

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

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Sciences Alimentaires
Filière : Sciences Alimentaires
Spécialité : Production et Transformation laitière



Réf:.....

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

MASTER

Thème

***Composition biochimique, activités biologiques et application
alimentaires du pollen d'abeille***

Présenté par :
DJENANE Nacera et FENNOUCH Zohra

Soutenu le :23 /09/2021

Devant le jury composé de :

Z.T AFFININE
N. OUCHEMOUKH
F. DJELILLI

MCA
MCA
MAA

Président
Encadreur
Examineur

Année universitaire : 2020/ 2021

Remerciement

Tout d'abord, nous voudrions remercier Dieu le tout puissant, qui nous a aidé dans notre carrière universitaire. Nous avons atteint ce stade malgré les différents obstacles rencontrés, et nous le remercions de nous avoir donné la capacité et la patience sur ce long chemin.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à notre promotrice Mme OUCHEMOUKH.N Pour ses judicieux conseils et surtout pour avoir proposé ce sujet et de l'avoir pris en charge.

Nous remercions les membres du jury Mme TAFININE.Z et Mme DJELILI. F d'avoir accepté à examiner ce travail.

À tous ceux qui nous ont aidé de près ou de loin à l'achèvement de ce travail, Sans oublier l'ensemble des enseignants ayant contribué à notre formation durant notre cycle d'étude.

Zohra et Nacera

Dédicace

*Avec un énorme plaisir, un cœur ouvert et une immense joie,
que je dédie mon
travail à mes très chère, respectueux et magnifique parents
qui m'ont
soutenus tout au long de ma vie.*

*ainsi à mes chères frère Salem, Naceraldinne et mas soeure
Sara vous êtes toujours là pour moi sans oublier mes
grande parent, mes tantes, mes oncles.*

A mes amis de la vie :

Cylai Djemadi, Cylai derradji, Nihad

*A toute personnes qui m'ont encouragé ou aidé au long de mes
études*

*A ma collègue Siham et tout la promo des
ScienceAlimentaires2020/2021.*

Nacera

Dédicace

Quoi que de plus que de pouvoir partager les meilleurs moments de ma vie avec les personnes que j'aime.

Arrivé au terme de mes études, j'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail :

Aux les personnes les plus chères à mes yeux, mes parents, je vous remercie de m'avoir donné l'ambition d'aller de l'avant, je prie que dieu vous donne une longue vie pour que vous puissiez goûter pleinement du fruit du l'arbre que vous avez planté.

A mes adorables frères : ZAHIR et sa famille, KARIM et sa famille, Abdelmalek et FAHEM, je vous aime énormément et merci d'être à mes côtés.

A mes chères sœurs et leurs belles familles : SAMIA, HAKIMA, NABILA, NAWAL, LINDA et KHALISSA, vous êtes ma force et je ne peux vous remercier jamais assez pour votre soutien.

A mon secret du bonheur, mon cher Mari MOUNIR, Que dieu réunisse nos chemins et que ce travail soit témoignage de ma reconnaissance et de mon amour sincère et fidèle et à sa famille.

A mes meilleures amies : ZOÛRA et IMEN, merci vraiment pour votre aide

À tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin dans la réalisation de ce travail.

*A ma collègue Nacera et à toute la promo des Sciences Alimentaires
2020/2021.*

Zohra

Liste des abréviations

AJR : Apports Journalier Recommandé

ATP : Adénosine- Triphosphate

ORAC : Oxygen Radical Absorbance Capacity

NO : Monoxyde d'azote

COX-2 : Cyclooxygénase

PGE2 : Prostaglandine

PGI2 : Prostacycline

BALB/c : Lignée consanguine albinos

IgE : Immunoglobuline E

Ig G : Immunoglobuline G

TNF : Facteur de nécrose tumoral

Gy : Gray

TBARS : Thiobarbituric Acid Réactive Substances

Listes des tableaux

Tableau I : Les caractéristiques des plantes anémophiles et entomophiles ainsi que les caractéristiques de leurs pollens respectif.....	08
Tableau II : Teneur en acides aminés en % dans le pollen.....	18
Tableau III : Teneur en vitamines en mg dans le pollen	20
Tableau IV : Teneur en minéraux en% dans le pollen.....	21
Tableau V : Propriétés organoleptiques du pollen.....	24
Tableau VI : Propriétés thérapeutiques du pollen.....	26

Liste des figures

Figure 1 : Différentes granules colorés de pollen	3
Figure 2 : Structure d'un grain de pollen	6
Figure 3 : Pollinisation et fécondation.....	7
Figure 4 : a) pollen anémophile (pollen d'onagre) ; b) pollen entomophile (pollen de tournes... 9	
Figure 5 : Photographie d'une butineuse qui récolte du pollen.....	10
Figure 6 : (a) Tiroir plein de pollen ;(b) Trappe à pollen d'entrée en métal.....	11
Figure 7 : Pain d'abeille dans un rayon, avant operculation.....	12
Figure 8 : Schéma représentant les méthodes de conservation des pollen.....	14
Figure 9 : Composition globale du pollen.....	16
Figure10 : Capacité d'absorption des radicaux oxygénés(ORAC).....	25
Figure 11 : Bol de smoothie à la banane et à la mûre.....	38
Figure 12 : Barres granola au beurre d'arachide avec pollen d'abeille	39
Figure 13 : Tartelettes superfood au yogourt à la noix de coco	39
Figure 14 : Bol d'açaï au beurre de cacahuète facile.....	40
Figure 15 : Granola au miel et au pollen d'abeille	40
Figure 16 : Fandant au chocolat noir.....	41
Figure 17 : Smoothie au pollen d'abeil.....	41

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction.....	01
-------------------	----

Chapitre I : Généralités sur le pollen

1. Définition.....	03
2. Histoire du pollen.....	04
3. Origine botanique du pollen.....	04
4. Morphologie des grains de pollen.....	05
5. Pollinisation et fécondation.....	06
6. Types et classification du pollen.....	07
6.1. Pollen entomophile.....	07
6.2. Pollen anémophiles.....	08
7. Récolte des grains de pollen.....	09
7.1. Facteurs influençant la récolte du pollen d'abeille.....	12
7.2. Devenir du pollen dans la ruche : le pain d'abeille.....	12
8. Conservation des grains de pollen.....	13
8.1. Congélation.....	14
8.2. Séchage.....	14
8.3. Extraits de pollen.....	15

Chapitre II : Composition du pollen en pelote et valeur nutritionnelle

1. Composition du pollen.....	16
1.1. Eau.....	17
1.2 Protéines.....	17
1.3 Acides aminés.....	18

1.4 Glucides.....	18
1.5 Lipides	19
1.6 Vitamines.....	20
1.7 Minéraux.....	20
1.8 Enzymes.....	21
1.9 Pigments.....	21
1.10 Emissions odorantes.....	22
1.11 Autres.....	22

Chapitre III : Propriétés physico-chimiques et biologiques du pollen d'abeille

1. Propriétés du pollen.....	23
1.1 . Propriétés physico-chimiques.....	23
1.1.1 . Acidité et pH.....	23
1.1.2 . Humidité.....	23
1.2 . Propriétés organoleptiques.....	23
1.3 . Propriétés antioxydantes.....	24
1.4 . Propriétés thérapeutiques.....	26
1.4.1 . Action nutritive et dynamisante.....	26
1.4.2 . Action anti-inflammatoire.....	27
1.4.3 . Action immunostimulante.....	27
1.4.4 . Action anticancéreuse.....	28
1.4.5 . Action antibactérienne.....	28
1.4.6 . Action antifongique.....	29
1.4.7 . Action antiallergique.....	29
1.4.8 . Action détoxifiante.....	29
1.4.9 . Action anti-génotoxique.....	30
1.4.10 . Effet radioprotecteur.....	30
1.4.11 . Effet antimicrobien.....	30

2. Principales altérations d'origine biologiques et microbiologiques.....	30
3. Allergies et effets indésirables du pollen.....	31

Chapitre IV : Applications alimentaires du pollen d'abeille

1. Utilisations alimentaires du pollen.....	32
1.1 Produits fermentés à base de pollen d'abeille.....	32
1.2 . Vin de miel.....	33
1.3 . Yaourt.....	33
1.4 . Boissons à base de lait fermenté.....	34
1.5 . Pain.....	34
1.6 . Produits de boulangerie, de confiserie, de jus et de viande à base de pollen d'abeille.....	34
1.7 . Viande.....	35
2. Présentation.....	35
3. Posologie.....	36
4. Le pollen abeilles comme source d'aliments pour animaux.....	37
5. Quelques recettes de pollen d'abeille.....	38
Conclusion.....	42

Références bibliographiques

Résumé

Introduction

Introduction

Depuis l'aube des temps, l'homme a toujours été intéressé par la nature qui l'entourait. Il a su tirer parti des ressources naturelles pour s'adapter à son environnement et ainsi évoluer, créant la domestication et l'agriculture. Parmi les espèces animales domestiquées, il y a particulièrement l'abeille. Les vertus de ce petit insecte ont tout de suite séduit la curiosité humaine et depuis les temps les plus reculés, l'homme a su profiter des produits de la ruche tels que la propolis, la gelée royale et le pollen (Biri, 2003).

Les abeilles domestiques (*Apis mellifera*) butinent les grains de pollen d'espèces florales spécifiques, ce qui donne lieu à des charges polliniques hautement agglutinées attachées à leurs pattes arrière. Les abeilles commencent à préparer la nourriture pour la ruche en ajoutant au pollen du nectar et des substances salivaires. Une partie de ces charges polliniques est collectée par l'apiculteur avant que les abeilles n'entrent dans la ruche et est traitée comme du pollen d'abeille connu sous le nom de "mélange pollinique". La couleur des grains de pollen est très variable et reflète la diversité des espèces botaniques visitées par les abeilles (Lengler, 2002).

Le pollen représente le produit le plus précieux de la ruche car il constitue l'aliment principal de l'abeille. Il est riche en nutriments et en substances actives et très énergétique en raison de sa forte teneur en hydrates de carbone et en protéines. Il contient tous les acides aminés essentiels que l'organisme ne peut synthétiser et compense donc parfaitement les insuffisances que nous impose notre alimentation moderne déséquilibrée (Campos et al., 2010).

Le pollen est considéré comme le gamétophyte male des fleurs, mais aussi comme la matière première avec laquelle les abeilles fabriquent le miel (Tomas-Lorente et al., 1992). Les applications potentielles du pollen comprennent son utilisation dans l'apithérapie pour traiter de nombreuses maladies et également dans l'industrie alimentaire en tant qu'additif à des fins diverses, utilisé comme fortifiant de l'organisme, la cosmétologie et pour de nombreux objectifs (Pereira et al., 2002), le pollen peut aussi être employé en cas de constipation, de nervosité, de prostatite, d'hypertrophie de la prostate, dans l'alimentation animale, encore pour augmenter la résistance aux infections. Il est le moteur du fonctionnement de la ruche en permettant la croissance du couvain et est indispensable car étant la seule source de protéines pour l'abeille. Sans ce corpuscule microscopique, il ne peut y avoir fabrication de gelée royale ou de cire. La récolte du pollen se fait par le biais d'une grille posée à l'entrée de la ruche et dont la taille est parfaitement calibrée pour en récupérer une quantité optimale, et ceci sans

mettre en danger la survie de la ruche. Egalement, cette récolte doit se faire lors des périodes où la reine pond le moins pour maintenir la croissance du couvain. Le pollen ainsi obtenu peut être conservé congelé, lui permettant de garder son entière qualité ou bien séché mais perdant la moitié de sa valeur thérapeutique par cette méthode (Donadieu, 1987). Ce mémoire est divisé en quatre parties :

La première partie concerne les généralités sur le pollen d'abeille (définition, historique, origine, et leur récolte). Par la suite une étude bibliographique plus approfondie nous mènera à découvrir la composition biochimique (protéines, glucides, lipides, ect) de pollen d'abeille. La troisième partie est consacrée à une étude sur l'activité biologique de pollen, et leurs bienfaits sur la santé humaine. Pour finir, nous aborderons les usages alimentaires.

Chapitre I :
Généralité sur
le pollen

Chapitre I : Généralités sur le pollen

1. Définition

Le terme « Grain de pollen » est dérivé du mot grec palé qui signifie « farine ou poussière ». Ce dernier constitue chez les végétaux supérieurs l'élément fécondant mâle de la fleur. Les grains de pollen sont des minuscules grains de forme plus ou moins ovoïde (le diamètre est à l'échelle micrométrique), initialement contenus dans l'anthère à l'extrémité des étamines (Meyer et al., 2004).

Les Romains qualifiaient le pollen de : « poudre qui donne la vie » (Alexis Dancy, 2015). Il est l'unique source de protéines dans la ruche ce qui en fait un aliment indispensable pour la colonie (Cousin, 2014). Le pollen est un organisme simple, présentant des caractéristiques morphologiques variables et diverses (Erdtman, 1952). Il est considéré comme un aliment protéinique, car il contient tous les acides aminés essentiels (Philippe, 1999), ainsi que sa composition en sélénium qui lui confère une activité antioxydante contre les radicaux libres (Philippe, 1999 ; Gharbi, 2011).

Le pollen peut avoir des couleurs très différentes suivant les fleurs qui sont butinées par les abeilles (Figure1). Ces couleurs vont du jaune à orange voir même au rouge sang, ou violet, verts ou même très sombres, presque noirs (Somme et al., 2013 ; Simenel et al., 2015).



Figure 1 : Différentes granules colorés de pollen (Anonyme 1, 2021)

2. Histoire du pollen

L'utilisation du pollen d'abeille par l'homme a une longue histoire. Il a été accepté comme une thérapeutique dans les anciennes civilisations égyptienne, grecque, romaine et chinoise. Il a pris sa place dans la médecine alternative aujourd'hui. Il est également présent dans le commerce en tant que support alimentaire pour renforcer l'organisme dans divers problèmes de santé. Il est également recommandé chez les enfants souffrant d'un manque d'appétit, de troubles de l'alimentation et troubles du développement. (Denisow et Denisow-Pietrzyk, 2016 ; Bogdanov., 2017). Dans l'analyse des espèces de pollen de plantes formant le pollen d'abeille, la microscopie optique est utilisée depuis les années 1950 pour effectuer au moins la détermination de la famille et du genre. (Blumenthal., al ; 1998 Denisow. Denisow-Pietrzyk., 2016).

Après l'invention du microscope, au 17^{ième} siècle, cette "poussière" a été décrite par Grew et Malpighi qui ont effectué les premières descriptions des grains polliniques. Le pollen devient visible, il est observé et décrit. Vers 1930, débute la palynologie en Europe du nord. Von Post, botaniste hollandais, décrit des pollens dans un ouvrage. En 1935, Adehouse et Erdtmann publient un livre très documenté sur les pollens. En 1944, on assimile au mot pollen, les termes de pollen et de spore même si l'on sait que ceci est réducteur. Vers 1950, les pétroliers se sont intéressés au pollen du Trias que l'on retrouve dans les roches pièges. L'utilisation au laboratoire du microscope électronique (1960) permet une meilleure détermination des pollens. Dans les années 1950, Marie Madeleine Van Campo crée un laboratoire de palynologie à Paris puis à Montpellier. Elle est à l'origine de la revue « Pollens et Spores ». Vers 1960, un atlas des pollens est édité. En 1967, est créée l'association des palynologues français. (Diot, 1998).

3. Origine botanique du pollen

Dans l'analyse des espèces de pollen de plantes formant le pollen d'abeille, la microscopie optique est utilisée depuis les années 1950 pour effectuer au moins la détermination de la famille et du genre. L'origine botanique du pollen est déterminée par une analyse palynologique (microscopique), respectivement par l'identification et comptage microscopiques des grains de pollen. Chaque espèce végétale possède son propre grain de pollen caractéristique qui peut être utilisé pour déterminer son origine botanique, c'est-à-dire pour déterminer les plantes que les abeilles ont visitées en récoltant le pollen (Almeida-Muradian et al., 2005).

Les grains de pollen varient en termes de caractéristiques morphologiques telles que la forme, la taille, les ouvertures/apertures et l'ornementation, ainsi qu'en termes de couleur et d'apparence. La couleur et d'autres caractéristiques des grains de pollen peuvent être utilisées pour identifier le genre des plantes et, parfois, l'espèce végétale. (Bačić, 1995 ; de Arruda et al., 2013). Ainsi que l'origine botanique des miels (Bogdanov, 2017).

4. Morphologie des graines de pollen

Un grain de pollen est une cellule vivante, résultant du développement de microspores groupées en tétrades (conséquences de la méiose) (Marouf et Reynaud, 2007). Si le microscope optique rend compte de sa forme et de son aspect général, le microscope électronique à balayage met en évidence l'ornementation des grains et son observation est plus détaillée. Pour les pollens d'origine inconnue, il faut se référer à une palynothèque (Boukendour, 2011). Le grain de pollen mûr est composé d'une cellule qui contient une masse cytoplasmique et deux noyaux à n chromosomes chacun, un noyau végétatif volumineux généralement central et un noyau reproducteur petit, plus ou moins aplati.

Les grains de pollen sont soit :

- Simples avec une seule cellule, cas le plus fréquent.
- Composés en tétrades (4 grains adjacents), cas des Ericacées (bruyère, rhododendron etc).
- Composés en polyades (8-16 ou 32 grains adjacents), cas des Mimosacées (Hubersan, 2001).

Un grain du pollen est entouré de deux couches protectrices : l'intine et l'exine (Figure 2) (Laaidi et al., 1997).

4.1. L'intine

L'intine c'est une membrane semi-perméable, fine entourant le cytoplasme disparaît rapidement à la morte du contenu cellulaire (Dajoz, 1993).

L'intine est la couche intérieure de la paroi semble contenir les enzymes nécessaires à la germination du tube pollinique, à la pénétration de la cuticule du stigmate et à la croissance subséquente (Laurian et al., 2004).

4.2. L'exine

L'exine est la paroi externe du grain de pollen, elle est souvent percée d'ouverture ou d'aperture (Laaidi et al., 1997 ; Bormann de Borges et al., 2009). Elle est d'une mince épaisseur allant de 1 μm jusqu'à 3 μm et sa morphologie est très variable, riche en sporopollénine (un

polymère composé de phénoliques et de dérivés d'acides 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 (Dajoz et al., 1991).

L'exine ne présente pas la même structure sur tout le pourtour du grain de pollen. Leurs ouvertures 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).

Le pollen se trouve sous plusieurs formes, soit sphériques ou ovoïdes plus ou moins déformée. Un grain de pollen mesure 2,5 microns à 220 microns (Donadieu, 1983).

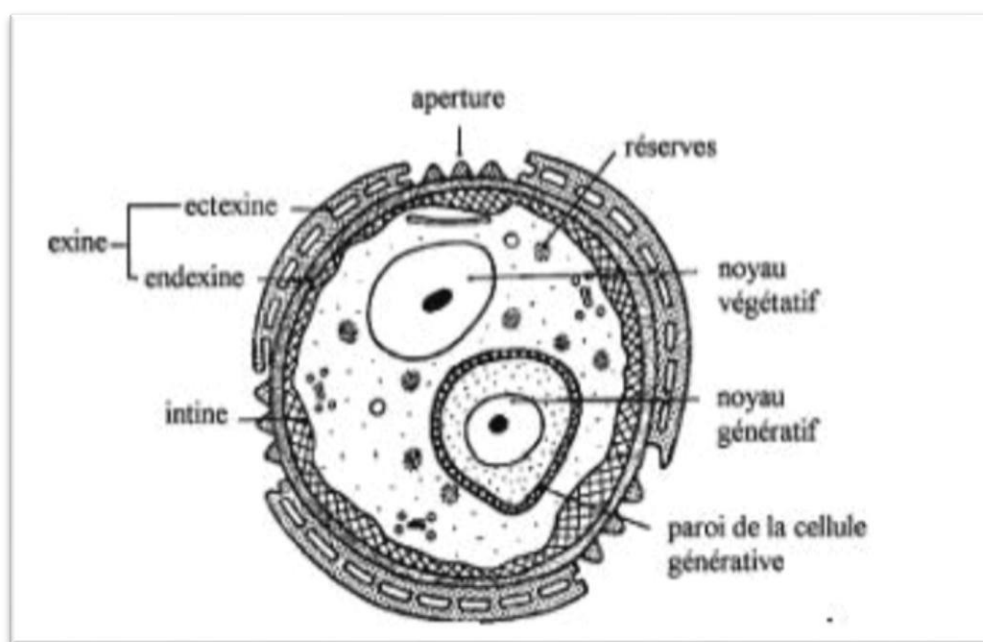


Figure 2 : Structure d'un grain de pollen (Laaidi et al.,1997).

5. Pollinisation et fécondation

On appelle pollinisation le transport de grains de pollen sur le stigmate. Elle a lieu avant tout grâce au vent et aux insectes. Les grains de pollen germent sur le stigmate, puis ils forment un tube pollinique qui grandit à travers les tissus du style jusqu'aux ovules qui sont enveloppées dans les ovaires. Ce sont probablement des substances chimiques produites par l'ovule qui guident ces tubes polliniques. Par ces canaux, les cellules germinales mâles migrent vers les oosphères. La fusion des cellules sexuelles mâles et femelles est appelée fécondation (Figure 3). On observe pour les arbres fruitiers un espace de temps de 4 à 12 jours entre la pollinisation et la fécondation (Barth, 1982). La graine naît des oosphères fécondées, on distingue : l'autofécondation et la fécondation croisée :

L'autofécondation : Les grains de pollen de la même fleur ou de la même plante germent sur le stigmate.

La fécondation croisée : Les grains de pollen d'une autre plante de la même espèce germent sur le stigmate.

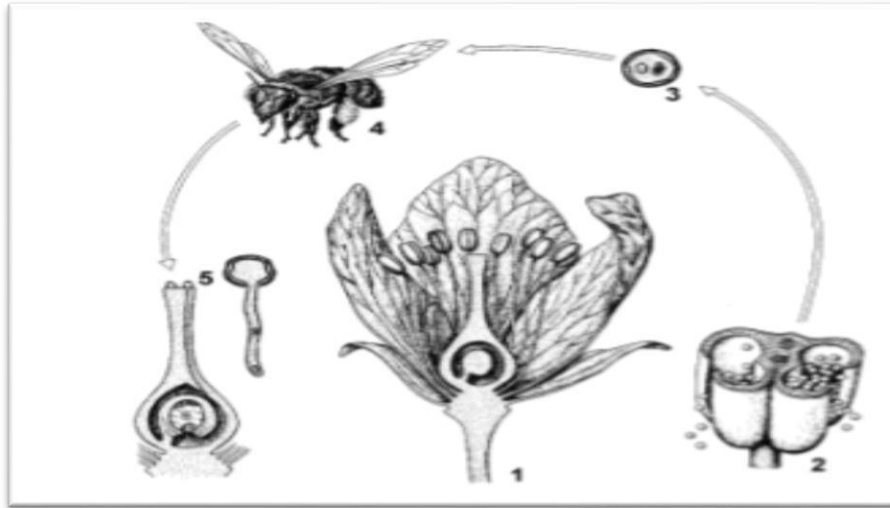


Figure 3 : Pollinisation et fécondation ; 1-Fleur avec étamines, pistil (stigmate, style, ovaire), pétales et sépales ; 2- Anthère mûre en coupe ; 3- Grain de pollen ; 4- Abeille transportant le pollen sur le stigmate d'une autre fleur de la même espèce ; 5- Un tube pollinique atteint l'oosphère, à l'intérieur de l'ovule, dans l'ovaire (Barth, 1982).

6. Types et classification du pollen

Selon la bibliographie, il existe plusieurs types de pollens de constitution différente, suivant les espèces végétales, le climat, la région géographique, la période de récolte ou encore la nature du sol (Climent et al., 2006 ; Marechale, 2006), ainsi on peut classer le pollen en deux familles : pollen entomophile et pollen anémophile (Tableau I, figure 4).

6. 1 Pollens entomophiles

Récoltés et transportés par les insectes, ils sont tous alimentaires (Amri, 2010). La plus grande partie des espèces végétales (environ 4/5) est entomophile, c'est-à-dire que ses plantes sont fécondées grâce aux insectes. La structure extérieure des grains de pollen de plantes entomophile est rugueuse, accidentée ; présentant des creux, des pointes et toutes sortes d'aspérités. Beaucoup d'entre eux sont recouverts d'une couche huileuse et collante. Ils

s'accrochent facilement aux poils des insectes et peuvent ainsi être transportés sur d'autres fleurs (Dany, 1983).

6. 2 Pollens anémophiles : Transportés par le vent, ils sont les plus allergisants. Les abeilles butinent les fleurs à pollen entomophile et ne butinent pas les fleurs à pollen anémophile. La seule exception à cette règle est le maïs. Le maïs est une graminée dont le pollen est disséminé par le vent. Néanmoins, l'abeille n'hésite pas à le butiner, malgré sa piètre valeur nutritionnelle. Les cultures intensives de maïs peuvent être contaminées par les pesticides, circulant dans la sève de la plante même. Ils ont compris ainsi pourquoi les pièges à pollen sont habituellement retirés dès l'apparition des premières fleurs de maïs (Amri, 2010).

Tableau I : Les caractéristiques des plantes anémophiles et entomophiles ainsi que les caractéristiques de leurs pollens respectifs (Climent et al., 2006 ; Marechale, 2006).

Plantes anémophiles	Plantes entomophiles
<ul style="list-style-type: none"> - Le transport du pollen se fait par le vent. - Les grains de pollen ont des qualités aérodynamiques, ils sont lisses et secs. Ils possèdent des sacs à air et sont donc très légers. - Le transport peut avoir lieu sur de très grandes distance (« pluie de soufre »). - Les plantes anémophiles produisent d'énormes quantités de pollen. 	<ul style="list-style-type: none"> - Le transport du pollen se fait par des insectes. - Grains rugueux, avec des pointes, recouverts d'une couche huileuse et collante. - 4/5 des espèces végétales sont entomophiles. La plupart sont pollinisées par les abeilles. - Les plantes entomophiles sont généralement colorées afin d'attirer les insectes.

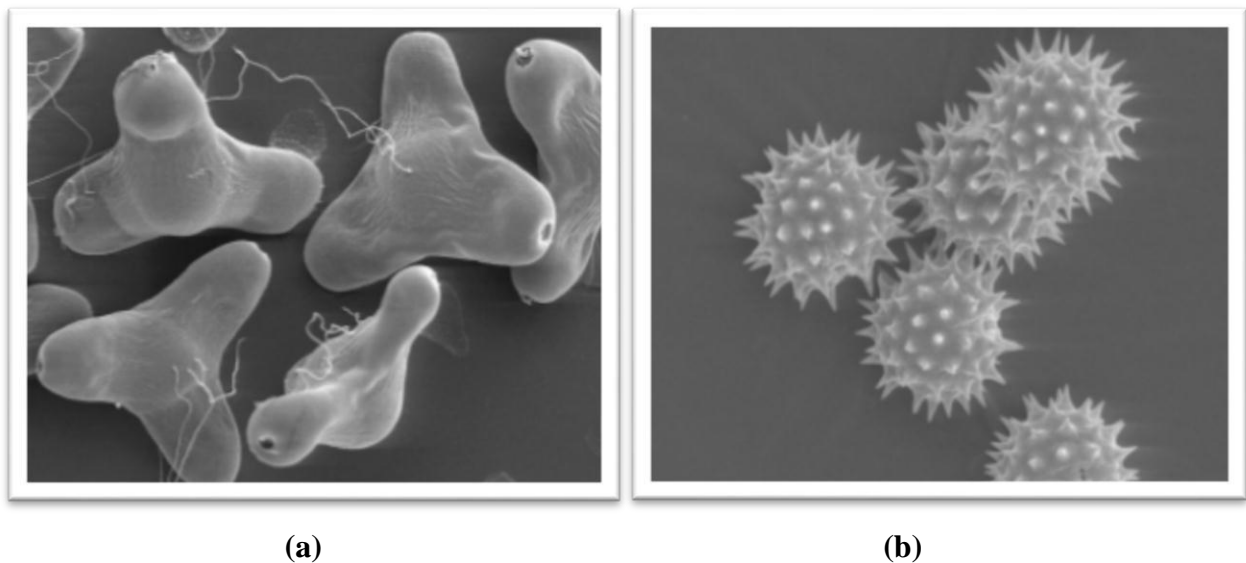


Figure 4 : a) Pollen anémophile (Pollen d'onagre) ; b) Pollen entomophile (Pollen de tournesol) (Amri, 2010).

7. Récolte des grains de pollen par les abeilles

La récolte du pollen varie de façon qualitative et quantitative. Les conditions extérieures doivent être favorables au vol. Chaque colonie a un comportement particulier : le choix des fleurs visitées, la production journalière diffère énormément d'une ruche à l'autre, et ce selon l'époque, le lieu et l'état de santé de la colonie. La récolte se fait principalement à la fin de l'hiver et au printemps. La moyenne de production se situe aux alentours de 2 à 3 kg de pollen par mois et par ruche, avec des écarts d'une colonie à une autre, variables d'un facteur de 1 à 10. La quantité du pollen récoltée est, selon Louveaux, proportionnelle à la surface du couvain (Jean-Prost, 2005).

Pour récolter le pollen, les abeilles butineuses (Figure 5) sortent de la ruche surtout le matin, avant 10h et 11h. Leur vol de récolte dure de 3 min à 15 min. Elles mordillent avec leurs mandibules les anthères de la fleur et engluent les grains de salive, de nectar ou de miel (Jean-Prost, 2005).



Figure 5 : Photographie d'une butineuse qui récolte du pollen (Anonyme 2, 2021)

7. 1. Récolte du pollen et formation des pelotes

Le mécanisme de confection des pelotes - rappelons qu'il y a 2 pattes antérieures, 2 pattes médianes et 2 pattes postérieures - se décompose en 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. Chaque pelote est composée de 100.000 à 5.000.000 de grains (El Hady et Hegazi, 2001) et peut peser entre 4 et 10 mg, soit un chargement de 8 à 20 mg, résultat de la visite de 80 fleurs en moyenne. L'aspect des pelotes varie d'une espèce à l'autre (Domergue et al., 2009).

7.2. Récolte de pollen par l'homme

Une ruche a besoin de 20 à 50 kg de pollen par an. Ce pollen représente son unique source de protéines. L'apiculteur n'en récolte que 2 à 5 Kg maximum pour ne pas nuire au bon développement de la colonie (Apimondai, 2001 ; Jean-Prost, 2005).

Les apiculteurs utilisent des trappes à pollen (Figure 6) pour récolter les pelotes fraîchement rapportées par les butineuses. Ce sont des grilles dont les mailles font environ 4,5 mm de diamètre. Il existe plusieurs sortes de dispositifs avec des mailles différentes. Ces trappes sont placées devant l'entrée de la ruche. Pour pénétrer dans la ruche, les butineuses vont devoir traverser la grille en passant dans les mailles. Les mailles de la grille doivent être suffisamment larges pour laisser passer les abeilles mais assez étroites pour détacher les pelotes. Un tiroir placé sous la trappe recueille les pelotes de pollen détachées. Il est surmonté d'un tamis de 3 mm laissant les pelotes tomber à travers mais empêchant les abeilles de venir récupérer leurs butins. On parle d'efficacité des trappes ce qui correspond au pourcentage de pelotes récoltées par rapport au nombre total des pelotes qui ont traversé - via les abeilles - la grille (Apimondia, 2001 ; Jean-Prost, 2005). L'efficacité idéale est donc de 10%.

Un tri est ensuite réalisé : les petits lots sont triés à la main. Pour de plus grandes quantités, les débris chitineux (pattes, ailes...) sont attirés par une plaque en plastique électrisée par frottements. Les poussières sont éliminées grâce à un air soufflant ou aspirant, ou au tarare (appareil utilisé en campagne pour le nettoyage des grains).

**(a)****(b)****Figure 6 :** (a) Tiroir plein de pollen ; (b) Trappe à pollen d'entrée en métal (Gauthier, 1997).

7. 3 Facteurs influençant la récolte du pollen d'abeille

La récolte n'est pas constante et dépend de nombreux facteurs, comme les conditions de vol, les habitudes de butinage de la colonie (choix des fleurs visitées), De la santé générale de la ruche. Et surtout de l'époque et de la quantité de pollen offerte par les végétaux, l'absence de la reine ne constitue pas en soi un stimulus suffisant pour inhiber la récolte de pollen, elle se poursuit mais à un niveau très bas et la qualité du pollen récolté est pratiquement proportionnelle à l'étendu du couvain et l'introduction de couvain ouvert ou opercule dans une ruche induit une augmentation de la récolte de pollen par les ouvrières (Louveaux, 1968).

7. 4. Devenir du pollen dans la ruche : le pain d'abeille

Une fois les pelotes rapportées à la ruche, les butineuses les cèdent à d'autres ouvrières spécialisées dans la confection de pain d'abeille (Figure 7). Elles enduisent les pelotes de salive et les tassent à l'aide de leurs mandibules dans les alvéoles situées au-dessus et à côté du couvain (Jean-Prost, 2005). Une alvéole contient une vingtaine d'apports (Marchenay et Bérard, 2007).



Figure 7 : Pain d'abeille dans un rayon, avant operculation (Tourneret, 2011).

Le pain d'abeille est le résultat du processus de préparation à la consommation du pollen par les abeilles. Il se conserve grâce aux fermentations dues aux sécrétions salivaires riches en enzymes (Apimondia, 2001). Une fois l'alvéole remplie à environ la moitié de son volume, les ouvrières cilières l'opercule avec une membrane de cire. Il se peut qu'une couche de miel ou de propolis soit ajoutée avant la fermeture (Jean-Prost, 2005 ; Domerego et al., 2009). La température et l'humidité de l'environnement ainsi créé dans l'alvéole augmentent ; le pollen germe et se détache de son enveloppe devenant une masse homogène et compacte. Les

transformations naturelles qui pourraient altérer le pollen ainsi stocké sont bloquées par l'action de micro-organismes présents dans l'atmosphère de la ruche et dans le pollen.

L'operculation des alvéoles confère un environnement anaérobie à une température de 38°C mettant en route des fermentations indispensables pour la transformation du pollen en pain d'abeille.

Le processus dépend de la densité de pollen présent dans l'alvéole, de la quantité de gaz (notamment la diminution de la teneur en dioxygène) et de la teneur en eau présente sous l'opercule de cire. La transformation du pollen s'effectue en trois étapes, mettant en jeu 3 germes (Apimondia, 2001).

- **La première étape** : n'intervient pas strictement dans la fermentation du pollen. En effet, le développement de *Pseudomonas*, bactérie aérobie, consomme le dioxygène présent et permet ainsi de rendre le milieu anaérobie. La population de *Pseudomonas* régresse ensuite jusqu'à disparition par auto-asphyxie.

-**La deuxième étape** : se caractérise par le développement de *Lactobacillus*. Cette bactérie fermente les glucides en milieu anaérobie pour les transformer en acide lactique. Cette fermentation fait perdre la capacité germinative du pollen.

- **La troisième étape** : complète le processus de fermentation par le développement d'une levure, *Saccharomyces*. Elle métabolise les glucides restés dans la masse du pollen en transformation. La formation du pain d'abeille débute donc par la mort d'un germe au profit d'autres. Ces processus assurent une meilleure conservation du produit par le biais de l'acidité obtenue. Ils transforment également le pollen en produit de haute valeur nutritionnelle et de haut degré d'assimilation (Apimondia, 2001).

8. Conservation des grains de pollens

Pour assurer une bonne conservation au pollen récolté par les abeilles ou par les apiculteurs, il faut procéder à plusieurs opérations successives. Le diagramme dans la figure 8 résume les étapes essentielles à sa conservation :

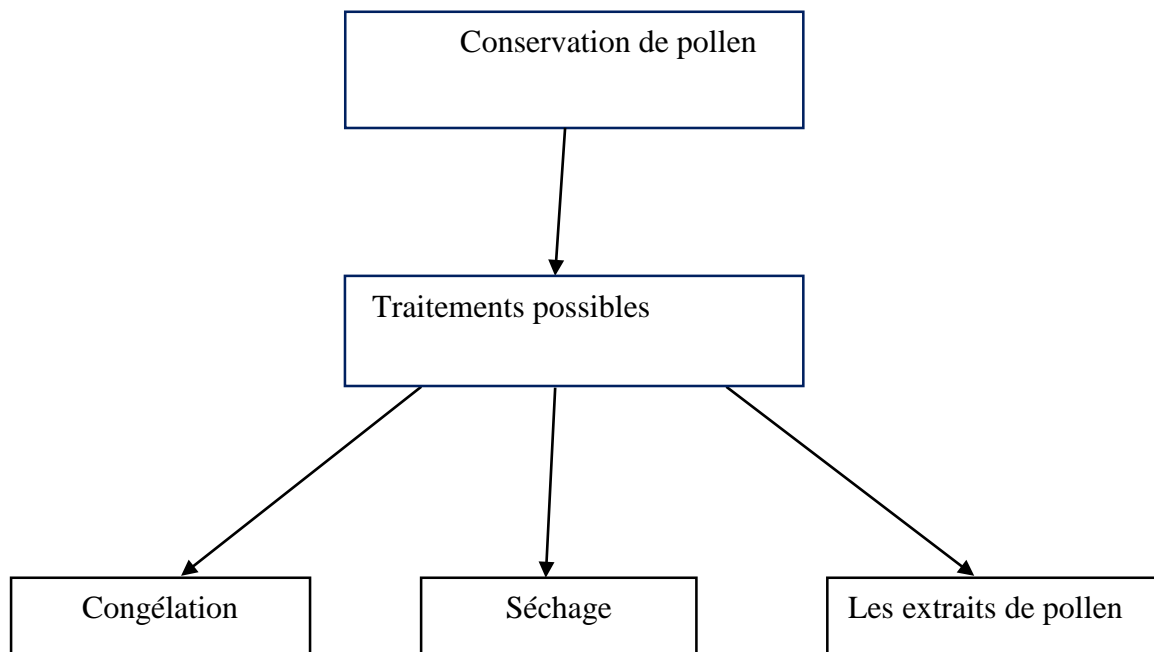


Figure 8 : Schéma représentant les méthodes de conservation des pollens (Apimondia, 2001).

8. 1 Congélation

La congélation permet de conserver le pollen sous sa forme pure. Il doit être récolté de la trappe deux fois par jour et congelé, après triage, dans les heures qui suivent (Apimondia 2001). Ses qualités sont gardées intègres et sa valeur nutritive reste excellente (Hegazi, 2001 ; Mateescu, 2001). Une fois décongelé, le pollen doit être conservé au réfrigérateur et consommé en 15 jours (Bruneau, 2009).

8. 2 Séchage

Le séchage consiste à faire passer un courant d'air chaud (inférieur à 40-45°C) à travers des couches minces de pelotes pendant une dizaine d'heures. Le séchage se fait à l'abri de la lumière vive avec une ventilation douce à contre-courant. Des rayons infrarouges peuvent être utilisés pour le séchage.

Le séchage permet une conservation à température ambiante mais prive le pollen de ses enzymes, de ses antioxydants, de ses composants volatiles et thermolabiles. On estime à 50% la baisse de la valeur thérapeutique.

La conservation est meilleure avec un ajout d'oxyde de silicium, qui absorbe l'humidité et empêche l'agglomération des grains. Certains pollens sont additionnés de bromure ou de

chlorure de méthylène pour éviter la contamination par des œufs ou larves d'insectes (notamment ceux de *Galleria mellonella*, qui attaquent les rayons de cire de la ruche) (Apimondia, 2001 ; Bruneau, 2009).

8. 3 Extraits de pollen

Le pollen est placé dans une solution d'éthanol. On obtient un extrait alcoolique que l'on sépare du pollen résiduel solide. Ce résidu subit une deuxième extraction dans une seconde solution d'éthanol ce qui produit un second extrait. Les deux extraits sont concentrés sous vide. On obtient une masse fluide visqueuse. L'extraction est douce et n'altère pas les principes actifs qui sont libérés (Apimondia, 2001).

Chapitre II :

Composition du

pollen en pelote et

Valeur nutritionnelle

Chapitre II : Composition du pollen en pelote et Valeur nutritionnelle 1. Compositions du pollen

L'alimentation des abeilles repose principalement sur le pollen pour des composés tels que les protéines, l'azote, les acides aminés (sous formes libre ou protéique), l'amidon, les lipides (e. g. stérols), les vitamines et les minéraux. Parmi ces nutriments, le contenu protéique du pollen varie entre 2,5 à 61% de masse sèche (Meyer et al., 2004). De même, la composition en acides aminés fluctue de 3,5 à 24,9% (Karl Von Frisch, 1989). A l'instar de ces classes de composés, les phytostérols (i.e. stérols retrouvés majoritairement chez les plantes) et leurs proportions relatives varient également selon la ressource (Wiener et al., 2010). Ainsi, tous les pollens ne se valent pas d'un point de vue nutritionnel mais leur contenu varie grandement en fonction des espèces végétales (Meyer et al., 2004).

Le pollen contient des vitamines et des minéraux en plus de traces d'éléments d'enzymes et des acides aminés (Figure 9). La composition exacte du pollen varie cependant suivant le type de plante sur laquelle il a été récolté. Il est difficile de retrouver la source de tous pollens d'abeille, ce qui augmente par conséquent aussi la difficulté à déterminer les éléments sains contenus dans ce pollen (Compos, 2008).

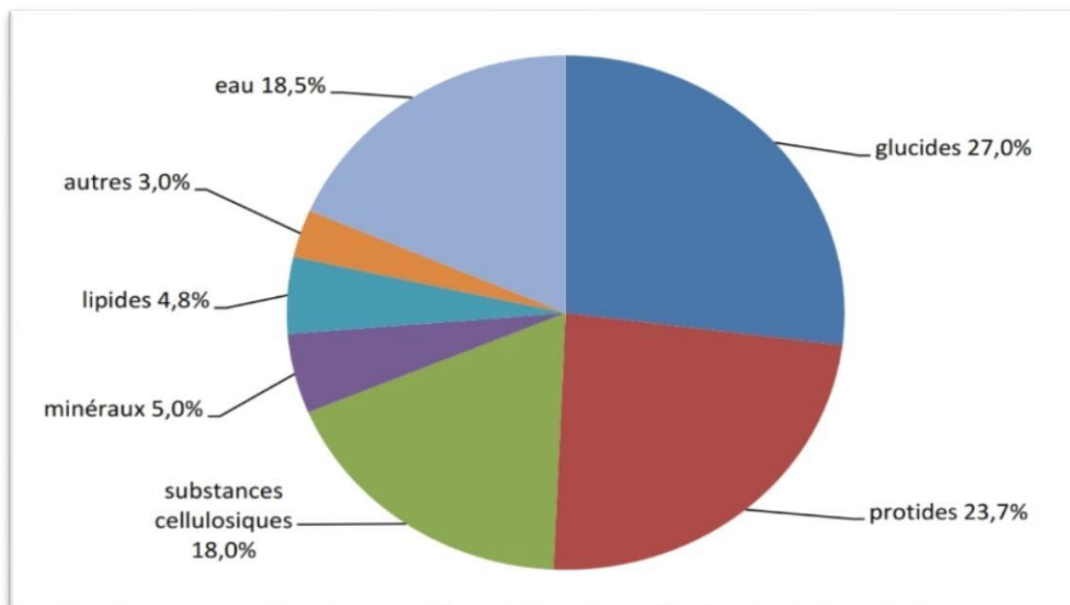


Figure 9 : Composition globale du pollen (Gillian, 1989)

1.1 Eau

La détermination de la teneur en eau du pollen est effectuée après séchage à un poids constant dans un séchoir à armoire à infrarouge ou four de séchage, ou par la méthode de KarlFischer.

Elle est de 10% en moyenne sur la fleur, entre 10 à 40% pour le pollen des trappes et 4% pour le pollen séché. Un taux de 5% représente en général la limite supérieure à ne pas dépasser pour assurer une bonne conservation à température ordinaire. Elle varie selon l'espèce botanique (Prost et Le conte, 2005). L'indice de réfraction est une mesure optique qui varie en fonction de la concentration en eau du produit à analyser et de la température (Bogdanov et al., 2009).

1.2 Protéines

Les protéines sont des constituants essentiels des tissus vivants et jouent un rôle majeur dans les mécanismes vitaux (enzymes, hormones ...) (Roulston, 2000). Etant donné que l'abeille ne peut les synthétiser, elle doit les prélever dans sa nourriture. La concentration relative en acides aminés essentiels apparaît comme relativement stable et indépendante de l'origine florale du pollen (Monnier Samiel et al., 1997).

La concentration en protéines est cependant bien conservée au sein d'une même famille de plante, à l'exception des Fabaceae riches en espèces, Il semble y avoir une corrélation positive entre le contenu en acides aminés essentiels et le contenu en protéines totales du pollen. Le contenu en protéines, utilisé comme critère de qualité du pollen, pourrait avoir un impact important sur le butinage et éventuellement expliquer les préférences de l'abeille pour certains types de pollen (Monnier Samiel et al., 1997). Le taux de protéines est variable d'une espèce de plante à une autre. On estime à 5% la teneur des plantes les moins riches et 40% celle des plus riches soit en moyenne 10g à 40g pour 100 g de pollen sec. Cette différence explique en partie pourquoi les abeilles se dirigent préférentiellement vers certaines plantes pour la récolte du pollen. Cette teneur va dépendre également des conditions climatiques, c'est pourquoi d'une région à une autre une plante de la même espèce aura une composition variable. En exemple, le maïs peut contenir de 21,28% à 26,08% de protéines (Almeida-Mur et al., 2005 ; Campos et al., 2010).

1.3 Acides aminés

Les acides aminés sont indispensables au développement, à l'entretien et au renouvellement des tissus biologiques. La plupart des pollens contiennent les aminoacides les plus communs. Parmi eux la proline est souvent le plus abondant. Les acides aminés essentiels pour l'abeille sont : arginine, histidine, isoleucine, leucine, lysine, méthionine, phénylalanine, thréonine, tryptophane et valine. La teneur en protéines du pollen peut varier de quelques pourcents à près des deux tiers du poids sec du grain, suivant la provenance végétale (Roulston, 2000).

Le pollen contient également des acides aminés (Tableau II), exprimé en % du poids sec total. Le tableau suivant nous donne les intervalles pour chacun (Hegazi, 2001).

Tableau II : Teneur en acides aminés en % dans le pollen (Hegazi, 2001)

Acide aminé	Quantité en %
Proline	9,4- 11,2
Leucine	6,7- 7,5
Lysine	5,9- 7,0
Valine	5,5- 6,0
Isoleucine	4,5- 5,8
Arginine	4,4- 5,7
Phénylalanine	3,7 à 4,4
Histidine	2,0- 3,5
Thréonine	2,3- 4,0
Méthionine	1,7- 2,4
Tryptophane	1,2- 1,6

1.4 Glucides

Les glucides, essentiellement du fructose et du saccharose, sont présents en quantités variables et proviennent principalement du nectar que les abeilles utilisent pour rassembler les grains de pollen en pelotes (Gillian, 1979a et 1979b).

Lorsque les abeilles collectent le pollen, elles le mélangent avec un peu de nectar avant de le mettre dans leur corbeille à pollen. L'ultrastructure du grain influence la collecte de pollen par l'abeille. En effet, de par la morphologie de ces grains, l'abeille doit y ajouter plus ou moins

Chapitre II Composition du pollen en pelote et valeur nutritionnelle

de sécrétions pour les agglomérer en pelotes, Ces éléments influents sur la composition en sucres du pollen des pelotes d'abeille (Monnier Samiel et al.,1997).

Les pollens récoltés par les abeilles contiennent toujours de 10% à 20% de sucres réducteurs. Ceci est dû au fait que les abeilles y ajoutent des sucres et des sécrétions salivaires (Caisteel, 1912). Par contre, les pollens récoltés à la main sont pauvres en sucres réducteurs mais riches en sucres non réducteurs (Todd, Bretherick, 1942). Il a été montré que la composition en sucre du pollen varie selon : l'origine végétale du pollen, la méthode de collecte et la méthode de stockage.

Au total, 14 sucres différents ont été identifiés dans le pollen dont le fructose, le glucose et le saccharose qui sont les plus importants en termes de quantité. Des valeurs de 46 % pour le fructose, de 37 % pour le glucose et de 8% pour le saccharose ont été observées sur différents pollens par Szczesna (2007). Les autres sucres comme l'arabinose, le ribose, le tréhalose, l'isomaltose, le turanose, le coïbiose, le gentiobiose, le melibiose et le melezitose ont des valeurs relatives proches de 1 %. Le pollen contient aussi de l'amidon en quantité variable, de 12,4 % à 26 % par rapport au totale des glucides (Monnier Samiel et al., 1997). La présence d'amidon est très peu considérée dans les discussions abordant la composition des sucres dans les pelotes de pollen (Gillian, 1979a et 1979b).

1.5 Lipides

Les lipides représentent entre 1% et 20% du poids sec du pollen (Gillian, 1989), on les trouve dans le manteau pollinique et le cytoplasme de la cellule végétative. Les corps gras d'origines végétale ou animale sont des triesters du glycérol et d'acides acycliques à longues chaînes linéaires [acides gras]. Les acides gras, les plus simples des lipides, sont importants pour la reproduction, le développement et la nutrition des abeilles (Roulston, 2000). Les acides gras prédominants dans la plupart des pollens récoltés par l'insecte sont, dans l'ordre décroissant : l'acide α -linoléique [ω 3]. L'acide palmitique [acide gras saturé] et l'acide linoléique [ω 6]. Les pollens ayant des taux lipidiques élevés, notamment en acides gras linoléique, linoléique, myristique et dodécanoïque interviendraient dans l'inhibition de microbes pathogènes comme ceux des loques (Roulston, 2000).

Les lipides du pollen ont été étudiés. L'extrait éthéré total peut varier de 0.9% à 14% du poids. L'insaponifiable contient des stérols, en particulier le 24-méthylène cholestérol isolé par Barbier et Hcgel (1960) des pollens en pelotes. Il contient aussi des hydrocarbures saturés et des alcools supérieurs (Monnier Samiel et al., 1997).

1.6 Vitamines

On y retrouve de nombreuses vitamines. Le tableau III donne les limites en mg. La teneur en vitamines dépend de l'origine florale du pollen. Par exemple, La teneur en vitamine A est de 1% dans le pollen de pommier, 1,2% dans le pollen de l'angélique officinale et 1,3% dans le pollen du sarrasin des champs.

La teneur en vitamine B2 est de 1,5% dans le pollen du robinier, 1,6% dans le pollen du sarrasin des champs, 1,8% dans le pollen de pommier, 2,1% dans le pollen d'angélique officinale et 2,3% dans le pollen d'aegopode (Hegazi ,2001).

Tableau III : Teneur en vitamines en mg dans le pollen (Hegazi ,2001).

Les vitamines	La quantité en mg par 100g de pollen
C	152 à 640
B5	3,00 à 51,00
B2	16,30 à 19,20
B1	7,75 à 10,80
B9	3,40 à 6,80
B6	0 à 9,00
D	0,20 à 0,60
E	0,10 à 0,32
B8	0,10 à 0,25
B12	Présence
A	Présence

1.7 Minéraux

Le pollen contient également des minéraux et des oligo-éléments (exprimé en % des cendres-Tableau IV). Ils représentent des taux très variables (Gillian, 1989).

Les minéraux les plus représentés sont le potassium, le phosphore, le calcium, le magnésium, le fer, le manganèse, le zinc et le cuivre (tableau IV). On y retrouve également un antioxydant rare, le sélénium et de l'iode. Leur teneur varie surtout quant à elle en fonction des saisons (Apimondia, 2001). Le pollen peut aussi contenir du nickel et du plomb (Hegazi, 2001).

Chapitre II Composition du pollen en pelote et valeur nutritionnelle

Tableau IV : Teneur en minéraux en% dans le pollen (Hegazi, 2001)

Les minéraux	La quantité en %
Potassium	20,00 à 45,00
Phosphore	1,00 à 20,00
Calcium	1,00 à 15,00
Magnésium	1 ,00 à 12,00
Silicium	2,00 à 10,00
Manganèse	1,40
Soufre	1,00
Chlore	0,80
Fer	0,01 à 0,30
Cuivre	0,05 à 0,08

1.8 Enzymes

Les pelotes de pollen contiennent une quantité spectaculaire d'enzymes. Toutes les classes y sont représentées (Hegazi, 2001). On retrouve :

- Amylase
- Saccharase
- Diastase
- Phosphatase
- Pectase
- Enzyme du système cytochrome.
- Pepsine
- Oxydoréductases 14
- Hydrolases 333
- Lyases 11
- Cozymase
- Trypsine
- Disphorase
- Transférases 21
- Isomérases 5
- Déshydrogénases

Une multitude de cofacteurs sont également présents comme la biotine, le glutathion, le NAD ou encore certaines nucléosides (Apimondia, 2001)

1.9 Pigments

Les pigments contenus dans le pollen sont : Caroténoïdes (lutéine, zéaxanthine, β -carotène) et Flavonoïdes (0,5%) (kaempférol, quercétine, 8-méthyl-kaempferol, isorhamnetine, myricétine, charysanthemum, apigénine).

Chapitre II Composition du pollen en pelote et valeur nutritionnelle

Si les flavonoïdes entrent toujours dans la composition du pollen, la présence des caroténoïdes est inconstante. En effet, la procédure d'extraction, l'action de l'air et les rayonnements ultra-violets peuvent influencer le type de caroténoïdes trouvés dans certains extraits voire les détruire. Les flavonoïdes, d'origine phénolique, sont responsables de la couleur des pollens. Combinés sous forme de glucosides, ce sont les flavones et isoflavones donnant la couleur jaune et les anthocyanes donnant les couleurs rouges et violet. Les flavonoïdes peuvent former des complexes avec des ions trivalents comme le fer et l'aluminium (Apimondia, 2001 ; El-Hady et Hegazi, 2001).

1.10 Emissions odorantes

Divers composés volatiles composent les pelotes de pollen : alcools, aldéhydes, esters, acides, cétones... (Apimondia, 2001 ; Bruneau, 2009).

1.11 Autres

D'après (Apimondia, 2001), il existe autres compositions :

- Hormones et précurseurs hormonaux.
- Facteurs et hormones de croissance : hormones gonadotrophiques, oestrogènes et androgènes.
- Facteurs antimicrobiens : inhibines.
- Peroxyde d'hydrogène produit par la glucose oxydase.
- Ferments lactiques (*Lactobacillus*, *Bifidobacterium*) et levures issues du nectar et du tube digestif de l'abeille, qui se retrouvent dans les pelotes de pollen : environ 1 à 10 millions de germes par gramme de pollen (Percie du Sert, 2003).
- Polyphénols divers

Chapitre III :
Propriétés
physicochimiques
et
biologiques du pollen
d'abeille

Chapitre III : Propriétés physico-chimiques et biologiques du pollen d'abeille

1. Propriétés du pollen

1.1 Propriétés physico-chimiques

Il existe plusieurs paramètres physico-chimiques dont certains permettent de différencier entre le pollen, parmi ces paramètres (le pH, l'acidité titrable, etc).

1.1.1 Acidité et pH

L'acidité est un critère de qualité, le pH de pollen va de 4 à 6 qui fixé par la législation brésilienne (Commission brésilienne, 2000). L'acidité est due à la présence des acides organiques ainsi que d'ions inorganiques (Terrab et al., 2002).

Cette acidité contribue à une saveur et aux activités antibactériennes et anti oxydantes.

Sa variation peut être due aux types floraux des plantes (Cavia et al., 2007).

1.1.2 Humidité

D'après Muradian et al., (2005), la teneur en eau est un paramètre important pour la conservation des aliments. Pour protéger au maximum la qualité du pollen, ce dernier doit être immédiatement traité par un des procédés de la conservation telle que la déshydratation. Le pollen est alors sèche jusqu'à une humidité d'environ 6g /100g. Une humidité supérieure de 6g à 8g /100g peut permettre au pollen de fermenter au cours du stockage.

Bogdanov (2004), affirme que les pollens contenant des taux d'humidité élevés sont prédisposés à devenir un milieu idéal pour les microorganismes.

1.2 Propriétés organoleptiques

La couleur, l'apparence, l'odeur, la taille et le goût varient en fonction de l'origine botanique du pollen (Campos et al., 2008). Le tableau V montre les propriétés organoleptiques du pollen d'abeille.

Tableau V : Propriétés organoleptiques du pollen (Campos et al., 2008).

Couleur	Le pollen peut avoir des couleurs très différentes suivant les fleurs qui sont butinées. Ces couleurs varient des tons de jaune, orange et même rouge sang ou violet jusqu'aux tons verts ou même très sombres, presque noirs (Peltre, 1998).
Taille	La taille des pelotes de pollen varie en fonction de la récolte de l'abeille mais on peut estimer sa moyenne à 2,5mm de diamètre. (Jeanne, 1993).
Odeur	Odeur de "foin" variant s'il s'agit d'un pollen frais ou congelé. Typique
Gout	Gout sucré, aigre, amer, épicé et texture farineuse
Apparence	Grains hétérogènes, avec différentes formes et tailles.

1.3 Propriétés antioxydantes

La richesse du pollen en antioxydants (provitamine A, vitamines E et C, sélénium, flavonoïdes) lui confère une action de « free radical scavenger ». Avec la noix du Brésil, le pollen est l'aliment naturel le plus riche en sélénium. Chez l'homme, une cuillère à soupe de 12,5g apporte 57% des Apports Journalier Recommandé (AJR). Le sélénium, via son rôle de cofacteur pour la glutathion peroxydase, agit contre le vieillissement accéléré des cellules en éliminant les radicaux libres et le peroxyde d'hydrogène (Apimondia, 2001 ; Nagai et al., 2005). L'activité « free radical scavenging » est également due aux propriétés antioxydantes des flavonoïdes et des acides phénoliques (Campos et al., 2003). L'activité antioxydante du pollen

extrait dans du méthanol serait plus importante avec du pollen congelé puis séché qu'avec du pollen uniquement congelé ou sans traitement (Negri et al., 2011).

Dans une cellule cancéreuse, les pigments respiratoires (cytochrome), les catalases, la succinate déshydrogénase, la diastase, l'invertase, les phosphatases acides et alcalines, l'ATP-ase ont une activité diminuée. Le pollen y joue un rôle de biocatalyseur et de régulateur de la fonction respiratoire cellulaire. Une étude chinoise a montré que le pollen induisait sur des cerveaux de rats une augmentation de l'activité antioxydante de la superoxyde dismutase et de la catalase. Le pollen pourrait donc être considéré comme adjuvant des traitements du cancer (Apimondia, 2001).

Chez des souris âgées (> 18 mois) et malnutries, une cure de 20% de pollen dans la ration pendant 3 semaines réduit le niveau de peroxydation des lipides du cerveau, du foie et du sérum, limitant ainsi l'oxydation des cellules (Qian et al., 1990).

Quel que soit l'origine botanique des pollens, ils possèdent également tous un effet antioxydant grâce à leur teneur en flavonoïdes. Cependant il a été observé que certains pollens possèdent une activité antioxydant plus élevée que d'autres (Figure 10).

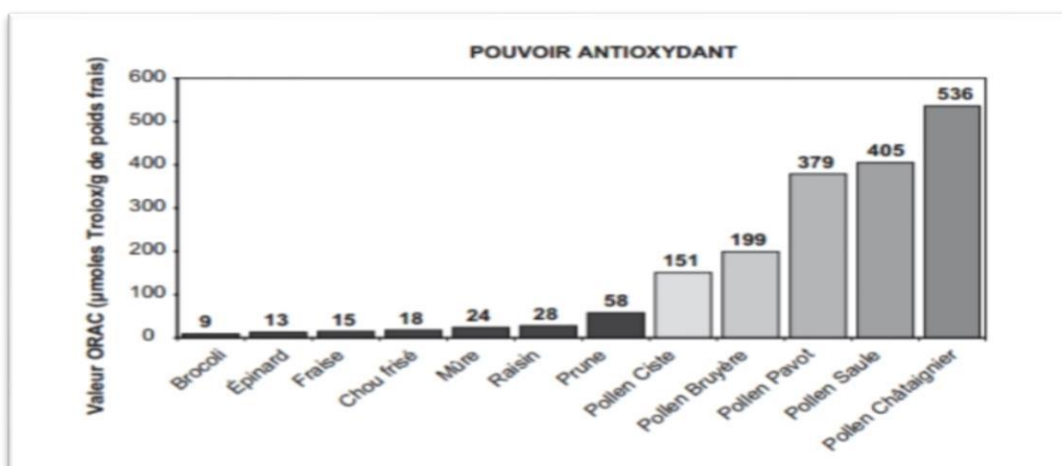


Figure 10 : Capacité d'absorption des radicaux oxygénés (ORAC) (Cari laboratoire, 2007)

Le pollen possède une forte action antioxydant. Ce qui est certainement due à sa richesse en composés capables de s'opposer à des phénomènes pouvant causer des dommages oxydatifs dans l'organisme. Ces composés sont essentiellement les polyphénols, les flavonoïdes et les caroténoïdes qui possèdent des intérêts majeurs dans la prévention de plusieurs maladies (Percie du Sert, 2009).

1.4 Propriétés thérapeutiques du pollen

Il existe des différences entre les pollens selon leur origine botanique, chacun peut donc avoir des propriétés thérapeutiques spécifiques. Le tableau VI regroupe les propriétés thérapeutiques du pollen (Donadieu, 1983).

Tableau VI : Propriétés thérapeutiques du pollen (Selon plusieurs auteurs).

Maladies	Propriétés thérapeutiques
L'appareil digestif	Régularisation de divers troubles fonctionnels (type constipation), action sur les entérocolites et colites (Denisow et al., 2016).
Le système cardio-vasculaire	Traitement de la fragilité capillaire, régulation de l'hypertension artérielle (Gauthier, 1997).
L'appareil génito-urinaire	Traitement des troubles de la prostate, de la cystite à colibacilles (Buck, 1990). --
Le système neuropsychique	Stimulation de l'humeur avec un effet euphorisant, accompagnés d'une augmentation des capacités intellectuelles (Accolas, 1979).
L'ophtalmologie	Correction des troubles visuelles (Gauthier, 1997).
La dermatologie	Traitement de l'alopecie et prévention de la chute de cheveux (Gauthier, 1997).
Le métabolisme en général	Effets régulateurs agissant à différents niveaux (croissance, vieillissement organique...) (Cherbuliez, 2001).

1.4. 1 Action nutritive et dynamisante

Le pollen peut être administré pendant les périodes à haute demande nutritive comme la gestation ou l'allaitement. Il peut pallier à des carences en acides aminés, vitamines et autres

nutriments qu'il contient. De plus, ses facteurs et hormones de croissance complètent la panoplie des substances tonifiantes. Il améliore les performances physiques et intellectuelles et renforce le terrain dans la lutte contre les agresseurs. Chez l'homme, il a fait ses preuves comme défenseur contre la grippe saisonnière (Apimondia, 2001 ; Domerego et al., 2009). Le pollen est l'aliment le plus riche qualitativement en acides aminés, 100g de pollen contiennent les mêmes quantités d'acides aminés présents dans un demi-kilogramme de viande de bœuf. Nous pouvons dire qu'une ration de pollen de 20 grammes par jour est suffisante (Bogdanov, 2004). Ainsi Il correspond à un gros apport en protéines végétales, on estime que 100g de pollen équivaut à 7 œufs. Il renferme tous les acides aminés essentiels puisqu'il provient de plusieurs espèces végétales.

Nous pouvons admettre qu'une ration de 30 grammes de pollen par jour apporte tous les éléments indispensables ; comme il y a d'autres sources d'acides aminés dans notre alimentation. Le pollen à une action régulatrice des fonctions intestinales, augmentation du taux d'hémoglobine chez les anémiés, reprise du poids et d'appétit chez les personnes amaigries, action fortifiante sur le système circulatoire et une action bénéfique sur la fatigue intellectuelle (Philippe, 1999).

1.4.2 Action anti-inflammatoire

L'extrait d'éthanol de pollen a montré un effet significatif sur l'inhibition de l'inflammation induite chez le rat. En effet, administrée oralement à 100 mg/kg ou 300 mg/kg juste avant l'induction de l'inflammation, le pollen inhibe la formation d'œdème et les productions de NO et l'activité COX-2. L'inhibition de la formation des PGE2 et PGI2 et des cytokines inflammatoires est le fait des nombreux flavonoïdes présents dans le pollen (Maruyama et al., 2010).

1.4.3 Action immunostimulante

Les auteurs Wang et al. (2005) ont mené une recherche sur les effets d'une supplémentation en pollen de la ration chez des poussins de un jour. En supplémentant la ration quotidienne de 1,5% de pollen durant 42 jours, ils ont étudié les effets sur les organes lymphoïdes des volailles par autopsie à 7, 14, 21, 28, 35 et 42 jours. Le poids des thymus, des bourses de Fabricius et des rates s'est avéré significativement augmenté ($P < 0,05$ voire $< 0,01$). Histologiquement, les tissus étaient également plus développés. La supplémentation en pollen a donc ici amplifié grandement le développement précoce du thymus et de la bourse de

Fabricius tout en retardant la dégénérescence de cette dernière et en promouvant la réponse immunitaire de la rate.

1.4.4 Action anticancéreuse

Les composées phénoliques, les caroténoïdes, les pigments respiratoires, les hormones et acides nucléiques font du pollen un agent important dans son action anti-tumorale (mateescu, 2001). D'après Wu et Lou (2007), une solution de pollen de *Brassica campestris* extraite dans du chloroforme induit une cytotoxicité sur des cellules cancéreuses de prostate humaine (cellules PC-3). La fraction stéroïde extraite du pollen de cette plante aurait un effet sur l'apoptose des cellules PC-3 induisant leur destruction.

L'activité anticancéreuse des pollens d'abeilles est attribuée à différents peptides qui induisent *in vitro* l'apoptose dans de nombreuses lignées de cellules cancéreuses humaines transformées, y compris celles du poumon, du foie, de la prostate, et de la vessie. (Premratanachai et al., 2014). L'activité anti-oestrogénique des extraits de pollen d'abeille a été confirmée par des tests réalisés *in vivo* et *in vitro*. Les résultats indiquent la possibilité d'utiliser le pollen pour diminuer le risque de la maladie dans le cas des cancers hormono-dépendants du sein, de l'utérus et de la prostate, ainsi que pour améliorer le fonctionnement de la prostate chez les hommes âgés (Šarić et al., 2009)

Dans des tests *in vitro*, il a été démontré que le pollen d'abeille se caractérise par des effets angiostatiques dus à son influence sur les processus régulant la prolifération et la migration des cellules endothéliales en bloquant l'expression du VEGF. Ainsi, il peut être utilisé comme un facteur thérapeutique potentiel dans l'évolution des maladies proangiogéniques (Markiewicz-Żukowska et al., 2013). En outre, sur la base de recherches, il a été établi que les extraits éthanoliques de pain d'abeille démontrent une activité cytotoxique contre les lignées cellulaires de gliome. Le rôle significatif de l'acide linoléique et de son stéréo-isomère est indiqué dans l'évolution du gliome (Izuta et al., 2009).

Des études antérieures ont détecté la fraction stéroïde de l'extrait chloroforme de pollen d'abeille de *Brassica campestris* présente une forte activité cytotoxique sur les cellules cancéreuses humaines de la prostate par la stimulation de la sécrétion de TNF-alpha. et l'induction de l'apoptose (Wu et Lou, 2007).

1.4.5 Action antibactérienne

Des études ont démontré l'effet bactériostatique et bactéricide des pollens quel que soit leur origine géobotanique. *In-vitro*, la croissance de certaines souches est inhibée :

Pseudomonas aeruginosa, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* (Apimondia, 2001).

L'activité antibactérienne pouvait être due à la teneur élevée en quercétine et en kaempférol des extraits de pollen d'abeille testés (Basim, 2006). L'activité antibactérienne du pollen d'abeille Turc a été prouvée contre plus d'une douzaine de bactéries pathogènes des plantes par conséquent, les extraits de pollen peuvent être utilisés pour protéger les plantes à la place de substances telles que les composés de cuivre ou les pesticides, dont l'utilisation a été limitée (Kacániová, 2012).

1.4.6 Action antifongique

Des extraits alcooliques à 2% et 5% de pollen ont une activité sur *Alternaria alternata* et *Fusarium oxysporium*. L'inhibition est dans ces cas de moins de 50% (Ozcan et al., 2004). A des concentrations minimales allant de 0,002 µg/mL à 0,25 µg/mL, une solution de pollen possède un effet inhibiteur contre *Candida albicans*, *C. glabrata*, *C. krusei* et *Trichosporon spp* (Koç et al., 2011).

1.4.7 Action antiallergique

Paradoxalement les extraits phénoliques peuvent montrer des propriétés antiallergiques. Chez la souris de souche BALB/c sensibilisée à l'ovalbumine, des injections d'extraits phénoliques de pollen ont induit une inhibition de l'œdème et une baisse de production d'immunoglobuline Ig E et Ig G spécifiques à l'ovalbumine. La migration des leucocytes dans le liquide broncho-alvéolaire s'est vue également inhibée. Le traitement aux extraits a de plus montré une protection partielle au choc anaphylactique chez ces souris (Medeiros et al., 2008).

De même, des administrations orales de pollen réduisent de manière significative l'activation des mastocytes cutanés. *In vitro*, les extraits de pollen réduisent la dégranulation et la production du TNF- α en inhibant la liaison du fragment constant de l'Ig E à la membrane du mastocyte (Ishikawa et al., 2008).

1.4.8 Action détoxifiante

Des composés du pollen comme certains acides aminés, enzymes, flavonoïdes, caroténoïdes et vitamine B1 affectent le complexe enzymatique des COX, responsable de

biotransformations majeures dans le foie (Mateescu, 2001). Ces effets sont recherchés dans l'abord thérapeutique des effets toxiques de l'alcool. Le sélénium agit en détoxifiant l'organisme des métaux lourds. Il semblerait d'après Percie Du Sert que le taux de sélénium augmenterait dans les pollens avec la quantité de métaux lourds - on peut voir cette corrélation comme une protection des gamètes de la part de la plante (Apimondia, 2001).

1.4.9 Action anti-génotoxique

D'après Pinto et al. (2010), les pollens issus de *Cystus incanus* et de *Salix alba* en extraits ont un effet anti-génotoxique limitant l'impact de certains anticancéreux comme la mytomicine C, la bléomycine et la vincristine.

Les pollens sont également actifs contre les effets embryotoxiques de certains médicaments comme l'acide acétylsalicylique (Apimondia, 2001).

1.4.10 Effet radioprotecteur

D'après une étude menée sur les rats ayant reçu des radiations de 0,25 Gy et de chlorure de cadmium dans l'eau de boisson, l'application de bêta-carotène et de pollen réduit les effets des radiations. Selon ces mêmes auteurs, cette activité serait liée à l'action antioxydante du pollen (Anan'eva et al., 1999).

1.4.11 Effet antimicrobien

Le pollen aurait, selon certaines études, des activités bactériostatiques et bactéricides et inhiberait la croissance des souches d'*Escherichia coli*, de *Staphylococcus aureus*, de *Pseudomonas aeruginosa* et d'autres micro-organismes pathogènes.

Dans l'intestin des abeilles il y a des micro-organismes différents. La composition microbienne change au cours de la saison. Ces changements sont cartographiés assez bien. Les différences dans la composition microbienne des colonies d'abeilles ne sont pas très grandes mondialement. L'influence positive des pollens divers sur la santé des colonies d'abeilles peut être attribuée à une diversité de substances nutritives dans ce pollen qui donne aussi une diversité en micro-organismes dans l'intestin des abeilles. Une alimentation unilatérale mène à une réduction de la diversité microbienne, affectant la santé de ces dernières (Ricciardelli, 1998).

2. Principales altérations d'origine biologiques et microbiologiques

La présence des organismes et micro-organismes dans le sédiment dégrade également les grains de pollen. Les collemboles (Petits arthropodes vivants dans les sols à l'abri de la lumière et susceptibles de bioturber les couches sédimentaires.) altèrent le pollen en le consommant pour sa propre croissance. Les champignons et les bactéries attaquent le pollen pour ses teneurs en carbone et en azote concentrés dans la sporopollenine, ce qui corrode la surface de l'exine. Les bactéries anaérobies aussi dégradent les ballonnets des grains de pollen des conifères (Plantes à ovules et graines nues) (Allmaraz, 2007).

3. Allergies et effets indésirables du pollen

Le pollen est connu pour déclencher des allergies et notamment ceux de graminés, de saule, de tilleul, de peuplier ou de bouleau, ceux-ci étant anémophiles, donc en suspension dans l'air.

Cependant, le pollen d'abeilles peut même être consommé par les personnes allergiques car celui-ci a été transformé par l'insecte via sa salive, détruisant ainsi la majorité des allergènes. De plus, il peut être utilisé dans le traitement de l'allergie, en inhibant la libération d'histamine par le biais des flavonoïdes et en stimulant le système immunitaire grâce à la présence de cuivre, zinc, vitamines A et E, sélénium, arginine et leucine (Donadieu, 1987 ; Marechal, 2006).

Dans le temps, les grands-mères traitaient le rhume des foins par le miel, celui-ci contenant des grains de pollen, et une désensibilisation lors d'allergie au pollen peut également se faire par prise orale de ces corpuscules modifiés par l'abeille (Donadieu, 1987 ; Marechal, 2006).

Lors d'ingestion massive de pollen ou en début de cure, on peut observer des troubles digestifs comme des diarrhées, des douleurs abdominales et de possibles irritations au niveau de la bouche et de la gorge. L'insuffisant rénal ou le diabétique doivent également s'abstenir de toute ingestion (Becker, 1988).

Chapitre IV :
Applications
alimentaire du pollen
d'abeille

Chapitre IV : Applications alimentaires et bienfaits du pollen d'abeille

1. Utilisations alimentaires du pollen

Le pollen est reconnu comme un excellent complément alimentaire pour la nutrition humaine, c'est pourquoi on le trouve sous différentes formes sur le marché (granulés, gélules, comprimés, pastilles et poudres). Mais, la digestibilité des nutriments du pollen est fortement affectée par la présence d'une coquille de pollen, qui peut diminuer la biodisponibilité des nutriments de 50 % et plus. Depuis que les consommateurs sont devenus plus conscients des avantages d'une alimentation saine et de la nécessité d'améliorer la digestibilité du pollen, différents produits alimentaires fonctionnels à base de pollen ont été développés et des études approfondies ont été menées pour estimer les effets bénéfiques des aliments à base de pollen sur la croissance animale, stade de la santé et de la rigueur mortaise (Stanley et al., 1974).

L'application du pollen comme ingrédient alimentaire fonctionnel est très large. On trouve : les produits fermentés à base de pollen d'abeille, vin de miel, yaourt, boisson à base de lait fermenté, pain, produits de boulangerie, de confiserie, de jus et de viande à base de pollen d'abeille.

1. 1 Produits fermentés à base de pollen d'abeille

L'application de la fermentation dans la production alimentaire a été connue tout au long de l'histoire humaine. Par conséquent, de nombreux produits qui dépendent du processus de fermentation, tels que le pain, le fromage, le yaourt, le vin, la sauce de soja et les saucisses fermentées, sont d'une grande importance pour la nutrition humaine (Caplice et al., 1999). La conservation des aliments par fermentation offre une durée de conservation prolongée et une sécurité microbiologique. Elle améliore la digestibilité et les propriétés nutritionnelles de certains aliments. Elle participe à la formation de texture et de saveurs uniques, et dans certains cas, les aliments fermentés peuvent avoir des propriétés probiotiques (Yan et al., 2019). Le pollen a toujours été dans le domaine d'intérêt pour les scientifiques de l'alimentation, mais récemment, une grande attention a été portée à fournir aux produits finaux des caractéristiques améliorées, et une partie spéciale de la recherche est basée sur la fermentation en tant qu'outil de production de l'abeille collectées et les produits à base de pollen floral. De plus en plus de produits sont obtenus par fermentation de pollen ou d'autres matières premières auxquelles du pollen a été ajouté.

1. 2 Vin de miel

L'ajout de pollen lors de la production de vin de miel a augmenté la teneur en éthanol, ce qui peut être directement lié à l'application du pollen comme activateur de fermentation. De plus, la teneur en composants aromatiques augmente proportionnellement avec la concentration de pollen (Roldan et al.,2010).

Des études ont démontré que l'ajout de pollen dans une fourchette de 0,1 g/l à 20 g/l a eu une influence positive sur le processus de fermentation, pendant la production de Palomini et de Rice. La teneur en composés volatils tels que les terpènes, les esters et les aldéhydes a augmenté, tandis que la teneur en alcools supérieurs et d'alcools en C6 a augmenté et l'acide était variable. Les composés aromatiques volatils qui ont donné les tons floraux et fruités et les caractéristiques sensorielles idéales de ces vins ont été observées lorsque les doses de pollen appliquées étaient inférieures à 1g/l (Amores-Arocha et al., 2018).

1. 3 Yaourt

Les yaourts enrichis en pollen récolé par les abeilles présentent une capacité antioxydante améliorée, une augmentation de la teneur en polyphénols et des propriétés sensorielles significativement améliorées par rapport au yaourt conventionnel (Karabagias et al., 2018). L'ajout de pollen a un effet positif sur les propriétés texturales et technofonctionnelles du yaourt telles qu'une diminution de la synérèse (Atallah, 2016). En outre, l'ajout de pollen d'abeille dans des yaourts ou des boissons fermentées au lait a permis de réduire la population de micro-organismes pendant le stockage.

Le pollen d'abeille amélioré la croissance de la flore lactique. Également les polysaccharides présents dans le pollen d'abeille pourraient améliorer la texture du yaourt. En outre, il a été remarqué que le yaourt enrichi en pollen d'abeille de maïs avait un goût de noisette, tandis que le yaourt enrichi en pollen de trèfle avait un goût sucré. En revanche, le yaourt additionné de pollen de palmier dattier avait une saveur semblable à celle d'un haricot (Khider et al., 2013).

1. 4 Boissons à base de lait fermenté

Une viabilité significative des cultures probiotiques a été observée dans la production de boissons à base de lait fermenté supplémentées en pollen qui sont souvent caractérisées comme des produits probiotiques fonctionnels (Yerlikaya, 2014).

1. 5 Pain

L'ajout de pollen d'abeille multiflora au pain sans gluten a amélioré les propriétés physiques et chimiques des pains produits. Les résultats de l'étude ont montré que l'ajout de pollen d'abeille (1%-5%) au système de pâte a permis d'obtenir un système de pâte bien levé, sans problème majeur de machinabilité de la pâte ou de capacité de dégagement de gaz de la pâte pendant le processus de fabrication, ou de capacité de dégazage pendant la fermentation. Les pains enrichis en pollen étaient plus longs, plus lisses, plus homogènes, plus fins au niveau de la mie et plus légers au niveau de l'épaisseur. Une couleur de croûte souhaitable et une cinétique de rassissement plus faible.

Sur le plan sensoriel l'acceptabilité sensorielle a été observée dans tous les pains enrichis en pollen (Conte et al.,2018). L'incorporation de pollen d'abeille dans les pains sans gluten a augmenté les protéines, les minéraux, les polyphénols solubles et bio accessibles, les caroténoïdes totaux et l'activité anti radicalaire à presque tous les niveaux (2%-5%). Le pollen d'abeille n'a pas affecté la teneur en lipides et la composition minérale, à l'exception du K et du Ca. Les composés volatils, augmenter en fonction de la supplémentation en pollen d'abeille, à savoir la pyrazinamide, le 5-méthyl-2-furaldéhyde, le 2-acétylfurane, le furfural, le 2-pentylfurane (Conte et al.,2020).

1. 6 Produits de boulangerie, de confiserie, de jus et de viande à base de pollen d'abeille

Le but de l'enrichissement et de l'incorporation du pollen dans les aliments tels que la boulangerie, la confiserie, les jus et les produits carnés est d'améliorer les propriétés nutritionnelles et fonctionnelles des produits finaux. Néanmoins, en raison de la composition complexe du pollen, sa fonctionnalité peut dépendre fortement des processus technologiques et des interactions qui peuvent se produire entre les composants présents dans les aliments et le pollen. L'influence des constituants du pollen dans les aliments sur les propriétés physiques, thermiques, texturales et techno-fonctionnelles, telles que la solubilité, la capacité à former et

à stabiliser des émulsions et des mousses, et la capacité à absorber l'eau et les huiles, sont d'un grand intérêt pendant le processus de production (Thakur et al., 2018).

1. 7 Viande

Les études scientifiques ont montré que l'ajout de pollen et la période de rétention ont affecté la couleur et le pH des produits, tandis que la teneur en substances réactives de l'acide thiobarbiturique dans les boulettes de viande a eu une incidence sur la couleur et le pH, mais l'ajout de pollen a ralenti l'oxydation des lipides. Il convient également de mentionner que l'ajout de pollen a inhibé la croissance des microbes dans les boulettes de viande.

Sur la base de ces études, il a été conclu que le pollen peut être utilisé avec succès comme antioxydant naturel et agent antimicrobien dans les boulettes de viande (Turhan et al., 2017).

2. Présentation

Le pollen se présente le plus souvent en pelote comme l'abeille l'a amassé dans ses corbeilles. Beaucoup de personnes le consomment à l'état naturel, d'autres, le trouvant trop fade, le mélangent avec du miel, de la confiture, ou le font dissoudre dans de l'eau ou dans un Jus de fruit (Bogdanov, 2004). Le pollen existe sous diverses formes et toutes possèdent des caractéristiques qui leur sont propres (Pierre, 1999).

Ainsi, on trouve du pollen sous forme :

- De pelotes naturelles : le pollen a alors un goût très fort (certains sont aromatisés pour faciliter leur consommation).
- De gélules (à privilégier uniquement pour les personnes qui ne supportent pas le goût ou l'odeur du pollen en pelotes).
- D'extraits purifiés vendus en pharmacie.
- Le pollen peut encore être présenté sous forme pulvérisée, il apparaît alors sous la forme d'une poudre dont la couleur rappelle celle de la moutarde.

Cette forme ne permet pas de juger du nombre de variétés florales représentées et peut contenir des éléments étrangers ou des impuretés pratiquement impossibles à déceler dans une poudre, l'idéal reste d'utiliser du pollen sous forme de pelotes. Choisir le polyfloral moyen, c'est-à-dire issu de plusieurs espèces végétales. Ce type de pollen remplit parfaitement son objectif protecteur et revitalisant (Pierre, 1999).

Enfin, le pollen est rencontré en association avec d'autres produits diététiques qui viennent compléter son action dans certaines indications. Il s'agit alors le plus souvent, de mélanges à base de miel et gelée royale.

3. Posologie

Nous envisageons ici des posologies moyennes dont le chiffre supérieur représente une limite qu'il est en général inutile de dépasser ; mais il faut savoir, que dans certaines indications, et chez certaines personnes qui supportent difficilement le pollen, de faibles doses de l'ordre de 2 gramme à 5 gramme peuvent donner également de bons résultats ; il s'agit donc d'une base de départ, adaptable ensuite en fonction de chaque cas particulier (Donadiou, 1983).

Ces doses sont les suivantes :

a) Chez l'adulte, par jour et selon les cas :

- Dose de charge et d'attaque 30 g à 40 g
- Dose moyenne d'entretien 15 g à 20 g

b) Chez l'enfant, par jour et selon l'âge :

- De 3 ans à 5 ans5 g à 10 g
- De 6 ans à 12 ans10 g à 15 g

Correspondance pondérale des cuillerées de pollen :

1 cuillerée à café rase de pollen sec pèse.....	5 g
1 cuillerée à dessert rase de pollen sec pèse.....	8 g
1 cuillerée à soupe rase de pollen sec pèse.....	12 g

Il est facile à travers cette table de correspondance de prendre la dose prescrite, en sachant toutefois que celle-ci n'est pas à un gramme près dans un sens ou dans l'autre.

Ces doses sont à prendre de préférence le matin en commençant le petit déjeuner, cet horaire présentant de nombreux avantages : la régularité, la commodité et une plus grande efficacité.

Signalons toutefois, qu'il n'y a aucun inconvénient à prendre la dose recommandée de pollen en plusieurs prises et selon la susceptibilité individuelle, aux repas ou en dehors de ceux-ci (Donadieu, 1983).

4. Le pollen abeilles comme source d'aliments pour animaux

Les régimes alimentaires du bétail sont composés de divers éléments, tels que des antioxydants, des antimicrobiens, des émulsifiants, des vitamines et des minéraux afin de répondre aux besoins biochimiques et fonctionnels de la volaille. En raison de l'incidence des maladies entraînant un faible niveau de performance et par conséquent, des pertes économiques, la protection antimicrobienne est devenue une nécessité.

Des agents protecteurs antimicrobiens sont incorporés dans les aliments pour volailles afin de prévenir l'apparition de maladies microbiennes successives et assurant un bon niveau de qualité nutritionnelle, ils sont également obtenus par l'ajout d'autres additifs alimentaires (Mead, 2004).

Depuis que l'Union européenne a interdit l'utilisation d'antibiotiques en 2006, l'attention des scientifiques a été attirée par la recherche d'additifs alimentaires naturels, comme le pollen récolté par les abeilles (Castanon, 2007 ; Allen et al., 2013). Jusqu'à présent, les chercheurs se sont concentrés sur les aspects suivants, l'impact du pollen récolté par les abeilles en tant qu'agent promoteur positif pour la croissance et la fertilité des poulets de chair (Villanueva et al., 2002 ; Farag., El-Rayes, 2014).

D'un point de vue biologique, l'ajout de pollen collecté par les abeilles aux aliments pour animaux montre son rôle dans le profil de la composition chimique des poulets de chair. Par exemple, il augmente la teneur en eau, ce qui permet de produire une viande plus tendre. En outre, le pollen peut réduire la teneur en graisses, ce qui permet d'obtenir un produit plus sain, et une augmentation de la teneur en protéines des produits finaux (Čuboň, 2014). Le pollen récolté par les abeilles peut également améliorer un assortiment d'indices sanguins, tels que les lymphocytes et l'hémoglobine, et atténuer les effets négatifs, tels que l'hypercholestérolémie et l'obésité, la créatinine et l'acide urique, en réduisant la présence de ces substances chimiques dans le sang (Attia et al., 2014). En outre, une réduction de l'enzyme créatine kinase a été observée chez les poulets nourris au pollen d'abeilles (Hosseini, 2016).

5. Quelques recettes de pollen d'abeille

Le pollen d'abeille peut être apprécié de tant de manières différentes. Il peut être mélangé avec des smoothies ou saupoudré sur du yogourt, des bols à smoothie ou de l'avoine pour la nuit. Il accompagne très bien les desserts crus ou sert d'enrobage pour des boules d'énergie ou des truffes maison. Il peut être ajouté au granola, aux boissons chaudes et plus encore. Il peut également être réduit en poudre et utilisé de plusieurs manières sous cette forme. Parmi ces recettes on trouve :

Bol de smoothie à la banane et à la mûre : Ce smoothie délicieux et sain regorge d'antioxydants, de racine de maca équilibrant les hormones et de pollen d'abeille floral pour une combinaison de saveurs étonnante (Figure 11).



Figure 11 : Bol de smoothie à la banane et à la mûre (Anonyme 3, 2021)

Barres granola au beurre d'arachide avec pollen d'abeille : Ces barres granola simples et saines le rehaussent de pollen d'abeille, de dattes riches en fibres, de graines et bien sûr, de beurre de cacahuète (Figure 12).



Figure 12 : Barres granola au beurre d'arachide avec pollen d'abeille (Anonyme 3, 2021)

Tartelettes superfood au yogourt à la noix de coco : Remplies de probiotiques et saupoudrées de pollen d'abeille, de fruits secs et de chocolat noir, ces tartelettes au yaourt sont le dessert le plus sain (Figure 13).



Figure 13 : Tartelettes superfood au yogourt à la noix de coco (Anonyme 3, 2021)

Bol d'çaï au beurre de cacahuète facile : Traditionnellement, les bols à smoothie à l'çaï contiennent la quantité parfaite de pollen d'abeille et un filet de miel sain pour le dessus. Cela ajoute encore plus de glucides et d'antioxydants au plaisir énergisant des surfeurs (Figure 14).



Figure 14 : Bol d'açaï au beurre de cacahuète facile (Anonyme 3, 2021)

Granola au miel et au pollen d'abeille : Ce granola fait maison, croquant et délicieux, regorge de bienfaits et saupoudré de la quantité parfaite de pollen d'abeille (Figure 15).



Figure 15 : Granola au miel et au pollen d'abeille (Anonyme 3, 2021)

Fandant a chocolat noir : Ce fudge super sain est fait de graines de chanvre, de cacao, de noix de cajou, de sirop d'érable et de la quantité parfaite de pollen d'abeille pour une saveur et une texture incroyablement douces et fondantes (Figure16).



Figure 16 : Fandant au chocolat noir (Anonyme 3, 2021)

Smoothie au pollen d'abeille : Ce smoothie brillant et vibrant est chargé de superaliments allant du pollen d'abeille à la mangue, en passant par les amandes et le curcuma (Figure 17).



Figure 17 : Smoothie au pollen d'abeille (Anonyme 3, 2021)

Conclusion

Conclusion

Le présent travail est une contribution à l'étude la composition biochimique, activité biologiques et applications alimentaires du pollen d'abeille. Il nous a permis de comprendre que le domaine des produits de la ruche demeure encore un terrain valable de recherches scientifiques.

Une étude bibliographique sur le pollen a été menée et elle nous a permis d'estimer la prévalence des pollens d'abeille. Il est parmi les produits de la ruche récolté par les abeilles et certainement un produit à ne pas négliger vu son importance comme matière première qui croit de jour en jour surtout dans le domaine de la médecine.

Sur le plan biochimique, en plus d'être une source importante de protéines, le pollen d'abeille contient également des glucides, des lipides, des minéraux, des vitamines, des cendres, de l'eau et d'autres substances.

Sur le plan nutritionnel le pollen est l'aliment protéique de l'abeille domestique, l'homme utilise le pollen, collecté par l'abeille, comme un complément alimentaire, pour sa valeur diététique. A ce jour, le pollen est une substance naturelle aux propriétés reconnues au même titre que le miel. Il est surtout indiqué pour son action anti-inflammatoire sur l'appareil digestif, le système nerveux car il augmenterait les capacités intellectuelles, et sur le métabolisme en général par son action dynamisant, rééquilibrant, et détoxifiante.

Les propriétés nutritionnelles du pollen peuvent notamment être utilisées en cas de manque d'appétit, de retard de développement et de malnutrition des enfants et des adultes. En outre, le pollen d'abeille est recommandé aux patients en période de convalescence, après des opérations chirurgicales, et aux personnes qui travaillent dur physiquement et mentalement.

Le pollen d'abeille présente un grand potentiel d'utilisation dans le régime alimentaire améliore le statut productif, reproductif et immunitaire des animaux. Il est fabriqué par les abeilles. Il est appliqué pour but de nourrir les jeunes abeilles de la colonie. Mais aussi il est appliqué par les humain comme ingrédient alimentaire fonctionnel est qui agit plus rapidement et de manière plus efficace quand on l'ingère pendant un repas particulièrement avec des fruits, des salades, aux boissons, les produits fermentés (yaourt, vin), produits de boulangerie, de confiserie.

Certes, les bienfaits du pollen d'abeilles sont multiples, mais dans certain cas, il peut provoquer des réactions allergiques et donc pas toutes les personnes ne peuvent en profiter des

vertus du pollen c'est pourquoi Il est indispensable de sensibiliser la population sur l'allergie au pollen notamment sur les espèces en causes et les modalités de prise en charge.

Il devrait être utilisé de manière préventive pour enrichir les aliments de tous les jours ou comme complément alimentaire naturel.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Abdenour S.A., Abd El-Hack M.E., Alagawany M., Farag M.R., Elnesr S.S 2019. Beneficial impacts of bee pollen in animal production, reproduction and health. *Journal of animal Physiology and animal nutrition* ,103(2) :477–484.
- Accolas J.P, 1979. Microbiologie et industrie alimentaires, v.4, Ed. TEC et DOC Apria.
- Albert B ; Gouyon P-H ; Ressayre A. 2009. Microsporogenesis variation in codiaeum producing inaperturate pollen grain. C. R. Biologies, sous press.
- Allen H.K ; Levine U.Y ; Looft T ; Bandrick M., Casey T.A. 2013. Treatment, promotion, commotion : Antibiotic alternatives in food-producing animals. *Trends Microbiol* ;21 :114– 119.
- Allmaraz-abarca., Cavia 2007. Antioxidant activity of polyphenolic extract of monofloral honeybee collected pollen from mesquite (*Prosopis juliflora*, Leguminosae) *Journal of food composition and analysis*, v. 20, p. 119-124.
- Almeida-Muradian L.B ; Lucila C ; Pamplona ; Silvia C ; Ortrud M. B. 2005. Chemical composition and botanical evaluation of dried bee pollen pellets. *Journal of Food Composition and Analysis* 18, 105-111.
- Aleksandar Z., Kostić C., Miroljub B., Bara C., Sladjana P., Stanojević C., Du-sanka M., Milojković-Opsenica., ZivoslavLjTe-si c., Branko-Sikoparija., Predrag R., Marija P., Mirjana B et Pe-si-c. 2015. Physicochemical composition and techno-functional properties of bee pollen collected in Serbia. *Food Sci. Technol.* 62, p 301-309.
- Amores-Arrocha, A ; Roldán, A ; Jiménez-Cantizano, A. ; Caro, I. ; Palacios, V. 2013. Evaluation of the use of multiflora bee pollen on the volatile compounds and sensorial profile of Palomino fino and Riesling white young wines.
- Anan'eva TV ; Dvoretiskii AI. 1999. *Effect of beta-carotene oil and bee pollen on ion transport in rat brain slices following radiation-chemical exposure* *radiats Biol. Radioecol.* 39(2-3) :341-344
- Apimondia 2001. **Standing commission of apitherapy.,** *Traité d'Apithérapie, La médecine par les abeilles [cédérom]* v.1.01 PC-Mac Produit par Api-Ar International SA R Brussels. 2001 ISBN : 2- 9600270-0-0

Références bibliographiques

- **Ares A.M., Valverde S., Bernal J.L., Nozal M.J., Bernal J. 2018.** Extraction and determination of bioactive compounds from bee pollen. *J. Pharm. Biomed. Anal.* ;147 :110–124. doi: 10.1016/j.jpba.2017.08.009.
- Arruda, V.A.S., Pereira, A.A.S., Freitas, A.S., Barth, O.M., Almeida-Muradian, L.B. 2013.** Dried bee pollen : B complex vitamins, physicochemical and botanical composition, *Journal of Food Composition and Analysis* 29, 100-105.
- Association Européenne d'apithérapie, La médecine par les abeilles - Traité d'ap**
- **Atallah A.A. 2016.** The production of bio-yoghurt with probiotic bacteria, royal jelly and bee-collected pollen grains. *J. Nutr. Food Sci* ;6 :510. doi: 10.4172/2155-9600.1000510.
- **Attia Y.A., El-Hanoun A.M., Bovera F., Monastra G., El-Tahawy W.S., Habiba H.I. 2014.** Growth performance, carcass quality, biochemical and haematological traits and immune response of growing rabbits as affected by different growth promoters. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr* ;98 :128–139.
- Bačić, T. 1995.** Uvod u botaniku. Pedagoški fakultet u Osijeku, str. 47-64, Osijek. sche Verlags-Anstalt, Stuttgart,
- **Barth F.G. 1982.** Biologie einer Begegnung. Die Partnerschaft der Insekten und Blumen, Deut
- Basim, E. ; Basim, H.S. ; Özcan, M. 2006.** Antibactérien activities of Turkish pollen and propolis extracts against plant bacterial pathogens. *J. Food Eng.* 77, 992–996.
- Blumenthal, M WR. Busse, A. Goldberg, J. Gruenwald, T. Hall, WR. Riggins, RS. Rister, S. Klein, VE. Tyler, 1998.** *The Complete German Commission E Monographs. Therapeutic Guide to Herbal Medicines*, American Botanical C
- **Bogdanov, 2004.** Quality and standards of pollen and Beeswax. *APLACTA*, v. 38, P 334341.
- **Bormann de Borges R.L., Ribeiro dos Santos F and Giulietti A.M. 2009.** Comparative pollen morphology and taxonomic considerations in eriocaulaceae. Review of palaeobotany and palynology, 154 : 91 – 105.
- **Becker D 1988.** *Thérapeutique et miel*, L'abeille de France n°727, p.241-243.

Références bibliographiques

- **Biri, M., 2003.** Le grand livre des abeilles. Cour d'apiculture moderne. Ed vecchi S. 10 éd.
- **Bruneau E. 2009.** Nutrition et malnutrition des abeilles biodiversité des plantes une clé pour l'alimentation et la survie de l'abeille. *Académie d'agriculture de France*. P1-8.
- **Caplice E., Fitzgerald G.F. 1999** Food fermentations : Role of microorganisms in food production and preservation. *Int. J. Food Microbiol.* ; 50 :131–149. doi : 10.1016/S01681605(99)00082-3.
- **Castanon J.I.R. 2007.** History of the Use of Antibiotic as Growth Promoters in European Poultry Feeds. *Poult. Sci.* ;86 :2466–2471. doi: 10.3382/ps.2007-00249.
- **Commission Brésilienne (2000).** Instruction normative N°11. Publié au Journal officiel.23-10-00. selection I.P.16-17.
- **Cousin L., 2014.** L'abeille et le conseil à l'officine thèse de doctorat en pharmacie. Faculté de Médecine et de pharmacie. Université de poitiers faculté de médecine et de pharmacie, pp77-21-39, P.28.
- **Compos, 2008.** Pollen composition and analytical of methods. *Journal of Apicultural Research and Bee World*, v.47 (2), p.154-161.
- **Campos, M., Frigerio, C., Lopes, J., & Bogdanov, S. 2010.** What is the future of Bee–Pollen. *Journal of ApiProduct and ApiMedical Science*, 2(4), 131–144.
- **Conte P., Del Caro A., Balestra F., Piga A., Fadda C. 2018.** Bee pollen as a functional ingredient in gluten-free bread : A physical-chemical, technological and sensory approach. *LWT Food Sci. Technol.* ;90 :1–7. doi: 10.1016/j.lwt.2017.12.002.
- **Conte P., Del Caro A., Urgeghe P.P., Petretto G.L., Montanari L., Piga A., Fadda C. 2020.** Nutritional and aroma improvement of gluten-free bread : Is bee pollen effective ? *LWT Food Sci. Technol* ;118 :108711.
- **Čuboň J., Haščík P., Elimam I., Garlík J., Kačániová M., Mohammed H.A 2013.** The influence of bee-collected pollen on the meat chemical composition for broiler's ross 308 muscles. *J. Microbiol. Biotechnol. Food Sci.* ;2 :1128–1137.
- **Clement H., 2006.** (dir). Le traité Rustica de l'Apiculture, 2° Edition, Paris, Editions Rustica, 528p.

Références bibliographiques

- **Denisow, B. Denisow-Pietrzyk, M. 2016** Biological and therapeutic properties of bee pollen: a review, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Poland, 964303-4309. council Austin, Texas
- **Domerego R., Imbert G., Blanchard C., 2009.** Les remèdes de la ruche Editions Alpens, Monaco, 95p
- **Donadieu Y 1983.** Le pollen thérapeutique naturelle, 7° Edition, Paris, Maloine edit., 198
- **Donadieu Y. 1983.** Le pollen : thérapeutique naturelle. Edition Maloine S. A ; 6^{ème} édition, paris : p 84 : 97. 7, 62p.
- **Donadieu Y. 1987.** *Le pollen thérapeutique naturelle*, 7° Edition, Paris, Maloine edit., 62p.
- **Diot M.F, (1998),** La palynologie et l'environnement du passé, Centre National de Préhistoire, UMR 9933 du CNRS, éd DULUCQ et M. TULON.
- **Djoza I. ; Tili-Bottraud I. et Gouyon PH. 1991.** Evolution of pollen morphology. *Science*.253 :66-68.
- **Durcreux G. 2002.** Constraction et organisation fonctionnelle de l'appareil reproductrice. In introduction à la botanique. Betin-sup, paris, pp : 178-244.
- **El-Hady FA., Hegazi A. G., 2001.** Chemical composition of bee pollen in Apimondia (2001).
- **Farag S., El-Rayes T.K 2014.** Effect of bee-pollen supplementation on performance, carcass traits and blood parameters of broiler chickens. *Asian J. Anim. Vet. Adv.* ;11 :168–177. doi: 10.3923/ajava.2016.168.177.
- **Ferfera 1991.** Etude des propriétés physico-chimiques des miels. Mémoire d'ingénieur de l'école nationale agronomique d'el harrache, p82.
- **Frérés JM ; Guillume JC., 2011.** L'apiculture écologique d A à Z. nouvelle Ed. marcopietteur.pp.816.119-142p.
- **Gauthier CH, 1997.** La récolte du pollen : un débouché supplémentaire à la portée de tous.

Références bibliographiques

- **Gillian, 1989.** Microbiology of pollen and bee bread: taxonomy and enzymology of molds. *Apidologie* v. 20, p 53-68.
- **Gillian, 1979a et 1979b.** Microbiology of pollen and bee bread: The Genus *Bacillus*. *Apidologie*, v. 10, (3), p 269-2274. ET the Yeasts. *Apidologie*. V.10 (1), p. 43-53.
- **Hegazi A.G. 2001** *Biological activity of Bee pollen in Apimondia* (2001).
- **Hosseini S.M., Vakili Azghandi M., Ahani S., Nourmohammadi R. 2016.** Effect of bee pollen and propolis (bee glue) on growth performance and biomarkers of heat stress in broiler chickens reared under high ambient temperature. *J. Anim. Feed Sci* ;25 :45–51. doi: 10.22358/jafs/65586/2016.
- **Hubersan J. 2001.** L'analyse pollinique des miels par l'amateur. Galerie Apicole virtuelle.
- **Ishikawa Y. et al. 2008.** *Inhibitory effect of honeybee-collected pollen on mast cell degranulation in vivo and in vitro* *J. Med. Food*. 11(1) :14-20
- **Izuta, H. ; Shimazawa, M. ; Tsuruma, K. ; Araki, Y. ; Mishima, S. ; Hara, H. 2009.** Bee products prevent VEGF-induced angiogenesis in human umbilical vein endothelial cells. *BMC Complement. Altern. Med.* 9, doi :10.1186/1472-6882-9-45.
- **Jean-Prost P. et Le Conte., 2005** Apiculture. Connaître l'abeille, conduire le rucher 7ème édition, Tec & Doc Lavoisier, Paris 698p
- **Kacániová, M. ; Vuković, N. ; Chlebo, R. ; Haščík, P. ; Rovná, K. ; Cubon, J. ; Džugan, M. ; Pasternakiewicz, A. 2012.** The antimicrobial activity of honey, bee pollen loads and beeswax from Slovakia. *Arch. Biol. Sci.* 64,927–934.
- **Karl von frisch, 1989.** La colonie d'abeilles ressemble à une fontaine magique, plus on y puise, plus il en coule
- **Karabagias I.K., Karabagias V.K., Gatzias I., Riganakos K.A. 2018.** Bio-Functional Properties of Bee Pollen : The Case of “Bee Pollen Yoghurt” *Coatings* ;8 :423. doi: 10.3390/coatings8120423.
- **Kieliszek M., Piwowarek K., Kot A.M., Błażej S., Chlebowska-Śmigiel A., Wolska I. 2018.** Pollen and bee bread as new health-oriented products: A review. *Trends Food Sci. Technol* ;71 :170–180. doi: 10.1016/j.tifs.2017.10.021.

Références bibliographiques

- **Koç AN., Silici S., Kasap F., Hörmet-Oz HT., Mavus-Buldu H., Ercal BD. 2011.** *Antifungal activity of the honeybee products against Candida spp. And Trichosporon spp.* J. Med. Food 14(1-2) :128-34

- **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.

- **Laaidi K, Laaidi M et Besancenot JP. 1997.** Pollens, Pollinose et météorologie. La météorologie 20, pp. 41-56.

- Lengler, S. I. L. V. I. O. 2002.** Pólen apícola. Universidade Federal de Santa Maria. Rio Grande do Sul, Brazil.

- **Marchenay P., Bérard L., 2007.** L'homme, l'abeille et le miel Edition De Borée.Paris, 223p.

- **Marechal P., 2006.** Le monde des abeilles, communication Presse Edition,144p.

- **Marghitas L.A., Stanciu O.G., Dezmiorean D.S., Bobis O., Popescu O, Bogdanov S., Campos M.G. 2008.** In vitro antioxidant capacity of honeybee-collected pollen of selected floral origin harvested from Romania. *Food Chemistry* 115, 878–883.

- **Marouf A. and Reyanaud J. 2007.** La botanique, DUNOD, Paris pp : 238-239.

- **Markiewicz-Żukowska, R. ; Naliwajko, S.K. ; Bartosiuk, E. ; Moskwa, J. ; Isidorov, V. ; Soroczyńska, J. Borawska, M.H. 2013.** Chemical composition and antioxidant activity of beebread, and its influence on the glioblastoma cell line (U87MG). *J. Apic. Sci.* 57, 147–15. - **Maruyama H., Sakamoto T., Araki Y., Hara H. 2010.** Anti-inflammatory effect of bee pollen ethanol extract from *Cistus* sp. Of Spanish on carrageenan-induced rat hind paw edema *BMC Complementary Altern. Med.* 10 :30

- Mateescu C. 2001.** *Bee collected pollen – Medical applications in Apimondia* (2001)

Références bibliographiques

- **Mead G.C. 2004.** Meat quality and consumer requirements. In : Mead G.C., editor. *Poultry Meat Processing and Quality*. CRC Press; Boca Raton, FL, USA.: [(accessed on 10 September 2019)]. pp. 1–18.
- **Medeiros KC., Figueiredo CA., Figueredo TB., Freire KR., Santos FA., AlcantaraNeves NM., Silva TM., Piuvezam MR. 2008.** *Anti-allergic effect of bee pollen phenolic extracts and myricetin in ovalbumin-sensitized mice* J. Ethnopharmacol. 119(1) :41-6
- **Meyer s., reeb c. et bosdeveix r., 2004.** Biologie et physiologie végétales. Botanique. Edit, Maloine S. A, Paris, 461 p.
- **Monnier samiel, 1997.** Développement durable note de synthès pollution pollen et pollinoses. P1
- **Nagai T., Nagashima T., Suzuki N., Inoue R. 2005.** *Antioxidant activity and angiotensin I converting enzyme inhibition by enzymatic hydrolysates from bee bread* Z. Naturforsch C. 60(1- 2) :133-138
- **Negri G., Teixeira EW., Alves ML., Moreti AC., Otsuk IP., Borguini RG., Salatino A. 2011.** *Hydroxycinnamic acid amide derivatives, phenolic compounds and antioxidant activities of extracts of pollen samples from Southeast Brazil* J. Agric. Food Chem. 59(10) :5516-5522
- **Ozcan M., Unver A., Ceylan DA., Yetisir R. 2004.** *Inhibitory effect of pollen and propolis extracts* Nahrung 48(3) :188-194
- **Peltre g., 1998.** Interrelation entre les pollens allergisants et la pollution de l'air. Allergimmunol .30 : 324-6.
- **Percie de sert P. 2009.** Les pollens apicoles. Phytothérapie, 7 : 75-82.
- **Pierre blazy, el-aïd jdid, jean-luc bersillon 1999.** Théorique de la sédimentation.
- **Pinto B. et al. 2010.** *Antiestrogenic and antigenotoxic activity of bee pollen from *Cystus incanus* and *Salix alba* as evaluated by the yeast estrogen screen and the micronucleus assay in human lymphocytes* Eur. J. Med. Chem. 45(9) :4122-4128
- **Pons P. 1958.** Les caractères des sports et pollens. In le pollen. Presses universitaire de France, paris, pp : 16-36.
- **Philippe J. M. 1999.** Le guide de l'apiculteur, Troisième Edition EDISUD, p.1087.

Références bibliographiques

- **Roulston, 2000.** What governs protein content of pollen : pollinator preferences, pollen – pistil interaction, or phylogeny. *Ecological Monographs*, v. 70, p.617-643.
- **Roldán A., van Muiswinkel G.C.J., Lasanta C., Palacios V., Caro I 2011.** Influence of pollen addition on mead elaboration: Physicochemical and sensory characteristics. *Food Chem* ; »é :574–582.
- **Stanley R.G., Linskens H.F 1974.** Nutritive Role. In : Stanley R.G., Linskens H.F., editors. *Pollen : Biology Biochemistry Management*. Springer ; Berlin/Heidelberg, Germany : pp. 87– 115.
- Šarić, A. ; Balog, T. ; Sobočanec, S. ; Kušić, B. ; Šverko, V. ; Rusak, G. ; Likić, S. ; - Bubalo, D. ; Pinto, B. ; Reali, D. ; et al,2009.** Antioxidant effects of flavonoid from Croatian *Cistus incanus* L. rich bee pollen. *Food Chem. Toxicol*, 47, 547–554.
- **Tomas- Lorent, F; Garcigran, M.M, Nieto, J.L; Tomas-Barberant.F.A 1992.**Flavonoids from *Cistus-Ladanifer* bee pollen. *Phytochemistry*. 31. Pp2027–2029.
- **Turhan S., Saricaoglu F.T., Mortas M., Yazici F., Gencelep H 2017.** Evaluation of color, lipid oxidation and microbial quality in meatballs formulated with bee pollen during frozen storage. *J. Food Process. Preserv.* ;41 : e12916. doi: 10.1111/jfpp.12916.
- **Tourneret E. (page consultée le 6/10/11)** Le peuple des abeilles, [en ligne] Adresse URL :
- **Thakur M., Nanda V. 2018.** Exploring the physical, functional, thermal, and textural properties of bee pollen from different botanical origins of India. *J. Food Process Eng*: e12935. doi: 10.1111/jfpe.12935.
- Villanueva M.T.O., Marquina A.D., Serrano R.B., Abellán G.B. 2002.** The importance of bee-collected pollen in the diet: A study of its composition. *Int. J. Food Sci. Nutr* ;53 :217– 224. doi: 10.1080/09637480220132832.
- **Wang J., Jin GM., Zhen YM., Li SH., Wang H. 2005.** *Effect of bee pollen on development of immune organ of animal* *Zhongguo Zhong Yao ZA Zhi*. 30(19):1532-1536
- **WEINER C. N, Hilpirt,A., Werner,M.,Linsenmair,k.E.,Bluthgen,N 2010.** Pollen amino acids and flower specialization in solitary bees.*Apidologie*,41(4),476-487.

Références bibliographiques

- **Wu TD., Lou YJ. 2007.** *A steroid fraction of chloroforme extract from bee pollen of Brassica campestris induces apoptosis in human prostate cancer PC-3 cells* *Phytother. Res.* 21(11) :1087- 1091
- **Yan S., Li Q., Xue X., Wang K., Zhao L., Wu L. 2019.** Analysis of improved nutritional composition of bee pollen (*Brassica campestris* L.) after different fermentation treatments. *Int. J. Food Sci. Technol.* ;54 :2169–2181. doi: 10.1111/ijfs.14124.
- **Yerlikaya O. 2014.** Effect of bee-collected pollen supplement on antimicrobial, chemical, rheological, sensorial properties and probiotic viability of fermented milk beverages. *Mljekarstvo.* ;64 :268–279. doi: 10.15567/mljekarstvo.2014.0406.
- **Zlatev Z., Taneva I., Baycheva S., Petev M. 2018.** A comparative analysis of physicochemical indicators and sensory characteristics of yogurt with added honey and bee-collected pollen. *Bulg. J. Agric. Sci.* ;24 :132–144.

Références électroniques

Anonyme

3

www.cfaitmaison.com/sante/pollen.html

<http://www.thehoneygatherers.com>

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov>

Résumé

Le pollen est le plus précieux produit de la ruche car il constitue l'aliment principal de l'abeille. Etant un aliment presque complet, il a été exploité par l'homme et ces poudres sont utilisées dans le secteur de l'alimentation et de la diététique. Cette bibliographie porte sur la composition biochimique, activités biologiques et applications alimentaires du pollen d'abeille. Ce dernier est sous forme de minuscules grains de forme plus ou moins ovoïde. Il peut avoir des couleurs très différentes suivant les fleurs qui sont butinées par les abeilles. Le profil nutritif du pollen varie d'une espèce florale à l'autre. C'est un produit riche en glucides essentiellement du glucose et du fructose, en protéines (environ 23,7%), il contient aussi de l'eau (environ 18,5%), des substances cellulosiques (environ 18%) et constitue un beau réservoir de vitamines A, B1, B2, B3, B5, B8, B9, B12, vitamine C, D, E, H et des petits pourcentages des minéraux, les lipides et autres. Il existe plusieurs facteurs physico-chimiques dont certains permettent de différencier entre le pollen telle que le pH, l'acidité titrable, humidité. Il est doté de plusieurs propriétés biologiques, telles que les propriétés antioxydantes, thérapeutiques, antimicrobiennes et nutritionnelles. L'application du pollen comme ingrédient alimentaire fonctionnel est très large, on trouve les produits fermentés à base de pollen d'abeilles, les produits de boulangerie, de confiserie, de jus et de viande à base de pollen d'abeille. Ce dernier est aussi comme source d'aliments pour animaux, il est peut-être apprécié de tant de manières différentes. Il peut être mélangé avec plusieurs aliments nutritifs ce qu'on appelle les recettes de pollen d'abeille.

Mots clés :

Le pollen, Composition biochimique, Activités biologiques, Applications alimentaires.

Abstract

Pollen is the most valuable product of the hive as it is the main food of the bee. Being an almost complete food, it has been exploited by man and these powders are used in the food and dietetic sector. This study focuses on the biochemical composition, biological activities and food applications of bee pollen. The latter is in the form of tiny grains of more or less ovoid shape. It can have very different colors depending on the flowers foraged by the bees. The nutritional profile of pollen varies from one floral species to another. It is a product rich in carbohydrates (mainly glucose and fructose), proteins (about 23.7%), water (about 18.5%), cellulose substances (about 18%) and is a good reservoir of vitamins A, B1, B2, B3, B5, B8, B9, B12, vitamin C, D, E, H and small percentages of minerals, lipids and others. There are several physico-chemical factors, some of which allow to differentiate between pollen such as pH, titratable acidity, humidity ... etc.). It has several biological properties, such as antioxidant, therapeutic, antimicrobial and nutritional properties. The application of pollen as a functional food ingredient is very wide, we find fermented products based on bee pollen, bakery products, confectionery, juice and meat based on bee pollen. Bee pollen is also used as a source of animal feed and can be enjoyed in so many different ways. It can be mixed with many nutritious foods, which are called bee pollen recipes.

Key words :

Pollen, Biochemical composition, Antioxidant activity, Food application