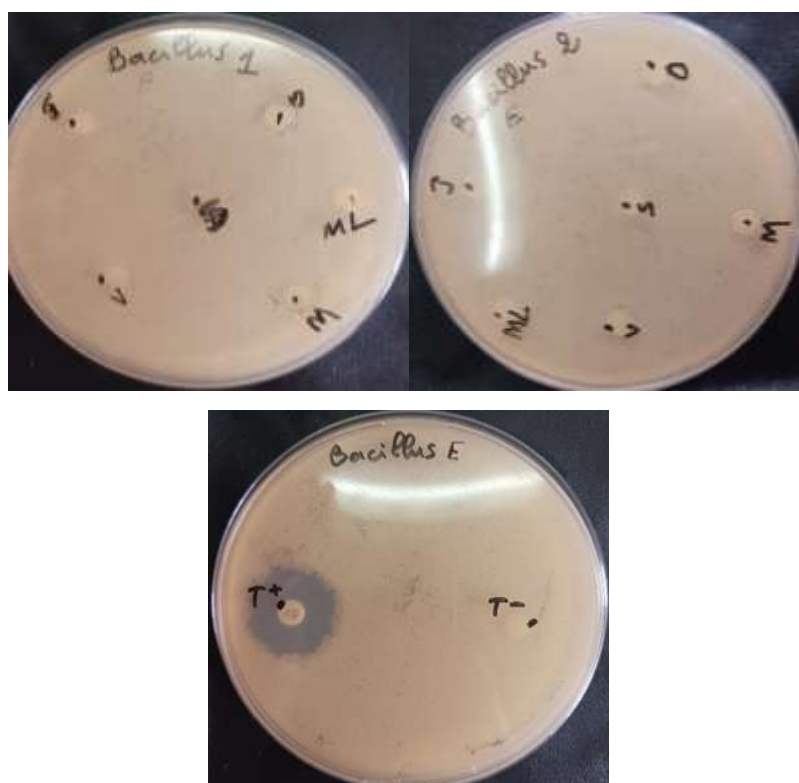


Figure 20 : Diamètres des zones d'inhibition d'extrait éthanolique de pollen (j : pollen jaune ; V : pollen vert ; O : pollen orange ; M : pollen marron ; ML : pollen mélange de couleurs ; S : pollen sud) vis-à-vis *Bacillus cereus* et l'effet de l'antibiotique (Gentamicine).

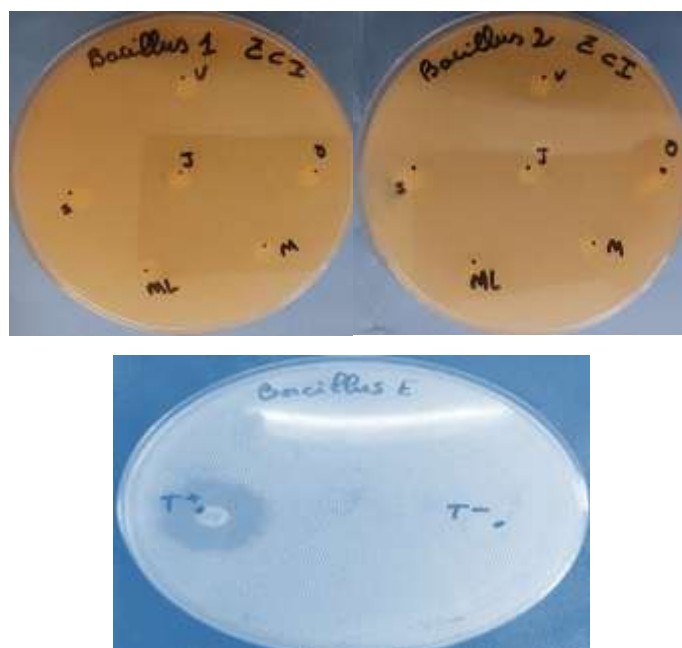


Figure 21: Diamètres des zones d'inhibition d'extrait méthanolique de pollen (j : pollen jaune ; V : pollen vert ; O : pollen orange ; M : pollen marron ; ML : pollen mélange de couleurs ; S : pollen sud) vis-à-vis *Bacillus cereus* et l'effet de l'antibiotique (Gentamicine).

Résultats et discussion

➤ D'après les résultats de l'activité antibactérienne, il en ressort que :

Dans la présente étude avec les deux extraits de pollen sur *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas*, *Escherichia coli* sont similaires à ceux trouvés par Saraiva *et al.* (2018) qui ont constaté que ces souches sont sensibles à l'action de pollen. Au Brésil, les résultats obtenus par Carpes *et al.* (2007) sur une activité antibactérienne de pollen ont montré une très faible activité (1mm) vis-à-vis *Staphylococcus aureus* et *Pseudomonas*, sont inférieurs à ceux qu'on a obtenu dans les pollens jaune, vert et orange extrait avec le même solvant sur les mêmes souches avec des zones d'inhibition allant de 8mm à 12,5mm, tandis que leurs résultats sur *Bacillus cereus* sont similaires aux nôtres avec l'absence de sensibilité.

De plus, nos résultats sont en concordance avec ceux de Khider *et al.* (2013) qui ont montré que les extraits méthanoliques de pollen d'abeille ont une activité antibactérienne plus élevée que le pollen de palmier, dont *Staphylococcus aureus* et *Escherichia coli* sont les plus sensibles suivis de *Pseudomonas*. D'autre part, les résultats d'AbdlEsalam *et al.* (2018) en Egypte sur des extraits éthanoliques de pollen sont supérieures à nos résultats avec des zones claires et élevées contre *Staphylococcus aureus* avec 38mm et *Pseudomonas* 33mm.

Dans une étude menée en Turquie par Erkmen et Özcan. (2008) sur l'activité des extraits de pollen sur certains genres microbiens y ont compris *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas* et *Bacillus* n'ont révélé aucun effet antibactérien sur ces souches. Cependant, Morias *et al.* (2011) ils ont déterminé que le pollen a un effet positif contre *Escherichia coli* et négatif contre *Bacillus*.

D'après la littérature publiée, l'activité antibactérienne de pollen est probablement corrélée à la teneur en acide phénolique et en flavonoïdes (Mohadly *et al.*, 2015 ; Denisow *et al.*, 2016), elle est aussi variée et largement dépendante de sa source botanique et géographique, ainsi que le solvant utilisé pour l'extraction (Didras *et al.*, 2020 ; Kacaniova *et al.*, 2012).

Conclusion
et
Perspectives

Conclusion et perspectives

Dans le présent travail, il a été étudié l'origine botanique de pollen nord qui est un mélange polyfloral de quatre couleurs ; vert, jaune, orange et marron à lequel les familles suivantes sont attribuées respectivement : *Apiaceae*, *Asteraceae*, *Brassicaceae* et *Boraginaceae* et qui nous a permis de savoir l'origine florale de chaque type de pollen.

L'étude des paramètres physico-chimiques a montré des valeurs dans les limites stipulées par la législation Brésilienne ce qui indique le bon conditionnement des échantillons analysés.

L'analyse phytochimique de différents échantillons du pollen nordique et celui de sud a permis de mettre en évidence la richesse de ces derniers en polyphénols, qui diffèrent en fonction de type florale et des solvants utilisés (éthanol ou méthanol), produits réputés pour leur rôle d'antioxydant, protégeant ainsi l'organisme du stress oxydatif.

L'évaluation de l'activité antioxydante des différents extraits de pollen en utilisant la méthode de piégeage du radical libre DPPH, a montré que ce dernier est efficacement inhibé par les extraits testés. En effet, cette capacité antioxydante des deux agents d'extraction a été presque similaire ainsi qu'une corrélation positive marquée entre le radical utilisé et la teneur en polyphénols.

En ce qui concerne l'activité antibactérienne, les deux extraits testés sur *E.coli*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus aureus* ont révélé que ces derniers possèdent un effet inhibiteur contre ces bactéries. En revanche, aucun résultat positif n'a été enregistré vis-à-vis *Bacillus*.

Les résultats obtenus sont satisfaisants, et notre travail n'est qu'une étude préliminaire sur les innombrables propriétés que peut renfermer le pollen Algérien. Pour la suite de ce travail, nous pouvons envisager quelques perspectives :

- Analyser d'autres paramètres physicochimiques et phytochimiques et utiliser d'autres tests de mesure de l'activité antioxydante.
- Déterminer l'effet bactériostatique ou bactéricide des extraits au biais de la CMI (concentration minimale inhibitrice).
- Evaluer d'autres activités biologiques du pollen Algérien.

Conclusion et perspectives

- Déterminer le spectre antibactérien de pollen pour combattre l'antibiorésistance liée à l'usage des antibiotiques.
- Encourager l'intégration de pollen dans notre ration alimentaire.
- Réaliser des études concernant le pollen issu des plantes spécifiques ayant des propriétés médicinales afin d'augmenter son pouvoir thérapeutique vis-à-vis une pathologie que la plante pourrait prévenir ou guérir.

Références

Bibliographiques

Références bibliographiques

A

- AbdElsalam, E., Foda, H. S., Abdel-Aziz, M. S., Abd, F. K. (2018).** Antioxidant and antimicrobial activities of Egyptian bee pollen. *Middle East J. Appl. Sci*, 8(4), 1248-1255.
- Aboshora, W., Lianfu, Z., Dahir, M., Qingran, M., Qingrui, S., Jing L., Ammar, A. (2014).** Effect of extraction method and solvent power on polyphenol and flavonoid levels in *Hyphaene thebaica* L mart (Arecaceae)(Doum) fruit, and its antioxidant and antibacterial activities. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 13(12), 2057-2063.
- Abouda, Z., Zerdani, I., Kalalou, I., Faid, M., Ahami, M.T. (2011).** The Antibacterial Activity of Moroccan Bee Bread and Bee-Pollen (Fresh and Dried) against Pathogenic Bacteria. *Research Journal of Microbiology*, 6(4), 376-384.
- Almeida muradian, L B., Pamplona L C., Silvia Coimbra., Barth Ortrud Monika. (2005).** « Chemical composition and botanical evaluation of dried bee pollen pellets », *Journal of Food Composition and Analysis* 18(1): 105-111.
- Andrada, A. C., Tellería, M. C. (2005).** Pollen collected by honey bees (*Apis mellifera* L.) from south of Caldén district (Argentina): botanical origin and protein content. *Grana*, 44(2), 115-122.
- Araújo, J. S., Chambó, E. D., Costa, M. A. P. D. C., Cavalcante da Silva, S. M. P., Lopes de Carvalho, C. A., M. Estevinho, L. (2017).** Chemical composition and biological activities of mono-and heterofloral bee pollen of different geographical origins. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(5), 921.
- Atsalakis, E., Chinou, I., Makropoulou, M., Karabournioti, S., Graikou K. (2017).** Evaluation of phenolic compounds in *Cistus creticus* bee pollen from Greece. Antioxidant and antimicrobial properties. *Natural Product Communications*, 12(11), 1813-1816.

B

- Bakour, M., Campos, M. D. G., Imtara, H., Lyoussi, B. (2020).** Antioxidant content and identification of phenolic/flavonoid compounds in the pollen of fourteen plants using HPLC-DAD. *Journal of Apicultural Research*, 59(1), 35-41.
- Baldi, B., Grasso, D., Chaves, S., Fernández, G. (2004).** Caracterización bromatológica del polen apícola argentino. *Ciencia, docencia y tecnología*, 15(29), 145-181.
- Bárbara, M., Machado, C., Sodr e, G., Dias, L., Estevinho, L., De Carvalho, C. (2015).** Microbiological Assessment, Nutritional Characterization and Phenolic Compounds of Bee Pollen from *Mellipona mandacai* Smith, 1983. *Molecules*, 20(7), 12525-12544.

Références bibliographiques

- Bastos, D. H., Rocha, C. I., Cunha, I. B. D. S., Carvalho, P. D. O., and Torres, E. A. (2003).** Composição e qualidade de pólen apícola comercializado em algumas cidades nos estados de São Paulo e Minas Gerais–Brasil. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 62(3), 239-44.
- Bellanger, C. (2009).** Charentes mesure les pollens dans l'air d'Angoulême. Atemo Poito Charentes Nature, Dossier de press : 1-10.
- Bendif, H. (2017).** Caractérisation phytochimique et détermination des activités biologiques in vitro des extraits actifs de quelques Lamiaceae: *Ajuga iva* (L.) Schreb., *Teucrium polium* L., *Thymus munbyanus* subsp. *coloratus* (Boiss. & Reut.) Greuter & Burdet et *Rosmarinus eriocalyx* Jord & Fourr. Thèse de Doctorat en sciences biologiques spécialité biotechnologies végétales. L'école normale supérieur de KOUBA, ALGER. p 22.
- Blackmore, S., Wortley, A. H., Skvarla, J. J., Rowley, J. R. (2007).** Pollen wall development in flowering plants. *New phytologist*, 174(3), 483-498.
- Blanc, M. (2010).** *Propriétés et usage médical des produits de la ruche* (Doctoral dissertation).
- Bleha, R., Shevtsova, T., Kruzik, V., Brindza, J., Sinica, A. (2019).** Morphology, physicochemical properties and antioxidant capacity of bee pollens. *Czech Journal of Food Sciences*, 37(1), 1-8.
- Bogdanov, S. (2004).** Quality and standards of pollen and beeswax. *Apiacta*, 38(11), 334-341.
- Bogdanov, S., (2012).** Pollen : collection, harvest, composition, quality. In *Bee Product Science (the pollen book)*; Chapitre 1 ; Available online : <http://www.bee.hexagon.net/pollen/collection-harvest-composition-quality/>.
- Bogdanov, S. (2015).** Pollen: Production, Nutrition and Health: A Review.
- Bogdanov, S. (2016).** Pollen: Nutrition, functional properties, health (Chapter 2). In *The pollen book* (pp. 1–30). Bee Product Science.
- Boullard, B. (1997).** Dictionnaire des plantes et des champignons. *Edition ESTEM. Paris*: pp.900.
- Brazil. (2001).** Ministerio da Agricultura, Pecuaria e do Abastecimento (MAPA). Instrucao Normativa n 3, de 19 de janeiro de 2001. Aprova os regulamentos Tecnicos de Identidade e Qualidade de Apitoxina, Cera de Abelha, Geleia Real, Geleia Real Liofilizada, Polen Apicola, Propolis e Extrato de Propolis, conforme constados Anexos desta Instrucao Normativa. *Diario Oficial da Uniao, Brasilia, DF*, 23 jan Secao 1, p. 18.
- Bruneau E., Barbançon J. M., Bonnaffe P., Clement H., Domerego R., Fert G., Le Conte Y. Ratia G., Reeb C., Vaissiere B. (2011).** Le traité Rustica de l'apiculture. Edition Rustica. pp. 528.

Références bibliographiques

Bssaibis, F., Gmira, N., Meziane, M. (2009). Activité antibactérienne de *Dittrichia viscosa* (L.) W. Greuter. *Revue de Microbiologie Industrielle, Santé et environnement*, 3, 44-55.

C

Campos, M. G., Bogdanov, S., de Almeida-Muradian, L. B., Szczesna, T., Mancebo, Y., Frigerio, C., Ferreira, F. (2008). Pollen composition and standardisation of analytical methods. *Journal of Apicultural Research*, 47(2), 154-161.

Campos, M. G., Frigerio, C., Lopes, J., Bogdanov, S. (2010). What is the future of Bee-Pollen *Journal of ApiProduct and ApiMedical Science*, 2(4), 131-144.

Campos, M. G., Olena, L., Anjos, O. (2016). Chemical Composition of bee pollen. In S. M. Cardoso and A. M. S. Silva (Eds.), *Chemistry, biology and potential applications of honeybee plant-derived products*. Bentham Science.

Carpes, S. T., Begnini, R., Alencar, S. M. D., Masson, M. L. (2007). Study of preparations of bee pollen extracts, antioxidant and antibacterial activity. *Ciência agrotecnologia*, 31, 1818-1825.

Cerou, S. (1994). Radicaux libres et pathologie Humaine Actualisation et perspectives d'avenir. Thèse pour obtenir le Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie. Université de Limoges, France. p165.

Chauvin, R. (1987). La ruche et l'homme. Edition Calmann - Lévy. France : p.163.

Chauzat, M.P. (2005). L'importance du pollen pour l'abeille domestique. *Bult. Tech. Apic.* 32 (1) 11-17.

Chen, L., Li, J., Luo, C., Liu, H., Xu, W., Chen, G., Liew, O. W., Zhu, W., Puah, C. M., Shen, X., Jiang, H. (2006). Binding interaction of quercetin-3-beta-galactoside and its synthetic derivatives with SARS-CoV 3CL(pro): structure-activity relationship studies reveal salient pharmacophore features. *Bioorganic & medicinal chemistry*, 14(24), 8295–8306.

Cherbuliez. (2001). Apithérapie, CD Rom conçu par la société Apimondia et anonyme API-AR International à Bruxelles (Belgique).

Choi, E. M. (2007). Antinociceptive and antiinflammatory activities of pine (*Pinus densiflora*) pollen extract. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 21(5), 471-475.

Références bibliographiques

D

- Da Luz, C. F., Bacha Junior, G. L., Fonseca, R. L., Sousa, P. R. (2010).** Comparative pollen preferences by africanized honeybees *Apis mellifera* L. of two colonies in Pará de Minas, Minas Gerais, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 82(2), 293–304.
- Da Re, S., Ploy, M. (2012).** Antibiotiques et réponse SOS bactérienne. *M S-medicine Sciences*, 28(2), 179–184.
- Dajoz, I., Till-Bottraud, I., Gouyon, P. H. (1991).** Evolution of pollen morphology. *Science*, 253(5015), 66-68.
- Darrigol, J. L., Dessertine, A. M. (1979).** Le miel pour votre santé: propriétés thérapeutiques du miel, du pollen, de la gelée royale et de la propolis. Dangles.
- Darrigol, JL (2007).** Apitherapy: honey, pollen, propolis, royal jelly .Dangles.
- De Florio Almeida, J., dos Reis, A. S., Heldt, L. F. S., Pereira, D., Bianchin, M., de Moura, C ., Carpes, S. T. (2017).** Lyophilized bee pollen extract: A natural antioxidant source to prevent lipid oxidation in refrigerated sausages. *LWT-Food Science and Technology*, 76, 299-305.
- Denisow, B., Denisow-Pietrzyk, M. (2016).** Biological and therapeutic properties of bee pollen: a review. *Journal of the science of food and agriculture*, 96(13), 4303–4309.
- Didaras, N. A., Karatasou, K., Dimitriou, T. G., Amoutzias, G. D., Mossialos, D. (2020).** Antimicrobial Activity of Bee-Collected Pollen and Beebread: State of the Art and Future Perspectives. *Antibiotics (Basel, Switzerland)*, 9(11), 811.
- Dobson, H. E., Bergström, G. (2000).** The ecology and evolution of pollen odors. *Plant Systematics and Evolution*, 222, 63-87.
- Domínguez-Valhondo, D., González-Gómez, D., Hernández-Méndez, T., Bohoyo-Gil, D. (2013).** Influence of the industrial processing and the floral origin into the volatile constituents of honeybee-collected pollen. *Food science and technology international*, 19(2), 167-176.
- Donadieu, Y. (1983).** Le pollen : Thérapeutique naturelle. Ed.6. *Librairie Maloine S.A. Paris.*

E

- Eloff, J.N., Famakin, J.O., Katerere, D.R.P. (2005).** Isolation of an antibacterial stilbene from *Combretum woodii* (Combretaceae) leaves. *African Journal of Biotechnology*. 4(10): 1167-1171.
- Erkmen, O., Özcan, M. M. (2008).** Antimicrobial effects of Turkish propolis, pollen, and laurel on spoilage and pathogenic food-related microorganisms. *Journal of medicinal food*, 11(3), 587-592.

Références bibliographiques

Eucast. (2003). «Determination of minimum inhibitory concentrations (MIC) of antibacterial agents by agar dilution». European Committee for antimicrobial susceptibility testing (EUCAST) of the European society of clinical microbiology and infection diseases (ESCMID). Definitive Document E. 3.1.2000.

F

Fatrcová-Šramková, K., Nôžková, J., Máriássyová, M., Kačániová, M. (2016). Biologically active antimicrobial and antioxidant substances in the *Helianthus annuus* L. bee pollen. *Journal of environmental science and health. Part. B, Pesticides, food contaminants, and agricultural wastes*, 51(3), 176–181.

Favier, A., 2003. Le stress oxydant. Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. *L'actualité chimique*, 108-115.

Feás, X., Vázquez-Tato, M. ., Estevinho, L., Seijas, J. A., Iglesias, A. (2012). Organic bee pollen: botanical origin, nutritional value, bioactive compounds, antioxidant activity and microbiological quality. *Molecules*, 17(7), 8359-8377.

Ferreres, F., Pereira, D. M., Valentão, P., Andrade, P. B. (2010). First report of non-coloured flavonoids in *Echium plantagineum* bee pollen: differentiation of isomers by liquid chromatography/ion trap mass spectrometry. *Rapid communications in mass spectrometry: RCM*, 24(6), 801–806.

Florek, E., Leciejewska, A. (1995). Próba zastosowania preparatów pszczelarskich w profilaktyce zatruc trichloroetylenem. *Herba Polonica*, 2(41), 70-76.

Freire, K. R., Lins, A. C., Dórea, M. C., Santos, F. A., Camara, C. A., Silva, T. M. (2012). Palynological origin, phenolic content, and antioxidant properties of honeybee-collected pollen from Bahia, Brazil. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 17(2), 1652–1664.

G

Gabriele, M., Parri, E., Felicioli, A., Sagona, S., Pozzo, L., Biondi, C., Pucci, L. (2015). Phytochemical composition and antioxidant activity of Tuscan bee pollen of different botanic origins. *Italian Journal of Food Science*, 27(2), 248.

Gercek, Y. C., Celik, S., Bayram, S. (2021). Screening of Plant Pollen Sources, Polyphenolic Compounds, Fatty Acids and Antioxidant/Antimicrobial Activity from Bee Pollen. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 27(1), 117.

Gonçalves, P. J., Estevinho, L. M., Pereira, A. P., Sousa, J. M., Anjos, O. (2018). Computational intelligence applied to discriminate bee pollen quality and botanical origin. *Food chemistry*, 267, 36-42.

Graikou, K., Kapeta, S., Aligiannis, N., Sotiroidis, G., Chondrogianni, N., Gonos, E., Chinou, I. (2011). Chemical analysis of Greek pollen - Antioxidant, antimicrobial and proteasome activation properties. *Chemistry Central journal*, 5(1), 33.

Références bibliographiques

H

- Han, H. Y., Shan, S., Zhang, X., Wang, N. L., Lu, X. P., Yao, X. S. (2007).** Down-regulation of prostate specific antigen in LNCaP cells by flavonoids from the pollen of *Brassica napus* L. *Phytomedicine*, **14**(5), 338-343.
- Haro, A., López-Aliaga, I., Lisbona, F., Barrionuevo, M., Alférez, M. J. M., Campos, M. S. (2000).** Beneficial Effect of Pollen and/or Propolis on the Metabolism of Iron, Calcium, Phosphorus, and Magnesium in Rats with Nutritional Ferroperenic Anemia. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **48**(11), 5715–5722.
- Herbert, J.r, E. W., Shimanuki, H. (1998).** Chemical composition and nutritive value of bee-collected and bee-stored pollen. *apidologie*, **9**(1), 33-40.
- Hodges, D. (1984).** *The pollen loads of the honey bee: a guide to their identification by colour and form.* International Bee Research Association.
- Human, H., Nicolson, S. W. (2006).** Nutritional content of fresh, bee-collected and stored pollen of *Aloe greatheadii* var. *davyana* (Asphodelaceae). *Phytochemistry*, **67**(14), 1486-1492.
- Hummel, R., Jung, R., Boeglen, H., Feltin, M., Bembenek, D. (2020).** Les bienfaits du pollen pour l'être humain, l'écho du rucher n°52.

J

- Jarosz, N. (2003).** Etude de la dispersion atmosphérique du pollen de maïs: contribution à la maîtrise des risques de pollinisation croisée (Doctoral dissertation, INAPG (AgroParisTech)).
- Jean- Porst P., Medorin P. (2005).** Matière première. In apiculture, Lavoisier. (Eds), conte, paris, pp 161-183.
- Jean-Prost, P., Médori, P., Le Conte, Y. (2005).** L'apiculture, connaître l'abeille. *Conduire le rucher. 7ème édition Lavoisier. 682p.*
- Jeanne, F. (1994).** Le pollen : Récolte et conservation. p : 211-214.
- Juźwiak, S., Raińska, T., Dutkiewicz, T., Cioch, U., Olenderek, B., Krasowska, B., Rózewicka, L., Juzyszyn, Z., Wójcicki, J., Samochowiec, L. (1992).** Pollen extracts reduce the hepatotoxicity of paracetamol in mice. *Phytotherapy Research*, **6**(3), 141-145.
- Juzwiak, S., Samochowiec, L., Wójcicki, J. (1989).** The influence of pollen extracts on serum triglyceride lipase activity in rabbits on a high-fat diet. *Herba Polonica*, **1**(35).

Références bibliographiques

K

- Kacániová, M., Vuković, N., Chlebo, R., Haščík, P., Rovna, K., Cubon, J., Pasternakiewicz, A. (2012).** The antimicrobial activity of honey, bee pollen loads and beeswax from Slovakia. *Archives of biological sciences*, 64(3), 927-934.
- Kalinowski, S. T., Taper, M. L., Marshall, T. C. (2007).** Revising how the computer program CERVUS accommodates genotyping error increases success in paternity assignment. *Molecular ecology*, 16(5), 1099-1106.
- Karkar, B., Şahin, S., Güneş, M. E. (2018).** Antioxidative effect of Turkish chestnut bee pollen on DNA oxidation system and its phenolic compounds. *The Journal of Food*, 43(1), 34-42.
- Kas' yanenko, V. I., Komisarenko, I. A. E., Dubtsova, E. A. E., Kasianenko, V. I., Kasianenko, V. I., Komisarenko, I. A., Dubtsova, E. A. (2011).** Correction of atherogenic dyslipidemia with honey, pollen and bee bread in patients with different body mass. *Terapevticheskii arkhiv*, 83(8), 58-62.
- Kaškonienė, V., Adaškevičiūtė, V., Kaškonas, P., Mickienė, R., Maruška, A. (2020).** Antimicrobial and antioxidant activities of natural and fermented bee pollen. *Food Bioscience*, 34, 100532.
- Kaškonienė, V., Kaškonas, P., Maruška, A. (2015).** Volatile compounds composition and antioxidant activity of bee pollen collected in Lithuania. *Chemical Papers*, 69(2), 291–299.
- Kassyanenko, V., Komisarenko, I., Dubtsova, E. (2010).** Influence of honey, pollen and bee bread on serum cholesterol of patients with pathological lipid metabolism. *Beekeeping, apitherapy and life quality*, 81-82.
- Khider, M., Elbanna, K., Mahmoud, A., Owayss, A. A. (2013).** Egyptian honeybee pollen as antimicrobial, antioxidant agents, and dietary food supplements. *Food Science and Biotechnology*, 22(5), 1-9.
- Kirk, D.J. (1994).** *Un guide de couleur pour les charges de pollen de l'abeille mellifère*. Cardiff : Association internationale de recherche sur les abeilles.
- Koç, A. N., Silici, S., Kasap, F., Hörmet-Öz, H. T., Mavus-Buldu, H., Ercal, B. D. (2011).** Antifungal activity of the honeybee products against *Candida* spp. and *Trichosporon* spp. *Journal of medicinal food*, 14(1-2), 128-134.
- Komosinska-Vassev, K., Olczyk, P., Kaźmierczak, J., Mencner, L., Olczyk, K. (2015).** Bee pollen: chemical composition and therapeutic application. *Evidence-based complementary and alternative medicine*, 2015, 1-6.
- Krassilov, V. A., Rasnitsyn, A. P., Afonin, S. A. (2007).** Pollen eaters and pollen morphology: co-evolution through the Permian and Mesozoic. *African Invertebrates*, 48(1), 3-11.

Références bibliographiques

- Krell, R. (1996).** Value-added products from beekeeping. In FAO Agricultural Services Bulletin (Vol. 124, pp. 171–222). FAO.
- 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.
- Kurek-Górecka, A., Górecki, M., Rzepecka-Stojko, A., Balwierz, R., Stojko, J. (2020).** Bee Products in Dermatology and Skin Care. *Molecules*, 25(3), 556.

L

- Laaroussi, H., Teixeira, J. A., Genisheva, Z., Bakour, M., Ousaaid, D., Asmae, E. B., Teixeira J. A., Lyoussi B. (2023).** Unveiling the techno-functional and bioactive properties of bee pollen as an added-value food ingredient. *Food Chemistry*, 405, 134958.
- Lapornik, B., Prošek, M., Wondra, A. G. (2005).** Comparison of extracts prepared from plant by-products using different solvents and extraction time. *Journal of food engineering*, 71(2), 214-222.
- Laramée, S., (2007).** L'abeille domestique comme bioindicateur écotoxicologique de polluants : le cas de l'insecticide imidaclopride. Essai de maîtrise en environnement, Université de Sherbrooke, Québec.
- LeBlanc, B. W., Davis, O. K., Boue, S. M., Delucca, A. J., Deeby, T. (2009).** Antioxidant activity of Sonoran Desert bee pollen. *Food Chemistry*, 115(4), 1299–1305.
- Leja, M., Mareczek, A., Wyżgolik, G., Klepacz-Baniak, J., Czekońska, K. (2007).** Antioxidative properties of bee pollen in selected plant species. *Food chemistry*, 100(1), 237-240.
- Leme, E. M., Zizka, G., De Souza, E. H., Paule, J., De Carvalho, J. D., Mariath, J. E., Ribeiro O. B. (2022).** New genera and a new species in the “Cryptanthoid Complex”(Bromeliaceae: Bromelioideae) based on the morphology of recently discovered species, seed anatomy, and improvements in molecular phylogeny. *Phytotaxa*, 544(2), 128-170.
- Li, W., Chen, H., Xu, B., Wang, Y., Zhang, C., Cao, Y., Xing, X. (2023).** Research progress on classification, sources and functions of dietary polyphenols for prevention and treatment of chronic diseases. *Journal of Future Foods*, 3(4), 289-305.
- Lima, W. G., Brito, J. C. M., Da Cruz Nizer, W. S. (2021).** Bee products as a source of promising therapeutic and chemoprophylaxis strategies against COVID-19 (SARS-CoV-2). *Phytotherapy research: PTR*, 35(2), 743–750.
- Liusov, V. A., Gorbachenkov, A. A., Dudaev, V. A., Gorin, V. V. (1992).** The effect of bee honey and flower pollen on the tolerance for physical loads, on lipid metabolism and on the rheological properties of the blood in patients with ischemic heart disease. *Kardiologiia*, 32(7-8), 45-48.

Références bibliographiques

M

- Machoy-Mokrzynska, A., Loniewski, I., Wojcicki, J., Samochowicz, L. (1992).** Influence of pollen extracts on the central nervous system. *Herba Polonica*, 38(4), 189-194.
- Manning, R. (2001).** Fatty acids in pollen: a review of their importance for honey bees. *Bee world*, 82(2), 60-75.
- Martinez-Cayuela, M. (1995).** Oxygen free radicals and human disease. *Biochimie*, 77(3), 147-161.
- Martins, M. C., Morgano, M. A., Vicente, E., Baggio, S. R., Rodriguez-Amaya, D. B. (2011).** Physicochemical composition of bee pollen from eleven Brazilian states. *Journal of Apicultural Science*, 55(2), 107-116.
- Massaux, C. (2016).** Pollen : une composition nutritionnelle d'intérêts, l'abeille et Cle.n°174, p 29-30.
- Matsui, T., Ueda, T., Oki, T., Sugita, K., Terahara, N., Matsumoto, K. (2001).** α -Glucosidase inhibitory action of natural acylated anthocyanins. 1. Survey of natural pigments with potent inhibitory activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(4), 1948-1951.
- Mayda, N., Özkök, A., Ecem Bayram, N., Gerçek, Y. C., Sorkun, K. (2020).** Bee bread and bee pollen of different plant sources : Determination of phenolic content, antioxidant activity, fatty acid and element profiles. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14(4), Article 4.
- Melo, I. L. P. D., and Almeida-Muradian, L. B. D. (2011).** Comparison of methodologies for moisture determination on dried bee pollen samples. *Food Science and Technology*, 31, 194-197.
- Misset, M., Gourret, J. (1989).** Voir, connaître et utiliser le pollen. Document INRAP 83. ISSN n° 0396- 4671.
- Mohdaly, A. A., Mahmoud, A. A., Roby, M. H., Smetanska I., Ramadan, M. F. (2015).** Phenolic extract from propolis and bee pollen: composition, antioxidant and antibacterial activities. *Journal of Food Biochemistry*, 39(5), 538-547.
- Morais, M., Moreira, L., Feás, X., Estevinho, L. M. (2011).** Honeybee-collected pollen from five Portuguese Natural Parks: Palynological origin, phenolic content, antioxidant properties and antimicrobial activity. *Food and Chemical Toxicology*, 49(5), 1096-1101.
- Moreira, L., Dias, L. G., Pereira, J. A., Estevinho, L. (2008).** Antioxidant properties, total phenols and pollen analysis of propolis samples from Portugal. *Food and chemical*

Références bibliographiques

toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association, 46(11), 3482–3485.

Morgano, M. A., Milani, R. F., Martins, M. C., Rodriguez-Amaya, D. B. (2011). Determination of water content in Brazilian honeybee-collected pollen by Karl Fischer titration. *Food Control*, 22(10), 1604-1608.

N

Nigelle, E. (1972). Pouvoir merveilleux du pollen. Ed Soissons. 20p.

Nisbet, C., Tabatabaei, P. (2021). Investigation of phenolic compounds and antioxidant capacity of bee pollen collected from different geographical regions in turkey. *Kocatepe Veterinary Journal*, 14(3), 359-365.

Nogueira, C., Iglesias, A., Feás, X., Estevinho, L. M. (2012). Commercial bee pollen with different geographical origins: a comprehensive approach. *International Journal of Molecular Sciences*, 13(9), 11173-11187.

Nurdianah, H. F., Firdaus, A. A., Azam, O. E., Adnan, W. W. (2016). Antioxidant activity of bee pollen ethanolic extracts from Malaysian stingless bee measured using DPPH-HPLC assay. *International Food Research Journal*, 23(1), 403.

O

Özcan, M., Ünver, A., Ceylan, D. A., Yetisir, R. (2004). Inhibitory effect of pollen and propolis extracts. *Food/Nahrung*, 48(3), 188-194.

P

Paramás, A. M. G., Bárez, J. A. G., Marcos, C. C., García-Villanova, R. J., Sánchez, J. S. (2006). HPLC-fluorimetric method for analysis of amino acids in products of the hive (honey and bee-pollen). *Food chemistry*, 95(1), 148-156.

Parri, E., Gabriele, M., Felicioli, A., Sagona, S., Pozzo, L., Biondi, C., Pucci, L. (2015). Phytochemical composition and antioxidant activity of Tuscan bee pollen of different botanic origins. *Italian Journal of Food Science*, 27(2), 248.

Pascoal, A., Chambó, É. D., & Estevinho, L. M. (2022). Botanical origin, physicochemical characterization, and antioxidant activity of bee pollen samples from the northeast of Portugal. *Journal of Apicultural Research*, 1-11.

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: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association*, 63, 233–239.

Références bibliographiques

- 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.
- Pérez-Pérez, E. M., Vit, P., Rivas, E., Sciortino, R., Sosa, A., Tejada, D., Rodríguez-Malaver, A. J. (2012).** Antioxidant activity of four color fractions of bee pollen from Mérida, Venezuela. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, **62**(4), 376-380.
- Pernal, S. F., Currie, R. W. (2000).** Pollen quality of fresh and 1-year-old single pollen diets for worker honey bees (*Apis mellifera* L.). *Apidologie*, **31**(3), 387-409.
- Philippe, J. M. (1991).** La pollinisation par les abeilles. *Aix-en-Provence: Edisud*.
- Phillippe, J. M. (1999).** Le guide de l'apiculture. *Edisud la calade, 13090*, 209-228.
- Polanski, M. (1998).** The usefulness of the hydrophilic fraction of bee pollen loads standardized in order to achieve a therapeutic effect cardioprotection. *In Proceedings of the 35th Scientific Beekeeping Conference in Pulawy (Vol. 56)*.
- Polański, M., Okoń, K., Przybyło, R., Frasik, W. (1998).** Cardioprotective properties of hydrophilic pollen extract (HPE). *Polish Journal of Pathology: Official Journal of the Polish Society of Pathologists*, **49**(2), 109-112.
- Ponce, A. G., Fritz, R., Del Valle, C., Roura, S. I. (2003).** Antimicrobial activity of essential oils on the native microflora of organic Swiss chard. *LWT-Food Science and Technology*, **36**(7), 679-684.
- Prieu, C. (2015).** *Evolution et développement des grains de pollen chez les Angiospermes* Doctoral dissertation, Université Paris Saclay (COMUE).
- Prost, P. J., Le Conte, Y. (2005).** Apiculture: connaître l'abeille, conduire le rucher. Lavoisier, Paris, 382.

R

- Rebello, K. S., Ferreira, A. G., Carvalho-Zilse, G. A. (2016).** Physicochemical characteristics of pollen collected by Amazonian stingless bees. *Ciência Rural*, **46**, 927-932.
- Rebiai, A., Lanez, T. (2012).** Chemical composition and antioxidant activity of *Apis mellifera* bee pollen from northwest Algeria. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, **4**(2), 155-163.
- Rehman, M. T., AlAjmi, M. F., Hussain, A. (2021).** Natural Compounds as Inhibitors of SARS-CoV-2 Main Protease (3CL^{pro}): A Molecular Docking and Simulation Approach to Combat COVID-19. *Current pharmaceutical design*, **27**(33), 3577–3589.
- Rajo, S., Escuredo, O., Rodríguez, M. S. (2023).** *Origine botanique du pollen d'abeille de Galice (nord-ouest de l'Espagne) pour la caractérisation du contenu phénolique et Activité antioxydante*.

Références bibliographiques

- Roulston, T. A. H., Cane, J. H. (2000).** Pollen nutritional content and digestibility for animals. *Plant systematics and Evolution*, 222, 187-209.
- Roulston, T. A. H., Cane, J. H., Buchmann, S. L. (2000).** What governs protein content of pollen: pollinator preferences, pollen–pistil interactions, or phylogeny. *Ecological monographs*, 70(4), 617-643.
- Rzepecka-Stojko, A., Pilawa, B., Ramos, P., Stojko, J. (2012).** Antioxidative properties of bee pollen extracts examined by EPR spectroscopy. *Journal of Apicultural Science*, 56(1), 23-31.
- Rzepecka-Stojko, A., Stojko, J., Kurek-Górecka, A., Górecki, M., Kabala-Dzik, A., Kubina, R., Moździerz, A., Buszman, E. (2015).** Polyphenols from Bee Pollen: Structure, Absorption, Metabolism and Biological Activity. *Molecules*, 20(12), 21732–21749.

S

- Sánchez-Moreno, C. (2002).** Methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. *Food science and technology international*, 8(3), 121-137.
- Saraiva, L. C., Cunha, F. V., Lélis, D. R., Nunes, L. C. (2018).** Composition, biological activity and toxicity of bee pollen: State of the art. *Boletim Latinoamericano Y Del Caribe De Plantas Medicinales Y Aromaticas*, 17(5).
- Sayari, N., Saidi, M.N., Sila A., Elloz-Chaabouni, S., Bougatef, A. (2016).** Chemical composition, angiotensin I-converting enzyme (ACE) inhibitory, antioxidant and antimicrobial activities of *Ononis natrix* leaves extracts. *Free Radicals and Antioxidants*, 6(1), 23-33.
- Schmidt, J.O., Thoenes, S.C., Levin, M.D. (1987).** Survival of honey bees, *Apis mellifera*, fed various pollen sources. *Annals of the Entomological Society of America*, 80: 176-183.
- Serra Bonvehí, J., and Escolà Jordà, R. (1997).** Nutrient composition and microbiological quality of honeybee-collected pollen in Spain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(3), 725-732.
- Serra Bonvehí, J., Gómez Pajuelo, A., Gonell Galindo, F. (1986).** Physicochemical properties and composition of honeybee-collected pollen produced in Spain. *Alimentaria*, 176, 63-67.
- Shahwan, M., Alhumaydhi, F., Ashraf, G. M., Hasan, P. M., Shamsi, A. (2022).** Role of polyphenols in combating Type 2 Diabetes and insulin resistance. *International Journal of Biological Macromolecules*.
- Shobana, S., Sreerama, Y. N., Malleshi, N. G. (2009).** Composition and enzyme inhibitory properties of finger millet (*Eleusine coracana* L.) seed coat phenolics: Mode of inhibition of α -glucosidase and pancreatic amylase. *Food chemistry*, 115(4), 1268-1273.

Références bibliographiques

- Singleton, V. L., Rossi, J. A. (1965).** Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.
- Soares De Arruda, V. A., Viera Dos Santos, A., Figueiredo Sampaio, D., Da Silva Araújo, E., De Castro Peixoto, A. L., Estevinho, L. M., De Almeida-Muradian, L. B. (2021).** Brazilian bee pollen: Phenolic content, antioxidant properties and antimicrobial activity. *Journal of Apicultural Research*, 60(5), 775-783.
- Stanciu, O.G.V. (2008).** Research Concerning in Vitro Antioxidant Capacity of Biologic Active Compounds of Honeybee-Collected Pollen, PhD Thesis
- Stanley, R.G., Linskens, H.F. (1974).** Pollen: Biology, biochemistry, management. Heidelberg, Germany, Springer.
- Szczesna, T., Rybak-Chmielewska, H., Chmielewski, W. (2002).** Sugar composition of pollen loads harvested at different periods of the beekeeping season. *Journal of Apicultural Science*, 46(2).
- Szczesna, T. (2006).** Long chain fatty acids composition of honeybee-collected pollen. *Journal of Apicultural Science*. 50(2):pp.65–79.
- Szczesna, T. (2007).** Study on the sugar composition of honeybee-collected pollen. *Journal of Apicultural Science*, 51(1).

T

- Thibault, M. (2017).** *Le pollen apicole : ses propriétés et ses utilisations thérapeutiques.* Thèse pour obtenir le Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie. Université de Lorraine, France. p82.

V

- Valverde, S., Tapia, J.A., Pérez-Sanz, A., González-Porto, A.V., Higes, M., Lucena, J.J., Martín-Hernández, R., Bernal, J. (2023).** Mineral composition of bee pollen and its relationship with botanical origin and harvesting period. *Journal of Foods Composition and Analysis*, 119, 105235.

W

- Wang, Z., Ren, P., Wu, Y., He, Q. (2021).** Recent advances in analytical techniques for the detection of adulteration and authenticity of bee products - a review. *Food Addit. Contam: Part A* 38, 533-549, 241.
- Wang, R.Y., Zhong, M.C., Hao, N., Wang, T., Wang, H.T. (2022).** Botanical origin authenticity control of pine pollen food products using multiplex species-specific PCR method. *Food Anal. Methods* 15, 421–427.
- Wang, H., Zhang, Z., Song, J., Tian, M., Li, R., Cui, X. (2023).** Phenolic compound identification in tomato fruit by UPLC-QTOF-MS. *LWT*, 182, 114791.

Références bibliographiques

X

Xi, X., Li, J., Guo, S., Li, Y., Xu, F., Zheng, M., Cao, H., Cui, X., Guo, H., Han, C. (2018). The Potential of Using Bee Pollen in Cosmetics: a Review. *Journal of oleo science*, 67(9), 1071–1082.

Y

Yan, S., Wang, K., Wang, X., Ou, A., Wang, F., Wu, L., Xue, X. (2021). Effect of fermented bee pollen on metabolic syndrome in high-fat diet-induced mice. *Food Science and Human Wellness*, 10(3), 345-355.

Yi, L., Li, Z., Yuan, K., Qu, X., Chen, J., Wang, G., Zhang, H., Luo, H., Zhu, L., Jiang, P., Chen, L., Shen, Y., Luo, M., Zuo, G., Hu, J., Duan, D., Nie, Y., Shi, X., Wang, W., Han, Y., ... Xu, X. (2004). Small molecules blocking the entry of severe acute respiratory syndrome coronavirus into host cells. *Journal of virology*, 78(20), 11334–11339.

Yıldız, O., Can, Z., Saral, Ö., Yuluğ, E., Öztürk, F., Aliyazıcıoğlu, R., Canpolat, S., Kolaylı, S. (2013). Hepatoprotective potential of chestnut bee pollen tetrachloride-induced hepatic damages in rats. *Evidence-based complementary and alternative medicine*, 2013.

Z

Zou, Y., Hu, J., Huang, W., Zhu, L., Shao, M., Dordoe, C., Ahn, Y.J., Wang, D., Zhao, Y., Xiong, Y., Wang, X. (2020). The botanical origin and antioxidant, anti-BACE1 and antiproliferative properties of bee pollen from different regions of South Korea. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 20(1), Article 1.

Webographie

AMELI SANTE, le site d'information santé de l'Assurance Maladie », consulté le 07 /05/2023, <http://www.ameli-sante.fr/>.

HERBORISTERIE SUISSE, consulté le 23 mars 2023, <http://www.herboristerie-suisse.fr/plantes-en-vrac/217-pollen-pelote.html>.

Jean-Marie Boucher.(2022). 6 gestes simples pour aider les abeilles. *ConsoGlobe*. Consulté le 25/06/2023, <https://www.consoglobe.com/5-manieres-aider-abeilles-cg>

Annexes

Annexes

•Annexe I

Tableau I : Appareillage utilisé lors de notre travail expérimental

Appareille	Référence	Appareille	Référence
Spectrophotomètre UV-visible	Biothech engineering	Balance	Denever Instrument
Centrifugeuse réfrigérée	Hetich universal k2/s	Balancede précision	Kern, Sartorius
Etuve	Binder, Memmert	Congélateur	ENIEM
pH mètre	inoLab	Agitateur magnétique	Labinco,VELP Scientific
Bain marie	Wisebathe	Autoclave	Pbinternational
Microscopes optique			

Tableau II : Produits chimiques et milieux de culture utilisés

Produits chimiques et réactifs	folin-ciocalteu, acide gallique DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl), Phénol cristallisé, gélatine, glycérine, fuchsine
Solvants organiques	Ethanol, méthanol
Sels	Carbonatede sodium (Na_2CO_3)
Milieux de culture	Gélose nutritive (GN), Mueller Hinton Agar (MH)

Annexes

•Annexe II :

Protocole de préparation de l'acide gallique :

500µl d'acide gallique → 1ml d'eau distillée

X → 25ml d'eau distillée

X= 12 500 µg d'acide gallique = 0.0125g d'acide gallique (Dilution 1 qui est la solution mère d'acide gallique)

NB : même protocole pour les autres dilutions ;

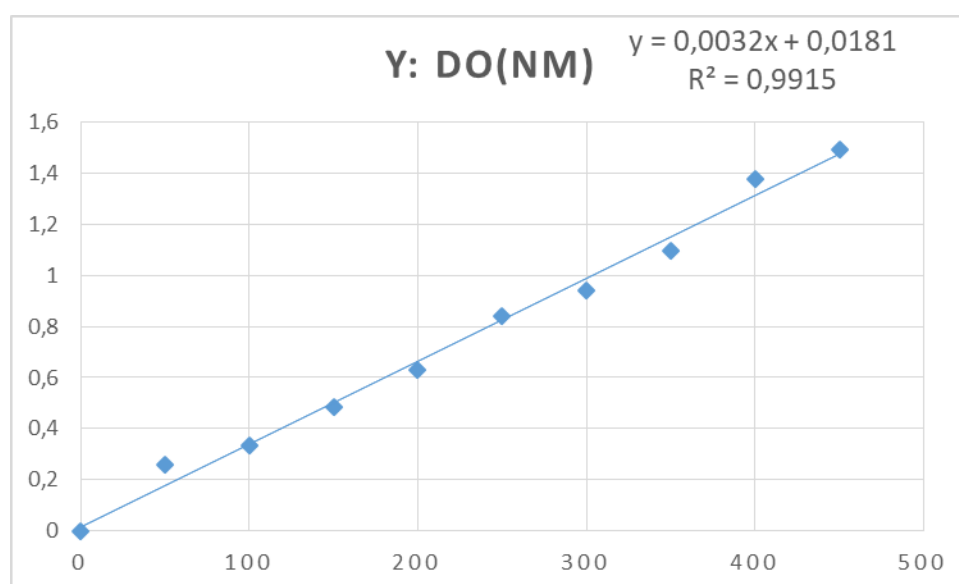


Figure 01 : Courbe d'étalonnage des polyphénols

Tableau III : Préparation des dilutions de l'acide gallique

[C] µg	500	450	400	350	300	250	200	150	100	50
Acide gallique (mL)	1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1
Eau distillée (mL)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9

Annexes

•Annexe III

Analyse de la variance pour pH

```
Shapiro-Wilk normality test

data:  pH
W = 0.78693, p-value = 0.01005

> kruskal.test(pH~pollen)

Kruskal-Wallis rank sum test

data:  pH by pollen
Kruskal-Wallis chi-squared = 7.8545, df = 4, p-value = 0.09705
```

•Annexe IV

Analyse de la variance pour la teneur en eau (Humidité)

```
Shapiro-Wilk normality test

data:  H
W = 0.7759, p-value = 0.007379

> kruskal.test(H~pollen)

Kruskal-Wallis rank sum test

data:  H by pollen
Kruskal-Wallis chi-squared = 8.7273, df = 4, p-value = 0.06829
```

•Annexe V

Analyse de la variance pour le taux en polyphénol

```
Kruskal-Wallis rank sum test

data:  polyphénols by inter
Kruskal-Wallis chi-squared = 17.406, df = 9, p-value = 0.04273
```

Annexes

Shapiro-Wilk normality test

data: polyphénols
W = 0.87796, p-value = 0.01626

> `kruskal.test(polyphénols~pollen)`

Kruskal-Wallis rank sum test

data: polyphénols by pollen
Kruskal-Wallis chi-squared = 8.4027, df = 4, p-value = 0.07789

Kruskal-Wallis rank sum test

data: polyphénols by inter
Kruskal-Wallis chi-squared = 17.406, df = 9, p-value = 0.04273

\$groups

	polyphénols	groups
PMM	18.50	a
POE	17.00	ab
PJE	16.25	ab
PME	12.50	bc
PVE	12.25	bc
PJM	9.50	cd
PVM	8.50	cd
PSM	5.50	de
POM	2.50	e
PSE	2.50	e

Kruskal-Wallis rank sum test

data: polyphénols by solvant
Kruskal-Wallis chi-squared = 1.464, df = 1, p-value = 0.2263

•Annexe VI

Analyse de la variance pour DPPH

Shapiro-Wilk normality test

data: DPPH
W = 0.86357, p-value = 0.009077

Annexes

Kruskal-Wallis rank sum test

data: DPPH by pollen

Kruskal-Wallis chi-squared = 17.429, df = 4, p-value = 0.001595

\$groups

DPPH groups	
PJ 17.0	a
PV 16.0	a
PM 10.5	b
PO 6.5	c
PS 2.5	d

Kruskal-Wallis rank sum test

data: DPPH by solvant

Kruskal-Wallis chi-squared = 0.36571, df = 1, p-value = 0.5453

Kruskal-Wallis rank sum test

data: DPPH by inter

Kruskal-Wallis chi-squared = 18.343, df = 9, p-value = 0.0314

\$groups

DPPH groups	
PJE 18.0	a
PVE 18.0	a
PJM 16.0	ab
PVM 14.0	bc
PMM 11.5	cd
PME 9.5	de
POE 7.5	ef
POM 5.5	fg
PSE 3.5	gh
PSM 1.5	h

Shapiro-Wilk normality test

data: polyphénols

W = 0.87796, p-value = 0.01626

```
> kruskal.test(polyphénols~pollen)
```

Kruskal-Wallis rank sum test

data: polyphénols by pollen

Kruskal-Wallis chi-squared = 8.4027, df = 4, p-value = 0.07789

Résumé

Le pollen est considéré comme une mine d'or de la nutrition en raison de ses composants actifs auxquels sont attribuées diverses activités biologiques. Ce travail s'inscrit dans le cadre de la valorisation de pollen commercial algérien issu de deux origines botaniques : pollen d'abeille polyflorale, qui est trié selon leurs couleurs (vert, jaune, orange et marron) et pollen végétale monoflorale à partir d'un palmier. Pour cela, l'origine botanique des échantillons et des paramètres physico-chimiques (humidité, pH, teneur en polyphénols), ainsi que les activités antioxydante et antibactérienne ont été étudiés. La méthode palynologique a attribué quatre familles botaniques pour le pollen polyflorale trié : *Apiaceae*, *Asteraceae*, *Brassicaceae* et *Boraginaceae*. La teneur en eau (7.425 à 16.21%) et le pH (5.08 à 6.35) pour les deux types de pollen et qui ne varient pas significativement, et le multiflorale était conforme à la loi Brésilienne attribué pour ce type de pollen. Les extraits phénoliques par l'éthanol et méthanol ont montré des teneurs presque similaires, et la valeur la plus élevée était donnée avec le méthanol (26.99mg EAG/g de pollen). L'évaluation de l'activité antioxydante par l'éthanol et le méthanol ont montré la forte capacité des extraits phénoliques à inhiber le radical (DPPH) avec des taux variables (16.78 à 77.78%) marquant le plus élevé par l'extrait éthanolique. L'activité antibactérienne des deux extraits vis-à-vis quatre souches bactériennes (*E.coli* 25922, *Pseudomonas* ATU 27852, *S.aureus* MU50, *B.cereus* ATCC 1457) a montré la sensibilité chez toutes les souches à l'exception de *B.cereus*. Ce travail a permis de mettre en lumière les innombrables bienfaits de pollen algérien dont les propriétés ont longtemps était sous-estimées.

Mots clés : Pollen, méthode palynologique, Paramètres physicochimiques, Polyphénols, Activité antioxydante, DPPH, Activité antibactérienne.

Abstract

Pollen is considered a gold mine of nutrition due to its active components, which are attributed with various biological activities. This work is part of the valorization of Algerian commercial pollen from two botanical origins polyfloral bee pollen, which is sorted according to color (green, yellow, orange and brown) and monofloral vegetable pollen from a palm. For this, the botanical origin of the samples and the physicochemical parameters (humidity, pH, total phenols and the antioxidant potential) as well as the antibacterial activity were studied. The palynological study attributed four botanical families for the sorted polyfloral pollen: *Apiaceae*, *Asteraceae*, *Brassicaceae* and *Boraginaceae*. Water content (7.425 to 16.21%) and pH (5.08 to 6.35) for both types of pollen, which are not different significantly, and the multifloral was in accordance with the Brazilian law assigned for this type of pollen. The phenolic extracts by ethanol and methanol showed similar contents and the highest value was given with methanol (26.99mg EAG/g of pollen). The evaluation of antioxidant power by ethanol and methanol showed the strong capacity of phenolic extracts to inhibit the radical (DPPH) with variable rates (16.78 to 77.78%) marking the highest by the ethanolic extract. The antibacterial power of the two extracts against four bacterial strains (*E.coli* 25922, *Pseudomonas* ATU 27852, *S.aureus* MU50, *B.cereus* ATCC 1457) showed sensitivity in all strains except *B. cereus*. This work has highlighted the countless benefits of Algerian pollen whose properties have long been underestimated.

Keywords: Pollen, Palynological method, physicochemical parameters, Polyphenols, Antioxidant activity, DPPH, Antibacterial activity.