



HAL
open science

Le pollen apicole : ses propriétés et ses utilisations thérapeutiques

Marion Thibault

► **To cite this version:**

Marion Thibault. Le pollen apicole : ses propriétés et ses utilisations thérapeutiques. Sciences pharmaceutiques. 2017. hal-01931932

HAL Id: hal-01931932

<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01931932v1>

Submitted on 23 Nov 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-thesesexercice-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

UNIVERSITE DE LORRAINE
2017

FACULTE DE PHARMACIE

THESE

Présentée et soutenue publiquement

Le 28 Avril 2017, sur un sujet dédié à :

**LE POLLEN APICOLE : SES PROPRIETES ET
SES UTILISATIONS THERAPEUTIQUES**

pour obtenir

le Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie

par Marion THIBAULT

née le 24 Octobre 1990 à Essey-lès-Nancy

Membres du Jury

Président :	Mme Dominique LAURAIN-MATTAR	Professeur des Universités, Université de Lorraine, Nancy
Juges :	Mr. Nicolas CARDINAULT	Directeur scientifique, Pollenergie, St Hilaire De Lusignan
	Mme Rosella SPINA	Maître de conférences, Université de Lorraine, Nancy
	M. Emmanuel RANFAING	Docteur en Pharmacie, ALTIR de Vandoeuvre

**UNIVERSITÉ DE LORRAINE
FACULTÉ DE PHARMACIE
Année universitaire 2016-2017**

DOYEN

Francine PAULUS

Vice-Doyen

Béatrice FAIVRE

Directeur des Etudes

Virginie PICHON

Conseil de la Pédagogie

Président, Brigitte LEININGER-MULLER

Collège d'Enseignement Pharmaceutique Hospitalier

Président, Béatrice DEMORE

Commission Prospective Facultaire

Président, Christophe GANTZER

Vice-Président, Jean-Louis MERLIN

Commission de la Recherche

Président, Raphaël DUVAL

Responsable de la filière Officine

Responsables de la filière Industrie

Béatrice FAIVRE

Isabelle LARTAUD,

Jean-Bernard REGNOUF de VAINS

Béatrice DEMORE

Jean-Bernard REGNOUF de VAINS

Raphaël DUVAL

Igor CLAROT

Marie-Paule SAUDER

Béatrice FAIVRE

Responsable de la filière Hôpital

Responsable Pharma Plus ENSIC

Responsable Pharma Plus ENSAIA

Responsable Pharma Plus ENSGSI

Responsable de la Communication

**Responsable de la Cellule de Formation Continue
et individuelle**

Responsable de la Commission d'agrément

des maîtres de stage

Responsable ERASMUS

Béatrice FAIVRE

Mihayl VARBANOV

DOYENS HONORAIRES

Chantal FINANCE

Claude VIGNERON

PROFESSEURS EMERITES

Jeffrey ATKINSON

Jean-Claude BLOCK

Max HENRY

Alain MARSURA ☞

Claude VIGNERON

PROFESSEURS HONORAIRES

Roger BONALY

Pierre DIXNEUF

Marie-Madeleine GALTEAU

Thérèse GIRARD

Michel JACQUE

Pierre LABRUDE

Vincent LOPPINET

Janine SCHWARTZBROD

Louis SCHWARTZBROD

ASSISTANTS HONORAIRES

Marie-Catherine BERTHE

Annie PAVIS

MAITRES DE CONFERENCES HONORAIRES

Monique ALBERT

Mariette BEAUD

Gérald CATAU

Jean-Claude CHEVIN

Jocelyne COLLOMB

Bernard DANGIEN

Marie-Claude FUZELLIER

Françoise HINZELIN

Francine KEDZIEREWICZ

Marie-Hélène LIVERTOUX

Bernard MIGNOT

Jean-Louis MONAL

Blandine MOREAU

Dominique NOTTER

Christine PERDICAKIS

Marie-France POCHON

Anne ROVEL

Gabriel TROCKLE

Maria WELLMAN-ROUSSEAU

Colette ZINUTTI

ENSEIGNANTS	Section CNU*	Discipline d'enseignement
PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS		
Danièle BENSOUSSAN-LEJZEROWICZ	82	Thérapie cellulaire
Jean-Louis MERLIN	82	Biologie cellulaire
Alain NICOLAS	80	Chimie analytique et Bromatologie
Jean-Michel SIMON	81	Economie de la santé, Législation pharmaceutique
Nathalie THILLY	81	Santé publique et Epidémiologie
PROFESSEURS DES UNIVERSITES		
Christine CAPDEVILLE-ATKINSON	86	Pharmacologie
Igor CLAROT ☒	85	Chimie analytique
Joël DUCOURNEAU	85	Biophysique, Acoustique, Audioprothèse
Raphaël DUVAL	87	Microbiologie clinique
Béatrice FAIVRE	87	Biologie cellulaire, Hématologie
Luc FERRARI	86	Toxicologie
Pascale FRIANT-MICHEL	85	Mathématiques, Physique
Christophe GANTZER	87	Microbiologie
Frédéric JORAND	87	Eau, Santé, Environnement
Isabelle LARTAUD	86	Pharmacologie
Dominique LAURAIN-MATTAR	86	Pharmacognosie
Brigitte LEININGER-MULLER	87	Biochimie
Pierre LEROY	85	Chimie physique
Philippe MAINCENT	85	Pharmacie galénique
Patrick MENU	86	Physiologie
Jean-Bernard REGNOUF de VAINS	86	Chimie thérapeutique
Bertrand RIHN	87	Biochimie, Biologie moléculaire
MAITRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS		
Béatrice DEMORE	81	Pharmacie clinique
Alexandre HARLE ☒	82	Biologie cellulaire oncologique
Julien PERRIN	82	Hématologie biologique
Marie SOCHA	81	Pharmacie clinique, thérapeutique et biotechnique
MAITRES DE CONFÉRENCES		
Sandrine BANAS	87	Parasitologie
Xavier BELLANGER	87	Parasitologie, Mycologie médicale
Emmanuelle BENOIT	86	Communication et Santé
Isabelle BERTRAND	87	Microbiologie
Michel BOISBRUN	86	Chimie thérapeutique
François BONNEAUX	86	Chimie thérapeutique
Ariane BOUDIER	85	Chimie Physique
Cédric BOURA	86	Physiologie
Joël COULON	87	Biochimie
Sébastien DADE	85	Bio-informatique
Dominique DECOLIN	85	Chimie analytique
Roudayna DIAB	85	Pharmacie galénique
Natacha DREUMONT	87	Biochimie générale, Biochimie clinique
Florence DUMARCAY	86	Chimie thérapeutique
François DUPUIS	86	Pharmacologie
Adil FAIZ	85	Biophysique, Acoustique
Anthony GANDIN	87	Mycologie, Botanique
Caroline GAUCHER	86	Chimie physique, Pharmacologie
Stéphane GIBAUD	86	Pharmacie clinique
Thierry HUMBERT	86	Chimie organique
Olivier JOUBERT	86	Toxicologie, Sécurité sanitaire

ENSEIGNANTS (suite)

Section CNU*

Discipline d'enseignement

Alexandrine LAMBERT	85	Informatique, Biostatistiques
Julie LEONHARD	86/01	Droit en Santé
Christophe MERLIN	87	Microbiologie environnementale
Maxime MOURER	86	Chimie organique
Coumba NDIAYE	86	Epidémiologie et Santé publique
Marianne PARENT ☒	85	Pharmacie galénique
Francine PAULUS	85	Informatique
Caroline PERRIN-SARRADO	86	Pharmacologie
Virginie PICHON	85	Biophysique
Sophie PINEL	85	Informatique en Santé (e-santé)
Anne SAPIN-MINET	85	Pharmacie galénique
Marie-Paule SAUDER	87	Mycologie, Botanique
Guillaume SAUTREY	85	Chimie analytique
Rosella SPINA	86	Pharmacognosie
Sabrina TOUCHET ☒	86	Pharmacochimie
Mihayl VARBANOV	87	Immuno-Virologie
Marie-Noëlle VAULTIER	87	Mycologie, Botanique
Emilie VELOT	86	Physiologie-Physiopathologie humaines
Mohamed ZAIYOU	87	Biochimie et Biologie moléculaire

PROFESSEUR ASSOCIE

Anne MAHEUT-BOSSER	86	Sémiologie
--------------------	----	------------

PROFESSEUR AGREGÉ

Christophe COCHAUD	11	Anglais
--------------------	----	---------

☒ En attente de nomination

***Disciplines du Conseil National des Universités :**

80 : Personnels enseignants et hospitaliers de pharmacie en sciences physico-chimiques et ingénierie appliquée à la santé

81 : Personnels enseignants et hospitaliers de pharmacie en sciences du médicament et des autres produits de santé

82 : Personnels enseignants et hospitaliers de pharmacie en sciences biologiques, fondamentales et cliniques

85 ; Personnels enseignants-chercheurs de pharmacie en sciences physico-chimiques et ingénierie appliquée à la santé

86 : Personnels enseignants-chercheurs de pharmacie en sciences du médicament et des autres produits de santé

87 : Personnels enseignants-chercheurs de pharmacie en sciences biologiques, fondamentales et cliniques

11 : Professeur agrégé de lettres et sciences humaines en langues et littératures anglaises et anglo-saxonnes

SERMENT DES APOTHICAIRES



Je jure, en présence des maîtres de la Faculté, des conseillers de l'ordre des pharmaciens et de mes condisciples :

D' honorer ceux qui m'ont instruit dans les préceptes de mon art et de leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle à leur enseignement.

D'exercer, dans l'intérêt de la santé publique, ma profession avec conscience et de respecter non seulement la législation en vigueur, mais aussi les règles de l'honneur, de la probité et du désintéressement.

D'e ne jamais oublier ma responsabilité et mes devoirs envers le malade et sa dignité humaine ; en aucun cas, je ne consentirai à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et favoriser des actes criminels.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque.



« LA FACULTE N'ENTEND DONNER AUCUNE APPROBATION, NI IMPROBATION AUX OPINIONS EMISES DANS LES THESES, CES OPINIONS DOIVENT ETRE CONSIDEREES COMME PROPRES A LEUR AUTEUR ».

REMERCIEMENTS

A mon président de thèse, Madame le Professeur Dominique LAURAIN-MATTAR.

Professeur des Universités, Faculté de pharmacie de Nancy

Pour m'avoir fait l'honneur de présider ce jury,

Pour la qualité de vos enseignements,

Veillez trouver, dans ce travail, l'expression de mon profond respect et de ma sincère reconnaissance.

A mon directeur de thèse, Monsieur Nicolas CARDINAUT,

Directeur de Recherches scientifiques, Pollenergie,

Pour m'avoir fait l'honneur de diriger mon travail,

Et, qui , malgré la distance, n'a jamais cessé d'être présent et de me guider sans relâche tout au long de mes recherches.

A Monsieur Emmanuel RANFAING,

Pharmacien hospitalier, ALTIR

Pour me faire l'honneur de participer à mon jury,

Pour votre pédagogie, vos encouragements et vos précieux conseils lors de mon stage de 5ème année.

A Mme Rosella SPINA,

Maître de conférences, Faculté de pharmacie de Nancy,

Pour me faire l'honneur de juger mon travail.

A Mes parents, pour leur amour, leur soutien. Merci de croire en moi. Si j'en suis là c'est bien grâce à vous.

A mes frères Cédric, Mathias et Yoann, qui m'ont fait la vie dure étant petite mais qui sont toujours derrière moi à présent bien que géographiquement éparpillés.

A Florian, pour ton amour, ton humour mosellan qui (j'ai honte)..me fait rire ! Merci d'aller à la découverte du monde avec moi. Merci de partager ma vie tout simplement.

A Mes amis

Delphine, Fanny et Noémie pour avoir partagé ces années d'études et les avoir rendu beaucoup plus sympa !

Ma Co-externe et partenaire d'escalade Mélody (alias Katniss) qui a fait de mon stage hospitalier une super année riche en... papotages-taquineries ! Et qui est toujours présente depuis cette année et en qui j'ai trouvé une véritable amie.

A ceux que je n'ai pas cité mais qui par leur présence dans ma vie se reconnaîtront.

A tout le reste de ma famille, un peu partout en France.

A mes maîtres de stages et collègues que j'ai pu rencontrer lors de mes stages et remplacements, Merci de m'avoir aidé à mes débuts, boostée, encouragée, rassurée lorsque je doutais et transmis leurs compétences.

TABLES DES ILLUSTRATIONS ET DES TABLEAUX

Figure 1: Anatomie d'une fleur [Afblum, 2017]	3
Figure 2: cycle reproducteur [Climatic, 2017]	4
Figure 3: Anatomie de l'abeille [Le dictionnaire visuel, 2017].....	5
Figure 4: Pain d'abeille [wikipedia, 2017].....	8
Figure 5: Trappe à pollen [Agrilisa, 2017].....	8
Figure 6 : Pelotes de pollen [Herboristerie suisse, 2017].....	12
Figure 7 : Pelotes de pollen.....	12
Figure 8: Clé de détermination du pollen [Webetab académie de Bordeaux, 2017]	13
Figure 9: Schéma représentant un grain de pollen et ses différentes couches	13
Figure 10: Vue microscopique de quelques grains de pollen [All that interesting, 2017].....	14
Figure 11 : Normes des contaminants dans le pollen [Campos et al.,2008].....	16
Figure 12: Graphique SAIN-LIM situant pollen d'aubépine et de genêt [INPES, 2007 - Darmon. N et al., 2009]	62
Figure 13: Comparaison de la valeur antioxydante (test ORAC) de portions de 100g de certains fruits ou légumes frais versus 12g de certains pollens frais monofloraux [Patrice Percie du Sert, 2009].....	34

Tableau 1: Teneurs en acides aminés en mg pour 100mg de pollen [Da silva et al., 2014].....	23
Tableau 2: Principaux composés phénoliques retrouvés dans le pollen [ITAL, 2016]	29
Tableau 3: Composition en mg/100g de pollen frais et teneur en stérols identifiés des pollens de Ciste, Châtaignier et Saule	30
Tableau 4: Composition nutritionnelle du pollen de Saule [Pollenergie, 2014].....	50
Tableau 5: Composition nutritionnelle du pollen de Ciste [Pollenergie, 2014].....	56
Tableau 6 : Composition nutritionnelle du Pollen de Chataîgnier [Pollenergie, 2014].....	60
Tableau 7: Composition nutritionnelle du pollen de Bruyère [Pollenergie, 2014]..	65
Tableau 8: Composition nutritionnelle du pollen d'Aubépine [Pollenergie, 2014]	67

TABLE DES MATIERES

I.	Le pollen apicole : Origine et composition	3
A.	De la fleur à l'abeille	3
1.	Point sur la pollinisation.....	3
2.	Récolte du pollen par l'abeille.....	5
3.	Fabrication du pain d'abeille.....	7
B.	De la ruche à l'homme	8
1.	Méthode de récolte.....	8
2.	Mode de transformation.....	9
3.	Mode de conditionnement (sous vide, en pot,congélation...)	10
C.	Normes de commercialisation du pollen	10
1.	Le pollen : un complément alimentaire.....	10
2.	Standardisation.....	11
a)	Identification du pollen	11
(1)	Aspect macroscopique : les pelotes de pollen.....	12
(2)	Aspect microscopique.....	12
(3)	Identification d'un point de vue nutritionnelle.....	15
b)	Packaging.....	15
c)	Additifs	15
d)	Contaminants	16
e)	Hygiène.....	17
f)	Stockage	18
g)	Etiquetage.....	19
D.	Composition nutritionnelle	20
1.	Eau et pH.....	20
2.	Protéines.....	21
3.	Acides aminés	21
4.	Carbohydrates = Glucides.....	23
5.	Lipides.....	24
6.	Micro constituants	24
a)	vitamines liposolubles en mg pour 100g de pollen	24
b)	vitamines hydrosolubles.....	25
c)	Minéraux en mg pour 100 g de pollen frais.....	26
d)	Caroténoïdes.....	27

e)	Polyphénols	28
f)	Phytostérols en mg pour 100g de pollen.....	30
7.	Variabilité	31
a)	Origine botanique.....	31
b)	Origine géographique.....	31
c)	Stockage	31
II.	Santé humaine.....	32
A.	Les propriétés du pollen	32
1.	Antioxydant.....	32
2.	Anti- angiogénique.....	34
3.	Organo-protecteur et anti carcinogénique	35
4.	Anti-inflammatoire.....	37
5.	Antimicrobien et antifongique.....	38
6.	Anti-mutagénique	39
7.	Anti-ostéoporose.....	40
8.	Probiotique	40
9.	Immunomodulateur.....	42
10.	Anti-âge.....	44
11.	Anti-asthénique, fortifiant.....	44
12.	Anti-athérogène et protecteur cardiovasculaire.....	46
13.	Antidépresseur.....	47
B.	Les utilisations en santé : A l'Officine, quel pollen conseiller pour quelle pathologie?	49
1.	POLLEN DE SAULE : Protection visuelle et Prostate.....	50
a)	Problèmes de vision	51
b)	Hypertrophie bénigne de la prostate.....	52
c)	Amélioration de la conception.....	55
2.	POLLEN DE CISTE : Flore intestinale, défenses immunitaires	56
a)	Protection muqueuse intestinale	57
b)	Stimulation des défenses immunitaires	58
3.	POLLEN DE CHATAIGNIER : Régulation de l'humeur, Ménopause et Protection hépatique	60
a)	Protection cardiovasculaire.....	61
b)	Ménopause	62
c)	Prévention de certains cancers et hépatoprotection	64
4.	POLLEN DE BRUYERE : protection veineuse, détoxifiant	65
5.	POLLEN D'AUBEPINE : Le plein de protéines végétales.....	67

III.	La cure de Pollen	69
A.	Différentes formes sont commercialisées.	69
1.	Pelotes	69
2.	Poudre	69
3.	Formules thérapeutiques à base d'extrait de pollen	70
B.	Posologie et mode d'administration	74
1.	Pollen frais congelé.....	74
2.	Pollen sec	74
C.	Les limites	75
1.	Limites réglementaires.....	75
2.	Contre indications	76
D.	Effets indésirables et toxicité du Pollen : L'allergie aux pollens.....	76
1.	L'allergie au pollen : Un phénomène de santé publique	76
2.	Mécanisme de l'allergie.....	77
3.	Reconnaitre une pollinose	78
4.	Le pollen d'abeille (entomophile) face à l'allergie aux pollens anémophiles.....	78
5.	Traiter l'allergie aux pollens anémophiles	80
IV.	Conclusion.....	81

LISTE DES ABREVIATIONS

AA : Acide Aminé
AG : Acide Gras
AGPI : Acide Gras Poly-Insaturé
AGS : Acide Grasse Saturé
AJR : Apport Journalier Recommandé
ALA : Acide Alpha-Lipoïque
ALT : ALanine Transaminase
AMM : Autorisation de Mise sur le Marché
ANSM : Agence Nationale de la Santé et du Médicament
AOAC : Association Of Analytical Communities
AST : ASpartate Transaminase
ATP : Adénosine TriPhosphate
CAT : Catalase
CCl4 : Tétrachlorure de carbone
CEDEF : Centre de Documentation Economie Finance
CLHP : Chromatographie Liquide Haute Performance
CNO : Compléments Nutritionnels Oraux
COX 1 et 2 : Cyclo-oxygénase 1 et 2
CoQ10 : Co-enzyme Q10
CPG : Chromatographie en Phase Gazeuse
DGCCRF : Direction Générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des Fraudes
DLUO : Date Limite d'Utilisation Optimale
DMLA : Dégénérescence Maculaire Liée à l'Age
EC : Escherichia coli
ERO : Espèce Réactive de l'Oxygène
GABA : Acide gamma-aminobutyrique
HAS : Haute Autorité de Santé
HBP : Hypertrophie Bénigne de la Prostate
HDL : Lipoprotéine de haute densité
IgE : Immunoglobuline E
ISRS : Inhibiteur Sélectif des Récepteurs à la Sérotonine
ISRSNA : Inhibiteur Sélectif des Récepteurs à la Sérotonine et à la Noradrénaline
ITSAP : Institut Technique et Scientifique de l'Apiculture et de la Pollinisation
LDL : Lipoprotéine de faible densité
LM : Listeria monocytogenes
LPO : Lipo-oxygénase
MICI : Maladie Inflammatoire Chronique de l'Intestin
NADPH : Nicotinamide Adénine Dinucléotide Phosphate
NO : Monoxyde d'azote
OGM : Organisme Génétiquement Modifié
OMS : Organisme Mondial de la Santé
ORAC : Oxygen Radical Absorbance Capacity

PA : Pseudomonas aeruginosa
PCR : Protéine C Réactive
PGE2 et I2 : Prostaglandine E2 et I2
PSA : Antigène Spécifique de la Prostate
SA : Staphylococcus aureus
SCI : Syndrome du Côlon Irritable
SE : Salmonella enterica
SII : Système Immunitaire Intestinal
SOD : Superoxyde dismutase
TG : Triglycérides
UE : Union Européenne
VEGF : Facteur de Croissance de l'Endothélium Vasculaire

Introduction

L'utilisation des produits de la ruche est de plus en plus répandue mais il faut garder à l'esprit que l'emploi de miel, gelée royale, propolis et en quantité moindre, de pollen, est très ancien. De nombreux écrits datant parfois de plusieurs millénaires ont été retrouvés dans lesquels l'emploi des produits de la ruche bénéficie d'une certaine place tant en médecine que dans l'alimentation.

Pour exemple, des tablettes manuscrites retrouvées en Irak il y a près de deux millénaires avant JC, témoignent de l'utilisation du miel dans les pansements, celui-ci était alors considéré comme un « médicament ». Mille ans plus tard, les propriétés curatives du miel et de la cire d'abeille sont mises en avant dans un papyrus égyptien d'Ebers ; les médecins égyptiens les utilisaient pour traiter les problèmes circulatoires, les affections oculaires, intestinales et rénales. Déjà à cette époque on soupçonnait les vertus cicatrisantes et antiseptiques du miel. [Bee evolution, 2016]

Au Ve siècle avant JC, Hippocrate - célèbre médecin grec - annonçait dans un recueil que « le vin et le miel sont merveilleusement appropriés à l'homme si en santé comme en maladie, on les administre avec propos et juste mesure, suivant la constitution individuelle ». Lui-même prescrivait le miel pour les brûlures et autres blessures cutanées, afin de lutter contre la fièvre mais il soupçonnait également le miel d'avoir des effets bénéfiques sur le ralentissement du vieillissement. [Abeilles sentinelles, 2016]

A sa mort en 360 avant JC, Alexandre le Grand - célèbre personnage de l'antiquité- fut totalement recouvert de miel par de réputés embaumeurs égyptiens. A cette époque on utilisait le miel et la propolis pour empêcher la prolifération de champignons et de bactéries. Cette pratique reposait sur une observation du comportement des abeilles au sein même de leurs ruches ; en effet, celles-ci momifient les intrus trop gros pour être évacués en les propolisant.

Pedanius Dioscoride (40 avant JC), médecin pharmacologue et botaniste recueille les propriétés des plantes, animaux et minéraux dans « de materia medica ». On y retrouve déjà l'usage du miel, de la cire et de la propolis.

Depuis des siècles, les soigneurs africains, utilisent le miel comme remède - tel quel ou mélangé à des plantes auxquelles ils attribuent des vertus. Ils ont également varié les miels en fonction de la pathologie : certains sont laxatifs, d'autres serviront à guérir les morsures, les brûlures ou encore les inflammations.

Le pollen connaît quant à lui un succès grandissant dans les années 1950 en partie grâce à Rémy Chauvin - biologiste et entomologiste -, qui préconise le pollen contre les problèmes d'hypertrophie bénigne de la prostate. Mais c'est lorsqu'un Suédois nommé Cernelle développe- avec l'idée que les extraits de pollen pourraient être utilisés en santé humaine- une technique permettant de le recueillir en grande quantité, que le pollen prend une place à part entière dans la thérapeutique humaine par les produits de la ruche. Il donnera d'ailleurs son nom aux célèbres extraits de

pollen de fleurs Cernilton® et Cernitin® utilisés aujourd'hui en thérapeutique et qui font l'objet de nombreuses études concernant les effets bénéfiques urologiques dont ils seraient dotés. [Cernelle, 2016]

Dans la même décennie, on commence à s'intéresser plus en détail à ce produit longtemps délaissé à l'avantage des autres produits de la ruche. Il est alors démontré que celui-ci possède également des effets sur la stimulation de l'appétit, de la régulation du fonctionnement intestinal et son utilisation comme complément alimentaire retarderait les troubles de la sénescence chez les personnes âgées. Bien d'autres propriétés seront détaillées dans une partie spécifique.

L'engouement pour le pollen s'est accentué dans les années 1970, notamment lorsque les athlètes olympiques soviétiques lui ont attribué le mérite de leurs « fabuleuses performances ».

Les différentes études réalisées jusqu'à ce jour ont permis d'identifier la composition du pollen mais également de réaliser que celle-ci est dépendante de l'espèce de la plante, de la saison, de l'année mais également de la zone géographique.

Le pollen est désormais présent en diététique, disponible dans les magasins biologiques sous forme de pelotes de pollen séchées et conditionnées dans des bocaux hermétiques mais également frais congelés – cette méthode préservant davantage les propriétés des pollens comme nous l'étudierons par la suite. Des médicaments à base d'extraits de pollen ont été développés tels que Cernilton® et Prostat® pour les prostatites et autres problèmes urologiques, Femal® et Melbrozia® pour lutter contre les symptômes liés à la ménopause et Grazax® et Oralair® qui est un extrait de pollen de graminées utilisé dans la désensibilisation aux allergies saisonnières.

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 dynamisante, rééquilibrante, et détoxifiante. Considérée par les pays Anglo-saxons comme « super-food », sa richesse en vitamines, minéraux et en micro-nutriments donne au pollen une place non négligeable en nutrition.

I. Le pollen apicole : Origine et composition

A. De la fleur à l'abeille

1. Point sur la pollinisation

Les fleurs que nous étudions font partie des Angiospermes signifiant "graine dans un réceptacle". Ce sont des plantes dont les organes reproducteurs sont rassemblés au sein d'une fleur et dont les graines, une fois fécondées, sont enfermées dans un fruit. Chez les Gymnospermes ou "graines nues", les graines sont libres, à nu et largement en proie aux agressions de tous genres, que ce soit intempéries ou prédateurs. Nettement plus favorables à l'évolution, les Angiospermes représentent aujourd'hui 70% du règne végétal. Ces fleurs diffèrent largement selon les espèces allant du plus simple pour les Rosacées aux plus complexes pour les Orchidacées.

Parce que la plupart des fleurs sont hermaphrodites et pour simplifier cette partie, nous décrivons une fleur qui comporte les organes mâles et femelles (cf figure 1). La fleur est l'élément le plus évident sur la plante qui permet une identification précise. Parfois même, sans la présence de la fleur, il est impossible de nommer avec précision une espèce. Le pollen ayant des propriétés différentes en fonction de l'espèce dont il provient, il est important pour l'apiculteur d'avoir bien identifié la source pour en attribuer les effets. De manière générale, il est préférable d'identifier une plante lorsqu'on en a tous les éléments sous les yeux.

Une fleur classique (Figure 1) se compose de deux types d'organes stériles et de deux types d'organes fertiles. Ces organes s'organisent en verticilles et sont soudés au réceptacle floral qui n'est autre qu'un élargissement du pédicelle.

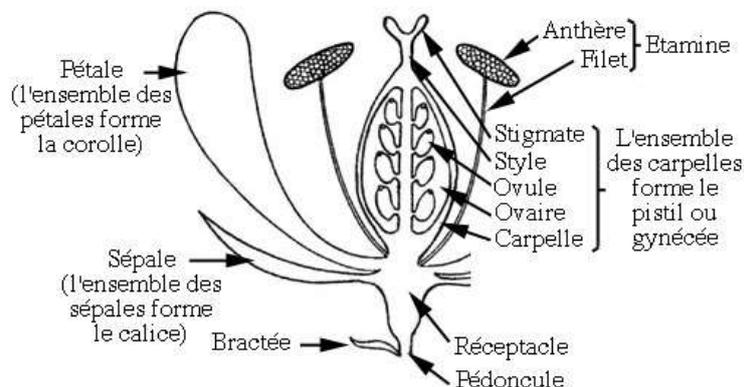


Figure 1: Anatomie d'une fleur [Afblum, 2017]

Afin de mieux comprendre le phénomène de pollinisation, aidons nous du schéma suivant. (cf Figure 2)

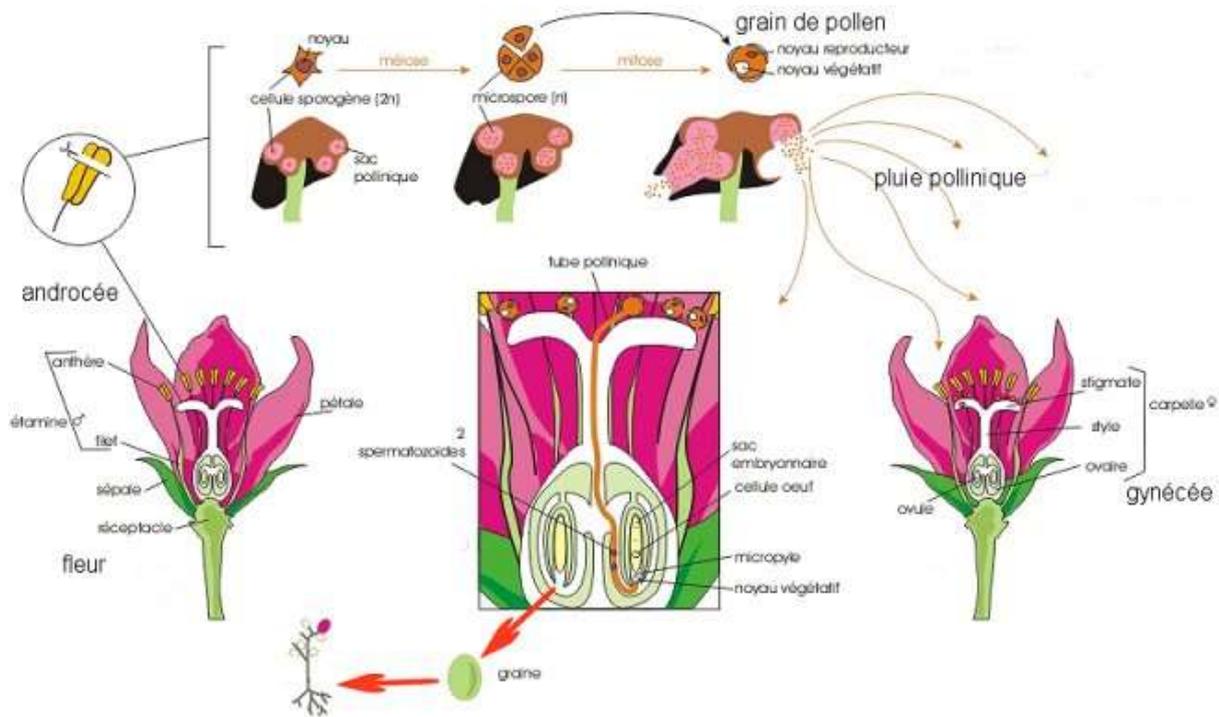


Figure 2: cycle reproducteur [Climatic, 2017]

Chez la fleur, les acteurs de la reproduction sexuée sont les gamètes mâles ou grains de pollen, et les gamètes femelles ou ovules. Tout commence par la maturation des grains de pollen dans l'androcée. Au sein de chaque sac pollinique se trouve une cellule sporogène diploïde ($2n$) qui subit méioses et mitoses successives jusqu'à donner une multitude de grains de pollen. A sa totale maturité, l'androcée s'ouvre et libère les grains de pollen. Cette pluie pollinique est responsable de la fécondation des fleurs de la même espèce. (Figure 2)

Les grains de pollen étant inertes, pour atteindre les stigmates de nouvelles plantes, ils ont besoin de facteurs extérieurs tels que le vent, les insectes, les oiseaux, chauve-souris. C'est à cette étape que l'abeille joue un rôle primordial. Une fois le stigmate atteint, le grain germe et produit un tube pollinique qui traverse le style jusqu'au sac embryonnaire contenant les gamètes femelles. A l'extrémité distale du tube pollinique, c'est-à-dire dans le sac embryonnaire, se trouvent deux spermatozoïdes. L'un va fusionner avec le noyau de l'oosphère pour aboutir à la cellule-oeuf, le second fusionne avec les deux noyaux centraux du sac embryonnaire et forme la cellule-oeuf "réserve". Cette double fécondation est à l'origine de la graine et de ses réserves. Dans un même temps, l'ovaire subit une transformation pour donner la paroi du fruit, les pétales et sépales tombent et les étamines et le style disparaissent. [Spiroll, 2016]

2. Récolte du pollen par l'abeille

Le terme "Abeille", attesté en français pour la première fois au XIV^e siècle, désigne des insectes hyménoptères appartenant à la super-famille des Apoidea. La plus connue et la plus répandue en Europe étant *Apis mellifera* qui, comme la majeure partie des abeilles, appartient au genre *Apis*. Dans le monde, environ 20 000 espèces seraient répertoriées, seulement 1000 étant présentes en France.

L'évolution des abeilles est directement liée à celle des plantes à fleurs angiospermes, qui ont su les attirer en produisant le nectar et le pollen. En effet, il y a 130 millions d'années, le vent avait le monopole de la pollinisation et les résultats étaient beaucoup trop aléatoires et trop peu productifs. Lorsque l'insecte a découvert les avantages nutritifs du pollen de fleurs, ça a donné lieu à un nouveau type de pollinisation : la pollinisation par l'insecte. A la différence de certains insectes qui laissent une fleur traumatisée après leur passage, l'abeille a développé une pollinisation douce et synergique. Cherchant à attirer davantage les abeilles, les plantes à fleurs ont fini par produire du nectar, source d'énergie importante pour les abeilles. Celles-ci ont développé des préférences: certaines espèces vont préférer telle ou telle fleur car son nectar est plus riche en sucre, d'autres parce qu'il a une température plus faible.

Pour mieux comprendre la technique de l'abeille pour récolter le pollen, il est important de rappeler quelques aspects essentiels de sa morphologie (Figure 3) :

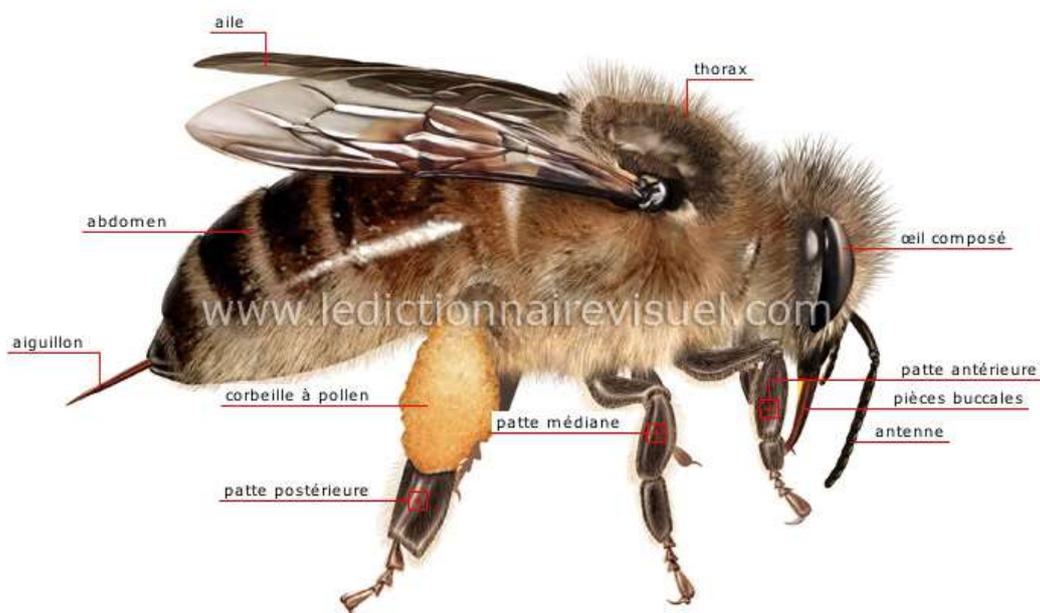


Figure 3: Anatomie de l'abeille [Le dictionnaire visuel, 2017]

Afin de permettre la récolte de liquides (nectar, miellat..), les pièces buccales d'une abeille sont du type broyeur-lécheur composées de la trompe et des mandibules :

- La trompe est elle-même composée des maxilles, des palpes labiaux et de la langue. Cet ensemble initialement replié sous la tête lorsque l'abeille est au repos, s'étend lorsqu'elle prélève du liquide. Les deux maxilles peuvent être imaginées comme des gouttières dans laquelle se glisse la langue -ou glosse-. Cette langue possède une extrémité en forme de cuillère d'où son nom de "cuilleron" et des poils, le tout permettant au liquide de monter par capillarité.
- Les mandibules ont, quant à elles, de nombreuses fonctions : préhension de solides, travail de la cire et de la propolis, défense.

Son thorax est divisé en trois segments : le propendium est le nom du premier qui porte une paire de pattes, les deux autres possèdent chacun une paire de pattes et une paire d'ailes. Il a pour fonction la locomotion de l'abeille ainsi que la collecte du pollen : la dernière paire de pattes possède des corbeilles à pollen qui permettent à l'abeille de récolter et de porter de grosses pelotes de pollen en volant jusqu'à la ruche. Les ailes ont également une autre fonction, celle de ventiler la ruche pour faire circuler l'air et la rafraîchir. Elles sont capables d'effectuer jusqu'à 2000 battements par seconde et permettent à l'abeille de voler à près de 20 km/h.

L'abdomen est composé de sept segments visibles. Deux autres peuvent être observés avec l'aiguillon ou les organes reproducteurs mais leur petite taille les rend souvent non distinguables. Ces segments contiennent les organes internes, quelques glandes et le dard. Chacun est constitué d'une plaque dorsale et d'une plaque ventrale reliées entre elles par des membranes qui permettent d'augmenter le volume de l'abdomen lorsque l'abeille se gorge de miel, de nectar ou d'eau.

La ruche est hiérarchisée. Les abeilles chargées d'assurer la récolte du pollen sont les jeunes butineuses. Elles effectuent un vol stationnaire au dessus de la fleur et opèrent de la façon suivant :

- Les abeilles élèvent elles même des levures et des ferments lactiques dans le nectar qu'elles récoltent. [Olfosson et Vasquez, 2008]
- Au moment de quitter la ruche à la recherche de fleurs à butiner, elles remplissent leur jabot de ce riche nectar qu'elles régurgitent doucement sur leurs pattes postérieures au moment de butiner : C'est à ce moment que l'on peut les observer en vol stationnaire. [Pain et Maugenet, 1960]

- L'abeille se pose ensuite sur la fleur. C'est grâce à ce contact que le pollen, à l'origine à l'état de poussière, se dépose sur le corps entier de l'abeille. S'il n'est pas tombé de lui-même sur la fleur, l'abeille le libère directement dans les étamines.
- Une fois le corps couvert de pollen, elle utilise sa première paire de pattes pour rassembler le pollen. L'abeille brosse le pollen et le fait passer de l'avant à l'arrière de son corps grâce à sa deuxième paire de pattes.
- Les boules de pollen, arrivées jusqu'aux pattes arrière, sont devenues plus imposantes. Les poils présents sur ces pattes permettent de retenir les pelotes de pollen.
- Une fois les "corbeilles" pleines, l'abeille réalise un vol stationnaire qui va permettre à la fois d'hydrater ses pelotes de pollen en régurgitant à nouveau du nectar mais également de les compacter. Cette technique conduit à l'ensemencement du pollen par les ferments lactiques et les levures.
- Elle réalise cet exercice sur chaque fleur jusqu'à ce que les boules de pollen soient suffisamment grosses pour être rapportées à la ruche. elles peuvent attendre le poids de l'abeille ce qui équivaut à environ 110mg.

Le pollen, nourriture de croissance, entre prioritairement dans l'alimentation des larves, c'est pourquoi l'abeille le dépose dans les alvéoles de garde-manger qui se trouvent au plus près du couvain. [GOUT, 2008]

3. Fabrication du pain d'abeille

Afin de protéger le pollen de la moisissure, les abeilles recouvrent les alvéoles remplies de pollen avec du miel. Elles produisent alors ce que l'on nomme "le pain d'abeille" (Figure 4). Ce pain se compose ainsi de pollen lacto-fermenté qui est à la base de l'alimentation des abeilles quelque soit leur stade de maturation. Cette préparation dont les abeilles maîtrisent toute la technique est un mélange de pollen, de miel et de ferments lactiques sécrétés par l'abeille elle-même lors de la récolte comme détaillé précédemment.

Elles procèdent de la manière suivante : elles entreposent dans les alvéoles de cire entourant le nid à couvain, une couche de pollen butiné pré-mélangé à du nectar puis une couche de miel et alternent ainsi jusqu'en haut de la cellule.

La difficulté réside dans les conditions de fabrication : elles réalisent ce pain à une température de 36°C, avec un produit très riche en protéines -le pollen - ce qui le rend tout particulièrement fragile à l'attaque de micro-organismes. Cependant, malgré l'humidité ambiante, nécessaire à l'hydratation des larves et de la gelée royale, le pain d'abeille reste stable grâce à la présence des ferments et des levures présentes dans le nectar. [Produits de l'apiculture, 2005]



Figure 4: Pain d'abeille [wikipedia, 2017]

B. De la ruche à l'homme

1. Méthode de récolte

Le pollen est récolté par l'apiculteur "en saison croissante", c'est à dire lorsque la végétation regorge de plantes riches en pollen.

La récolte doit tenir compte des besoins de la ruche car elle se fait au détriment du développement de la colonie. En général, un apiculteur prélève 10% du pollen, cela stimulera la colonie. Il fera attention cependant à ne pas trop priver les abeilles, celles-ci pourraient en mourir affaiblies. En effet le pollen est indispensable à l'élevage des larves et à leur alimentation. Pour ce faire, la récolte se fait à l'aide de trappes à pollen (Figure 5) et devra être espacée de quelques jours tout en alternant les colonies productives.



Figure 5: Trappe à pollen [Agrilisa, 2017]

L'apiculteur place des trappes à l'entrée de la ruche. C'est un peigne percé de trous par lequel les abeilles sont obligées de passer pour ramener le pollen dans la ruche, les pelotes de pollen dans les corbeilles de leurs pattes restent donc prisonnières et tombent dans un panier ou un bac situé sous la trappe (quelques centaines de grammes par jour et par ruche). Ces trappes sont autorégulatrices et sont posées sur les ruches ayant les plus forts rendements pour ne pas affaiblir les

colonies. Quand les pelotes sont petites car les récoltes sont mauvaises, elles restent sur l'abeille et l'intégralité des pelotes est alors utilisée par celles-ci. Un trou est préalablement percé sur le côté de la ruche pour permettre aux mâles, plus gros que l'abeille domestique femelle, de rentrer et sortir à leur grès malgré la présence du peigne et ainsi ne pas perturber le bon fonctionnement de la ruche.

Lors de la mise en place ou du retrait du peigne, l'apiculteur éloigne les abeilles grâce à de la fumée pour éviter de les écraser ou de les couper en deux, le peigne agissant comme une guillotine. Malheureusement, quelques pertes sont tout de même observées lors de la récolte du pollen.

La récolte du pollen se fait en fin de journée lorsque l'activité est retombée et afin d'éviter l'utilisation de la fumée pour ne pas dénaturer le pollen. L'apiculteur récupère les pelotes tombées dans le filet ou le bac. Ce bac doit en permanence rester propre et conforme aux bonnes pratiques d'hygiène afin de ne pas contaminer la récolte suivante.

2. Mode de transformation

Une fois récolté, le pollen de chaque ruche est pesé. Ceci permet entre autre de comparer les ruches à meilleur rendement, et ainsi sélectionner les plus rentables pour augmenter la productivité.

Le tri des pelotes est important puisqu'il s'agit d'éliminer toutes les impuretés présentes dans le mélange. Il se réalise en 3 étapes :

- La première consiste en un tri grossier à l'aide d'un tamis : éliminer les abeilles, larves mycosées, larves de fausse teigne, morceaux de plantes, poussières.. qui sont récupérés dans le tamis avec les grosses pelotes.
- Trieuse à pollen : Système de soufflerie qui consiste à séparer les éléments en fonction de leur poids. Les pelotes de pollen, grâce à leur poids tombent directement dans un bac situé sous l'entonnoir. Les éléments légers sont déviés et tombent dans un second bac. On y retrouve des pattes d'abeilles, morceaux de mues, de cuticules, des insectes, de la poussière de pollen, brisures de bois. Un deuxième passage est souhaité pour affiner le tri. Ces impuretés mélangées aux pelotes légères et à la poudre de pollen n'est évidemment pas jeté, il peut être récupéré pour rentrer dans la composition de l'alimentation à usage vétérinaire ou pour nourrir les abeilles.
- La dernière étape est un tri manuel à la pince à épiler dans un bac à fond clair pour éliminer ce qui est passé à travers les mailles du tamis. On retrouve en majorité des larves mycosées, des morceaux d'abeille..Parfois on y retrouve des pelotes de propolis qui sont laissées dans le mélange. C'est l'occasion de goûter les différentes pelotes de pollen pour en éliminer les plus amères lorsqu'il s'agit d'un pollen toutes fleurs.

3. Mode de conditionnement (sous vide, en pot, congélation...)

Si le pollen a plusieurs origines, l'apiculteur doit les goûter car certains pollens peuvent être très amers. Lorsque c'est le cas, ces pollens sont vendus comme pollens polyfloraux, voire en alimentation animale.

L'apiculteur est libre de choisir son mode de conditionnement. Le pollen peut être congelé et mis sous gaz neutre pour le conserver (cette option n'altère pas les propriétés biochimiques). Il peut également être vendu sec. Pour ce faire, ils sont ventilés par courant d'air chaud et placés sur tamis. On obtient finalement une teneur en eau proche de 4%. Cette technique est responsable d'une altération compositionnelle du pollen et donc de ses propriétés. [Machado de Melo et al., 2016]

C. Normes de commercialisation du pollen

1. Le pollen : un complément alimentaire

Actuellement, c'est en tant que complément alimentaire qu'est réglementairement classé le pollen. " On entend par compléments alimentaires les denrées alimentaires dont le but est de compléter le régime alimentaire normal et qui constituent une source concentrée de nutriments ou d'autres substances ayant un effet nutritionnel ou physiologique seuls ou combinés [...]. Il est commercialisé sous forme de doses, à savoir des formes de présentation telles que les gélules, les pastilles, les comprimés, les pilules et autres formes similaires, ainsi que les sachets de poudre, les ampoules de liquide, les flacons munis d'un compte gouttes et les autres formes analogues de préparations liquides ou en poudre destinées à être prises en unités mesurées de faible quantité". Ainsi sont définis les compléments alimentaires par la directive 2002/46/CE du Parlement européen ensuite transposée par le décret de mars 2006.

La certification du pollen est soumise au respect du cahier des charges du règlement européen des productions animales biologiques CC-REPAB-F comme les autres produits de la ruche : "Pour la préparation du pollen sec, le séchage doit être effectué à une température inférieure à 40°. Pour son transfert et son conditionnement, le pollen réclame les mêmes matériaux que le miel" c'est-à-dire : " dans des emballages à joints étanches, pour éviter la détérioration [...] au delà des valeurs de références ". "Le stockage est conseillé à des températures de 4 à 5°." [Parlement Européen, 2016]

A la différence des médicaments, aucune autorisation de mise sur le marché (AMM) n'est nécessaire pour commercialiser les compléments alimentaires. Le producteur ou l'industriel est seul responsable de la qualité, de la sécurité et de la conformité du produit qu'il commercialise et à pour seule ligne de conduite la réglementation qui est en vigueur en UE.

Réglementation applicable aux compléments alimentaires :

- La directive 2002/46/EC définit les formes autorisées (vitamines/minéraux), les niveaux maximums (vitamines/minéraux) et les dispositions spécifiques d'étiquetage.
- Le règlement CE/852/2004 sur l'hygiène alimentaire définit les règles pour une production hygiénique basée sur les principes des critères microbiologiques HACCP.
- Le règlement CE/1881/2006 sur les contaminants définit les niveaux maximums de contaminants spécifiques aux catégories d'ingrédients pouvant être utilisés dans l'alimentation.
- Le règlement CE/1333/2008 définit les additifs alimentaires autorisés, les conditions d'utilisation et les règles d'étiquetage.
- Le règlement CE/1169/2011 définit les exigences et responsabilités générales régissant l'information sur les DA et en particulier l'étiquetage.
- Le règlement CE/1925/2006 est une procédure d'évaluation et de gestion des risques dans le cas où une substance aurait des effets nocifs.
- Le règlement CE/1924/2006 concerne la demande d'autorisation préalable à la commercialisation pour les allégations nutritionnelles ou de santé.
- Le règlement CE/178/2002 traite sur les exigences relatives à la sécurité alimentaire générale, aux responsabilités du fabricant et rappels du devoir de notification. [Syndicat National Des Compléments Alimentaires, 2016]

Avant de pouvoir mettre en vente du pollen apicole, il est important de pouvoir en assurer sa qualité, son origine botanique voire même d'en détailler sa composition nutritionnelle.

2. Standardisation

a) Identification du pollen

L'identification du pollen se fait en deux étapes. Tout d'abord il est nécessaire de connaître l'espèce à laquelle appartient le pollen. Pour se faire, on utilise la reconnaissance macroscopique et la microscopie optique. C'est la morphologie des

grains de pollen qui donne son origine. En effet, chaque espèce botanique possède un grain de pollen qui lui est caractéristique.

(1) .Aspect macroscopique : les pelotes de pollen

- 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.

- Odeur

Odeur de "foin" variant s'il s'agit d'un pollen frais ou congelé.

- Gout

Gout sucré, aigre, amer, épicé et texture farineuse.



Figure 6 : Pelotes de pollen [Herboristerie suisse, 2017]

- Couleur

La plupart du temps les pelotes de pollen sont jaunes ou jaune-bruns mais d'autres couleurs sont possibles telles que rouge, violet, noir...variant en fonction de l'origine botanique. (Figure 6)

(2) Aspect microscopique

La détermination des pollens se fait par microscopie optique. Cette discipline relève de la palynologie et suit une clé de détermination des grains de pollen très précise. Pour exemple, on analyse dans un premier temps la présence de pores, sillons ou de grains multiples. Un grain de pollen de peuplier ne possèdera ni pore ni sillon, les graminées ne possèderont que des pores et le chêne n'aura que des sillons. C'est en suivant ces clés que l'on réussi à identifier l'espèce botanique. (Figure 7)

GRAN ISOLE	SANS PORE NI SILLON	SANS BALLONNETS	 Peuplier	
		AVEC BALLONNETS	 Pin	 Epréva
	AVEC PORE	UN PORE	 Graminée	
		TROIS PORES	 Hêtre	 Nocturnal
		PLUS DE TROIS PORES	 Aune	 Charme
	AVEC SILLON	UN SILLON	 Fongus (spore)	
		TROIS SILLONS	 Chêne	 Erable
	AVEC PORE ET SILLON	TROIS PORES ET TROIS SILLONS	 Hêtre	 Noisetier
		PLUS DE TROIS PORES ET TROIS SILLONS	 Noisetier	
	GRANS MULTIPLES	DEUX GRANS		 Schizanthus
QUATRE GRANS		 Ruscus		
PLUS DE QUATRE GRANS		 Robinier		

Figure 8: Clé de détermination du pollen [Webetab académie de Bordeaux, 2017]

La cellule de pollen est ce que l'on nomme familièrement "le grain de pollen" ou étymologiquement " grain de poussière". Il est la cellule fécondante des plantes à fleurs, libérée par déhiscence des sacs polliniques lorsque les anthères arrivent à maturité. Il mesure quelques microns et est donc invisible à l'oeil nu. Il en va sans dire que s'il veut résister à son voyage dans les airs seul ou porté par un pollinisateur (abeilles, bourdons, ou encore chauve-souris dans certains pays), il doit résister au vent, aux UVs, à la pluie, à l'oxydation, d'où sa composition complexe.

La gangue protectrice ou paroi pollinique du grain de pollen protège le gamétophyte mâle pendant son voyage de l'anthère jusqu'au stigmate.

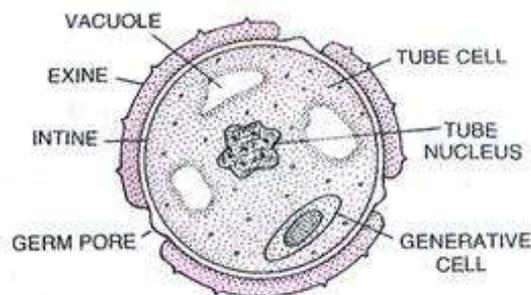


Fig. 2.7. Section of a mature 2 celled pollen grain of an angiosperm.

Figure 9: Schéma représentant un grain de pollen et ses différentes couches

Il est donc constitué de plusieurs couches : l'intine et l'exine. (Figure 8)

L'exine, rigide, a un rôle de protection, elle empêche l'usure du grain de pollen en le protégeant des écrasements et autres effractions. Elle a un aspect différent selon les espèces et présente par ce fait une grande utilité dans la caractérisation du pollen mais également en archéologie et palynologie car elle fossilise dans le sol et devient un représentant de son espèce dans les sols. Son aspect varie d'une espèce à l'autre (cf Figure 8). Cette couche est principalement composée de sporopollénine, un bio polymère extrêmement résistant. La surface et les anfractuosités de l'exine sont tapissées et comblées par une substance majoritairement lipidique, on le nomme manteau pollinique. C'est ce manteau pollinique gluant qui favorise l'adhésion du pollen au corps des pollinisateurs et assure la cohésion des pelotes confectionnées par l'abeille. Cette couche est également dotée de piquants s'accrochant aux poils de l'abeille. Malgré la présence de cire à la surface, les abeilles sont capables de la digérer pour en faire du pain d'abeille ou de la gelée royale destinés aux jeunes larves.

La deuxième couche, l'intine, est quant à elle beaucoup plus fragile. C'est à elle que l'on doit la majeure partie des propriétés du pollen puisqu'elle est constituée de matières grasses gélifiées et colorées très riches en caroténoïdes, arômes, polyphénols, flavonoïdes et en vitamines antioxydantes liposolubles. De nature pecto-cellulosique, elle entoure la cellule végétative contenant d'importantes réserves nécessaires à la croissance du tube pollinique.

La plupart du temps globulaire (Figure 9), le diamètre d'un grain de pollen mesure de 25 à 50µm. Son cytoplasme est riche en amidon et en AG insaturés. Son but premier est de protéger le patrimoine génétique des événements climatiques (vent, température, rayonnements solaires)

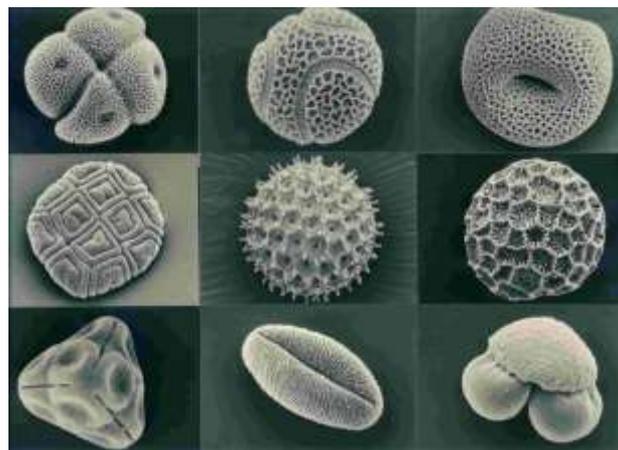


Figure 10: Vue microscopique de quelques grains de pollen [All that interesting, 2017]

(3) Identification d'un point de vue nutritionnelle

Dans un second temps et si l'on souhaite attribuer au pollen des vertus thérapeutiques, il est essentiel d'étudier sa composition nutritionnelle.

En effet, la composition nutritionnelle varie en fonction de nombreux facteurs : l'espèce, la zone géographique, les conditions climatiques mais également la période de récolte. *Campos et al.* ont réalisé une étude en 1997 qui consistait à analyser la teneur en flavonoïdes et phénols dans le pollen d'une année sur l'autre et chez différentes espèces. Cette méthode analytique, qui utilisait de la Chromatographie Liquide à Haute Performance (CLHP), s'est avérée très efficace pour identifier les pollens et leur attribuer une composition et des propriétés nutritionnelles et thérapeutiques. En effet, en analysant par CLHP du pollen inconnu, on obtient un profil caractéristique que l'on peut comparer à des profils CLHP de pollens connus analysés ultérieurement. Connaissant l'origine botanique on en déduit ses propriétés. Cependant cette technique reste très peu utilisée à ce jour car elle est coûteuse et l'identification par microscopie optique reste toujours la référence en vigueur.

Pour une meilleure connaissance et maîtrise des valeurs nutritionnelles de chaque pollen, l'identification d'un point de vue nutritionnelle devrait être réalisée en utilisant des études inter-laboratoires et être publiées comme cela a été fait pour le miel.

b) Packaging

Etant considéré comme un complément alimentaire, le pollen doit suivre de façon logique les recommandations en vigueur qui s'appliquent dans l'industrie alimentaire.

Le pollen séché doit de ce fait être conservé dans un emballage qui le maintient à l'abri de l'humidité atmosphérique comme il en est pour les ressources alimentaires. En ce qui concerne le pollen congelé, il doit être frais et congelé rapidement pour préserver au maximum ses vertus nutritives. Il sera ensuite stocké au congélateur dans un emballage fermé.

Le conditionnement doit être réalisé dans le respect des bonnes pratiques de préparation et d'hygiène en Agro-alimentaire et il est recommandé de s'assurer avant tout conditionnement, que le pollen sec ne soit pas mélangé à des impuretés et tout autre élément étranger et, bien évidemment, qu'il ne soit pas rance.

c) Additifs

Aucun additif n'est autorisé dans le pollen.

d) Contaminants

Aucun contaminant organique ou inorganique ne doit être présent en quantité supérieures aux limites autorisées.

Microbiological analysis	
<i>Salmonella</i>	Absent / 10 g
<i>Staphylococcus aureus</i>	Absent / 1 g
Enterobacteriaceae	Max. 100/g
<i>Escherichia coli</i>	Absent/ g
Total aerobic plate count	<100 000/g
Mould and yeast	< 50 000/g
Organochlorine pesticides	< MRL*
Organophosphate pesticides	< MRL
Pyrethroids	< MRL
Alfatoxin B1	Max. 2 µg/kg
Alfatoxin B1+B2+G1+G2	Max. 4 µg/kg
Cloramphenicol (CAP)	absent
Nitrofurans metabolites	absent
Sulfonamides	absent
Heavy metal Pb	max 0,5 mg/kg
Heavy metal Hg	max 0,01 mg /kg
Heavy metal Cd	max 0,03 mg/kg
Radioactivity (Cs-134 and Cs-137)	<600 Bq / kg

Figure 11 : Normes des contaminants dans le pollen [Campos et al.,2008]

Les principaux contaminants retrouvés dans le pollen sont les métaux lourds et les pesticides qui proviennent des pratiques agricoles et/ou apicoles. C'est pour cette raison et dans le but de garantir la meilleure qualité possible à ce produit, qu'il faut cultiver les plantes destinées à la récolte du pollen à 3 kilomètres minimum de toute source de contamination. Le pollen destiné à la consommation humaine doit donc, après analyse, posséder des teneurs en métaux lourds inférieures aux teneurs maximales suivantes (Figure 10) :

Cd : 0,03 mg/kg

Pb : 0,5 mg/kg

As : 0,5 mg/kg

Hg : 0,01 mg/kg

Il faut également évaluer l'éventuelle présence de mycotoxines consécutive à la dégradation du pollen par certaines moisissures. En effet, le pollen peut être le substrat de champignons aflatoxigènes, leur faisant alors un milieu idéal pour la production d'aflatoxine B1, métabolite carcinogène produit par certaines espèces d'*Aspergillus* tels qu'*A.parasiticus* et *A.flavus*. Là encore, leur teneur est mesurée avant la mise sur le marché des produits apicoles. [Maria Pitta et Panagiota Markaki, 2010]

Au cours de ces dernières années la culture OGM s'est nettement développée, la probabilité de récolter du pollen provenant de ces plantes s'est également accrue. Cependant aucune étude n'a mis en évidence les effets négatifs potentiels que ce pollen d'OGM pourrait avoir sur la santé humaine. Les pays de l'UE sont tout de même obligés d'étiqueter les produits dont la teneur OGM dépasse les 1%. Cette législation pourrait et devrait donc par la même s'appliquer au pollen dans les années à venir.

D'un point de vue microbiologique, la composition du pollen doit suivre les standards de l'UE, the association of analytical communities, AOAC. [Campos et al. 2008]

L'utilisation de pesticides pour protéger les plantes des parasites et très répandue dans l'agriculture. Cependant, de mauvaises pratiques peuvent avoir des conséquences sur la contamination du milieu, sur les pollinisateurs mais également sur l'accumulation de ces composés dans les plantes. Le fipronil, l'imidaclopride et le thiametoxam étant les pesticides les plus couramment utilisés en agriculture, ce sont ceux-ci qui sont recherchés dans le pollen. Ils sont d'ailleurs suspectés d'être à l'origine de la décroissance des colonies d'abeilles.

Depuis le 1er septembre 2008, la commission européenne a fixé de nouvelles normes alimentaires. Ces pesticides ne doivent pas dépasser 50 ng/g de pollen.

Une étude a développé une méthode d'analyse dans le but de déterminer les résidus de fipronil, d'imidaclopride et de thiametoxam ainsi que leurs dérivés dans des échantillons de pollen. Il s'est avéré qu'aucun des insecticides ciblés n'a été retrouvé dans les échantillons testés. [Garcia-Chao et al. 2010]

Bien que cette étude n'ait pas révélé la présence de pesticides dans le pollen collecté par les abeilles, cela ne constitue pas une preuve que le pollen n'est pas affecté. En effet, de la cyhalothrine, un insecticide pyréthroïde, a été retrouvé dans du pollen destiné au repas des jeunes abeilles. Sa consommation est d'ailleurs à l'origine de changements physiologiques, comportementaux et de la durée de vie. Par exemple, les jeunes abeilles recevant de la cyhalothrine, insecticide de la famille des pyréthroïdes, dans leur alimentation, seraient capables de reconnaître le pollen contaminé et de l'éviter lors du butinage. [Adam G. Dolezal et al., 2015]

e) *Hygiène*

D'un point de vue hygiénique, le critère principal requis est l'innocuité microbiologique. Pour se faire, on contrôle l'absence de germes pathogènes et fongiques en suivant la même législation que l'alimentation.

Naturellement, les conditions générales d'hygiène doivent suivre rigoureusement les règles de bonne pratique de préparation en agroalimentaire. Le

produit final, destiné à la consommation humaine, ne doit pas contenir d'éléments étrangers à l'exception de la présence accidentelle et dépourvue d'effet délétère de fragments d'abeille, de fragments de plantes ou de bois, ou tout autre élément provenant du processus naturel réalisé par les abeilles.

f) Stockage

Quelques études ont été réalisées afin de déterminer les meilleures conditions de récoltes et de stockage du pollen en faisant varier différents facteurs. La variable la plus importante pour le pollen est son origine florale qui influe de manière considérable sur sa composition. La composition varie également en fonction du sol et de la saison. Pour caractériser les différents types de pollen, les équipes de recherche ont mis en place une approche basée sur l'analyse du profil des flavonoïdes et des acides phénoliques par CLHP.

On sait que la composition du pollen varie également avec les conditions de stockage. Il ressort de ces études que la congélation ne provoque pas de changement de sa composition et est donc plus adaptée à une utilisation thérapeutique. La lyophilisation provoque quant-à elle une baisse des teneurs en vitamines C et pro-vitamine A. Le séchage à 40°C reste la méthode la plus destructrice puisqu'on observe une diminution, entre autres, des sucres réducteurs, des protéines, de la vitamine C et de la pro-vitamine A.

Afin d'illustrer ces idées voici quelques résultats d'une étude mettant en évidence les changements dynamiques dans la composition biochimique du pollen homogénéisé et divisé en lots stockés dans différentes conditions :

- L1 : pollen frais
- L2 : pollen conservé 3 mois à 20°C à la lumière naturelle
- L3 : pollen conservé 3 mois à 4°C à l'obscurité
- L4 : pollen conservé 3 mois à 20°C à l'obscurité
- L5 : pollen conservé 6 mois à 20°C à la lumière naturelle
- L6 : pollen conservé 6 mois à 4°C à l'obscurité
- L7 : pollen conservé 6 mois à 20°C à l'obscurité

L'humidité du pollen a une valeur normale de 9.19%. Après 3 mois de stockage, l'analyse ne montre pas de diminution caractéristique. Après 6 mois le test montre une diminution de l'humidité pour tous les échantillons dans toutes les conditions de stockage (L5, L6, L7) de plus de 30%.

Dans le pollen frais L1 on retrouve initialement 2.83% de substances minérales. Après 3 mois dans toutes les conditions de stockage on observe une diminution de près de 3% de ces substances minérales. Cette baisse devient significative après 6 mois de stockage. Ce résultat met en évidence l'importance de conserver le pollen au frais.

Concernant les substances organiques, la différence est moins significative puisqu'initialement à 87.98% pour L1, elles diminuent jusqu'à 86.86% après 3 mois et jusqu'à 84.93% après 6 mois. [Prelicpean et al., 2011]

En résumé, pour préserver au maximum la qualité nutritionnelle du pollen on préférera la congélation lorsque l'on souhaite stocker sur une durée inférieure ou égale à 18 mois. Il faut faire particulièrement attention à congeler rapidement le pollen après sa récolte. En effet, sa teneur en eau étant plus élevée (20 à 30 grammes d'eau pour 100g de pollen) que le pollen sec, le risque de contamination microbiologique est accru. Au delà de cette durée, on choisira de lyophiliser ou de sécher pour stocker le produit sec. Avec un taux d'humidité entre 4 et 8 grammes pour 100 grammes, sa qualité pourra être préservée pendant deux ans maximum si il est stocké dans un endroit frais à l'abri de la lumière.

g) Etiquetage

Concernant l'étiquetage du produit, chaque conditionnement doit être étiqueté de cette manière :

- Origine florale si le pollen est proposé à la consommation humaine pour ses propriétés thérapeutiques.
- Teneur en eau.
- Composition des principaux nutriments : analyse type II (énergie, carbohydrates totaux + sucres simples, lipides totaux + Acides Gras Saturés (AGS), protéines, fibres, sel).
- Origine géographique.
- Date limite de consommation DLUO.
- Nom du producteur.
- Numéro de lot.

Le producteur doit garder les échantillons de chaque lot pour satisfaire les contrôles des autorités compétentes. Sont donc requises, pour une bonne traçabilité des lots, les informations suivantes :

- La date de préparation du lot.
- Le poids net.
- L'adresse du producteur.
- La teneur en AGS.
- D'autres informations peuvent être ajoutées selon la volonté du producteur telles que la composition en vitamines, en polyphénols, en minéraux, ou encore en Acides Aminés (AA).

La qualité du produit s'étudie par les méthodes analytiques :

- Examen macroscopique de la couleur, de l'apparence, de l'odeur, du goût et des défauts.
- Examen microscopique.
- Analyse de la composition par la méthode de Karl Fisher pour l'eau, par CPG ou CLHP pour les carbonhydrates et par CPG pour les fibres brutes, les protéines, AA, lipides, minéraux, vitamines et contaminants.

D. Composition nutritionnelle

La composition nutritionnelle du pollen varie selon l'espèce végétale mais aussi le climat, la zone géographique et la méthode de conservation. Nous analysons ici le pollen sec dans sa globalité et les teneurs annoncées sont des teneurs moyennes à titre indicatif.

La majorité des composants du pollen apicole sont les carbohydrates (13 à 55%), les fibres (0.3 à 20%), les protéines (10 à 40%) et les lipides (1 à 10%). Les autres constituants sont des minéraux, vitamines, caroténoïdes, phénols, flavonoïdes, phytostérols. [X.Feás et al., 2012]

1. Eau et pH

De nombreuses études sont parvenues à quantifier l'eau présente dans le pollen, les résultats diffèrent d'une zone géographique à une autre.

Après séchage traditionnel, la teneur en eau du pollen apicole varie de 3 à 10% (activité de l'eau, $a_w=0.21$ à 0.54). Le pH varie selon les études de 4.3 à 5.2. [Gergen et al., 2006 ; X.Feás et al., 2012]

En 2011, un article a publié la titration de l'eau contenue dans 154 extraits de pollen sec obtenus d'apiculteurs de différentes régions du Brésil. [Morgano et al. 2011]

Le pourcentage d'eau varie donc entre 3 et 9.39%. Certaines teneurs se sont révélées trop importantes car un pollen riche en eau sera plus facilement agressé par des microorganismes tels que bactéries et champignons. Ces résultats ont d'ailleurs montré que beaucoup d'extraits de pollen n'étaient pas conformes aux recommandations du Brésil qui stipule une teneur maximale de 4% alors que l'Argentine en accepte jusque 8%.

Plus ces valeurs en eau sont faibles, plus elles témoignent d'une sécurité sanitaire microbiologique compatible pour un usage en alimentation humaine.

2. Protéines

Le pollen fournit les nutriments requis pour le développement des organes de l'abeille. Il est l'unique source de protéines naturellement disponible. Une colonie consomme jusqu'à 30 kg de pollen par an. Les protéines, résultant de la condensation d'acides aminés, sont des constituants essentiels des tissus vivants et jouent un rôle majeur dans les mécanismes vitaux (enzymatiques, immunitaires, hormonaux,..). Les acides aminés sont indispensables au développement, à l'entretien et au renouvellement des tissus biologiques. La plupart des pollens contiennent tous les acides aminés. Parmi eux la proline est souvent le plus abondant.

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 10 à 40 grammes pour 100 grammes 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]

3. Acides aminés

On retrouve tous les AA dans le pollen mais les plus représentés sont (exprimés en pourcentage de poids de pollen sec total) (Tableau 1) :

- **Arginine de 4,4 à 5,7%**

Précurseur du monoxyde d'azote, on lui attribue une action dans l'amélioration de la libido masculine mais également dans la régulation du cholestérol. Cet AA joue un rôle dans de nombreux processus métaboliques, le fonctionnement des entérocytes et trouve un intérêt notamment dans le traitement de maladies cardiovasculaires et de l'hypertension.

- **Cystine 0.6%**

La Cystine possède un rôle protecteur de la vitamine C en limitant son oxydation. Elle potentialise l'utilisation de la vitamine B₆ et entre dans la composition de la kératine stimulant ainsi la pousse des cheveux, des ongles et la réparation tissulaire.

- **Histidine de 2 à 3,5 %**

L'histidine, acide aminé essentiel chez l'enfant, il devient non essentiel à l'âge adulte. Cet AA possède un rôle dans la croissance et la réparation tissulaire mais agit également sur le système nerveux et améliore la libido.

- **Isoleucine de 4,5 à 5,8%**

Elle améliore la coordination, le métabolisme musculaire et la réparation tissulaire. Elle normalise également la glycémie et le taux d'azote musculaire.

- **Leucine de 6,7 à 7,5 %**

Possède les mêmes propriétés que l'isoleucine.

- **Lysine de 5,9 à 7 %**

Participe à la formation des anticorps et à la régénération tissulaire. C'est un stimulateur immunitaire et endocrinien qui aide à lutter contre la fatigue et le manque d'appétit.

- **Méthionine de 1,7 à 2,4 %**

Participe à la synthèse du glutathion, puissant anti-oxydant, lutte contre la depression, les troubles du comportement et a un rôle spécifique dans l'initiation de la synthèse protéique.

- **Phénylalanine de 3,7 à 4,4%**

Cet acide aminé est considéré comme un antidépresseur naturel, il améliore également la mémoire et aide à la désintoxication des drogues et de l'alcool. Il est également le précurseur de l'adrénaline et de la dopamine.

- **Proline de 9 à 11,8 %**

La proline participe activement à la synthèse de collagène et se définit ainsi un rôle important dans la réparation tissulaire et la protection des tissus cardiaques.

- **Thréonine de 2,3 à 4 %**

Participe à la formation des cartilages et des ligaments ainsi qu'au bon fonctionnement du système nerveux central.

- **Tryptophane de 1,2 à 1,6 %**

Transformé en sérotonine, il agit comme antidépresseur et anxiolytique. Il aide au combat contre les dépendances à l'alcool et aux drogues. [Zhang et al., 2009]

- **Valine de 5,5 à 6%**

C'est un stimulant, permettant d'améliorer la résistance à l'effort et normalise la glycémie. [Paramas et al., 2006 ; Human et Nicolson, 2006]

Tableau 1: Teneurs en acides aminés en mg pour 100mg de pollen [Da silva et al., 2014]

Table 1. Content (mg/g pollen) of free amino acids and sugar (mannitol) in jandaira bee pollen.

Amino acids	Sample 2009	Sample 2011
	(mg/g pollen)	(mg/pollen)
Asparagine	0.80	1.04
Serine	3.72	4.27
Glutamine	0.20	0.21
Glycine	0.37	0.36
Histidine	0.73	0.70
Arginine	0.32	0.30
Threonine	0.30	0.23
Alanine	0.91	0.93
Proline	11.79	9.54
Cysteine	-	-
Tyrosine	0.41	0.32
Valine	0.41	0.29
Methionine	0.17	0.14
Lysine	0.53	0.32
Isoleucine	0.21	0.14
Leucine	0.61	0.61
Phenylalanine	0.41	0.36
Mannitol	208.0 mg	310.0 mg

4. Carbohydrates = Glucides

Le pollen apicole est composé de pollen mélangé au nectar, source de carbohydrates, et aux sécrétions salivaires des abeilles.

Des études sur différents extraits de pollen ont démontré qu'ils étaient riches en sucres monomères et dimères. [W.L.Qian et al. 2008]. Les glucides représentent de 13 à 55 grammes pour 100 grammes de pollen sec et sont en partie ajoutés par l'abeille elle-même lors de la récolte. En effet elle utilise du sucre pour agglutiner les grains de pollen sur ses pattes et ainsi les transporter. On retrouve en grande quantité le fructose, le glucose, le sucrose et des fibres mais également la cellulose, lévulose ou encore des gommes. [Roy j. Barker, 1977]

5. Lipides

Le pollen contient également des lipides, entre 1 et 10%. On les trouve dans le manteau pollinique et le cytoplasme de la cellule végétative.

Les corps gras d'origine végétale ou animale sont des triesters du glycérol et d'acides acycliques à longues chaînes linéaires, ce sont les acides gras. Ces acides gras sont importants pour la reproduction, le développement et la nutrition des abeilles. Les plus représentés sont par ordre décroissants : l'acide α -linoléique (w3), l'acide palmitique (AGS) et l'acide linoléique (w6). Les pollens ayant les taux les plus élevés, notamment en acide gras linoléique, linoléiques, myristique et dodécanoïques interviendraient dans l'inhibition de microbes pathogènes. [Human et Nicolson, 2006]

6. Micro constituants

a) *vitamines liposolubles en mg pour 100g de pollen*

- **vitamine A (rétinol) 1 à 20 % sous forme de caroténoïdes**

Il n'y a pas à proprement parlé de rétinol dans le pollen, mais des caroténoïdes provitaminiques A tel que le β -carotène. Ce dernier est converti en rétinol dans notre organisme après absorption et l'on estime que 1 mg de β -carotène représente 167 μ g d'Equivalent Rétinol (ER). La vitamine A est impliquée dans les défenses immunitaires, la différenciation et le renouvellement tissulaire, dans la vision (en particulier la vision nocturne) et dans la protection cardio-vasculaire.

Le pollen est riche en carotènes, qui lui donnent le plus souvent sa couleur jaune orangée. 17% de ces carotènes ont été identifiés comme étant des β -carotènes, le reste étant encore inconnu.

- **Vitamine E (tocophérol) 4 à 32%**

La vitamine E a un rôle antioxydant, elle protège les AGPI, les membranes cellulaires, les lipoprotéines. Elle intervient dans l'immunité et les processus inflammatoires et d'aggrégation plaquettaire. Elle est considérée comme protectrice des autres vitamines. Elle est également antixénobiotique.

b) *vitamines hydrosolubles*

- **Vitamine B₁ (thiamine) 0.6 à 1.3‰**

La vitamine B₁ est considérée comme un antalgique, elle agit en favorisant l'état de relaxation. C'est une vitamine indispensable aux métabolismes énergétiques.

- **Vitamine B₂ (riboflavine) 0.6 à 2‰**

La riboflavine participe au catabolisme des acides gras, des acides aminés et des bases puriques dans le cycle de Krebs. Une carence peut être à l'origine de dermatites et de lésions oculaires.

- **Vitamine B₃ (acide nicotinamide) 4 à 11‰**

Cette vitamine intervient dans la dégradation du glucose et dans les métabolismes énergétiques.

- **Vitamine B₅ (acide pantothénique) 0.5 à 2‰**

La vitamine B₅ est un élément structural du CoEnzyme A, impliqué dans de nombreux métabolismes tels que le métabolisme des glucides, des AG, des AA ou dans la synthèse des hormones stéroïdiennes. On lui attribue des actions antistress, antivirale, antiallergique et antiasthénique. Une carence sera responsable de céphalées, nausées, fourmillements.

- **Vitamine B₆ (pyridoxine) 5µg/100g**

Elle est anti-inflammatoire et antihistaminique. Elle a également un rôle dans les mécanismes de détente et de bonne humeur. Une carence est à l'origine de perturbations du système immunitaire et de troubles du sommeil.

- **Vitamine B₈ (Biotine) 0.05 à 0.07‰**

La biotine joue un rôle important dans le métabolisme cellulaire du glucose agissant ainsi sur l'équilibre adaptatif du corps humain. Elle est nécessaire à la croissance cellulaire et intervient dans la production des AG et des AA. La complémentation en vitamine B₈ est très recommandée pour maintenir la peau et les phanères en bonne santé.

- **Vitamine B₉ (acide folique) 0.2 à 0.6 ‰**

L'acide folique participe au métabolisme des protéines et du matériel génétique. Elle est une vitamine essentielle dans la synthèse des neuromédiateurs. Chez la femme enceinte, une carence provoque des anomalies de développement du fœtus.

- **Vitamine B₁₂ (cyanocobalamine) 0.3 à 1%**

Cette vitamine contribue à la production des érythrocytes et est particulièrement conseillée en supplémentation dans les syndromes dépressifs, des neuropathies diabétiques ou alcooliques.

- **Vitamine C (acide ascorbique) 7 à 56%**

La vitamine C possède beaucoup de propriétés. Elle possède une action anti-inflammatoire et antioedémateuse sur la microcirculation, participe à la synthèse du collagène et à la protection vasculaire. Elle est également anti-virale, anti-infectieuse, antihistaminique et immunorégulatrice ce qui lui confère une place de choix dans la prévention et le traitement des affections virales. [S.Bonvehi et al. 1997],[Bee hexagon, 2016]

c) *Minéraux en mg pour 100 g de pollen frais*

- **Fer : 1.1 à 17mg/100g**

Le fer rentre dans la composition de l'hémoglobine et joue un rôle dans la résistance au stress et à la fatigue et dans les défenses immunitaires.

- **Calcium : 20 à 300mg/100g**

Il contribue à la solidité osseuse et intervient dans le phénomène de coagulation sanguine, la contraction musculaire, la conduction nerveuse et la libération hormonale.

Une carence se traduit par une décalcification et de l'ostéoporose.

- **Zinc : 3 à 25mg/100g**

Le zinc est impliqué dans le système immunitaire et la synthèse des hormones sexuelles. On lui attribue des activités antihistaminiques, immunorégulateurs et anti-radicalaires Il est également très utilisé dans le traitement de l'acné inflammatoire pour son action sur la cicatrisation de la peau et ses propriétés anti-inflammatoires.

- **Sélénium**

La présence de sélénium n'a pas été réellement quantifiée mais elle est indiscutable. Co-facteur d'enzymes antioxydantes, il intervient dans le métabolisme des radicaux libres en synergie avec la vitamine E, c'est un antioxydant cardiovasculaire et hépatique. Il est également important pour la spermatogénèse et le fonctionnement musculaire.

- **Phosphore : 80 à 600mg/100g**

Le phosphore entre dans la composition des os et plus précisément de l'hydroxyapatite et est de ce fait le deuxième minéral le plus abondant du corps humain. Il est également indispensable à la croissance cellulaire et à la fabrication de l'Adénosine TriPhosphate (ATP) notre principale source d'énergie. Son rôle dans la phosphorylation permet l'activation de nombreuses enzymes.

- **Potassium 400 à 2000mg/100g**

Le potassium est un nutriment indispensable à la transmission de l'influx nerveux, à l'équilibre acido-basique et à la contraction musculaire notamment cardiaque.

- **Magnésium 20 à 300mg/100g**

Le magnésium est un nutriment antistress. Une carence peut être à l'origine de crises de spasmodie et plus couramment de nervosité, anxiété, crampes et hypersensibilité au stress.

- **Manganèse 2 à 11 mg/100g**

Il rentre dans la composition de la superoxyde dismutase (enzyme antioxydante majeure) mais aussi du cartilage et possède une action anti-inflammatoire et antiallergique.

- **Cuivre 0.2 à 1.6 mg/100g**

Il est anti-inflammatoire, antispasmodique, anti-infectieux et antioxydant. Il stimule des défenses immunitaire et potentialise l'action de la vitamine C en favorisant son activité biologique. Cet oligo-élément est donc particulièrement intéressant en cas d'état infectieux. Etant catalyseur de la production de l'hémoglobine, il possède également un rôle anti-anémique. [La bible des vitamines et des suppléments nutritionnels, 2004]

d) Caroténoïdes

Les Caroténoïdes sont représentés par les carotènes et les xanthophylles, qui par convention sont traités avec la vitamine A. Les carotènes sont des composés terpéniques, constitués d'une ou deux molécules de la vitamine A tête-bêche. C'est un pigment qui apporte leur couleur orange aux pollens. Les xanthophylles possèdent au moins une molécule d'oxygène dans leur structure contrairement aux carotènes qui sont strictement hydrocarbonés. Ils sont retrouvés en grande quantité dans les cellules végétales et en particulier dans les pétales jaunes, orange et rouge. En effet, les xanthophylles sont également de couleur jaune. (Figure 11)

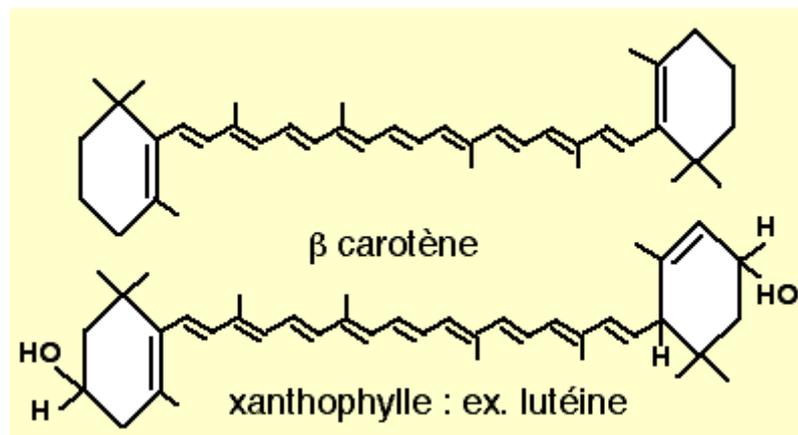


Figure 11 : Formule chimique de β-carotène et de la lutéine [Sny Jussieu, 2017]

La portion quotidienne recommandée de 25 g de pollen d'abeille sec fournirait 162 µg de rétinol soit 18 % de l'apport quotidien recommandé pour les hommes et 23% pour les femmes. [Melo et Almeida-Muradian, 2010]

e) Polyphénols

Les polyphénols sont des composants du pollen qui contribuent en partie à son pouvoir antioxydant. La composition est variable en fonction de l'origine botanique et d'autres facteurs cités précédemment mais on les retrouve en moyenne entre 3 et 5%.

Ces polyphénols peuvent être différenciés en flavonoïdes et en acides phénoliques.

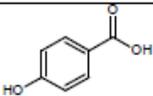
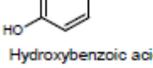
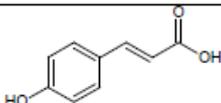
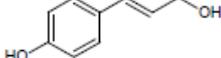
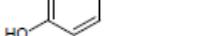
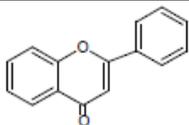
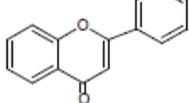
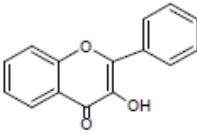
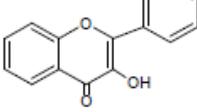
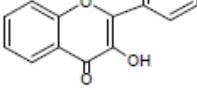
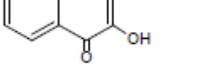
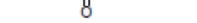
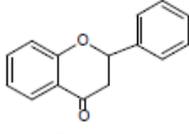
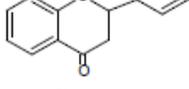
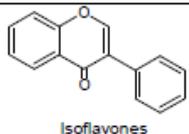
Les acides phénoliques sont présents dans le pollen à des teneurs proches de 0.19% (quelque peu variable en fonction des études). Quelque soit la molécule, un acide phénolique est composé d'un noyau aromatique et d'un groupement carboxyle. Les acides phénoliques les plus couramment identifiés dans le pollen sont les acides chlorogénique, gallique, ferulique et cinnamique, p-coumarique et caféique. [Fanali et al., 2013]

Les flavonoïdes constituent quant à eux des composants majeurs du pollen. Tous possèdent un noyau diphenylpropane et un squelette benzo-y-pyrone. Il est important de noter que c'est le nombre de groupements hydroxyles sur le noyau B qui confère son pouvoir piègeur de radicaux libre aux flavonoïdes. Ils sont présents dans le pollen principalement sous forme de glycosides. Les principaux flavonols présents dans le pollen sont la quercétine et le kaempférol. Dans une étude, l'isoquercétine, la quercétine et l'isorhamnétine sont retrouvées dans plus de 90% des échantillons de pollen brésilien testés (sur un total de 22 échantillons). Cela suggère que ces flavonoïdes ne sont pas spécifiques de l'espèce botanique. Dans un échantillon de pollen mono floral d'*Eucalyptus globulus*, on identifie la myricétine, tricétine et luteoline. [Kristerson et al., 2015 ; Morais et al., 2011]

Les flavonoïdes sont en partie responsables de la coloration des grains de pollen (du rouge au violet). La couleur dépend de leur structure et donc de la composition du pollen en flavonoïdes : par exemple la couleur jaune est apportée par les flavonols, le violet par les anthocyanosides..

Pour se donner une idée de la teneur en flavonoïdes dans le pollen voici les résultats d'une étude brésilienne. La composition d'un extrait de pollen en flavonoïdes est déterminée par une méthode colorimétrique. Les extraits aqueux de pollen possèdent une grande variabilité de teneur, on compte de 19,28 à 48.09 mg/g avec une moyenne d'environ 30.77 mg. Des études autrichiennes avaient déterminé une teneur de 8,2 mg/g de pollen. Ceci marque la grande variabilité d'une espèce à l'autre. [ITAL, 2016] (Tableau 2)

Tableau 2: Principaux composés phénoliques retrouvés dans le pollen [ITAL, 2016]

MAIN POLYPHENOLIC COMPOUNDS OF BEE POLLEN			
Bee Pollen Compound and the Structures of Major Classes	Free Hydroxyl Groups Position [3,36]	TEAC* (mM) [3]	
1. PHENOLIC ACIDS			
<i>HYDROXYBENZOIC ACIDS:</i>			
Gallic acid		3,4,5	3,0
Protocatechuic acid		3,4	1,2
<i>HYDROXYCINNAMIC ACIDS:</i>			
Caffeic acid		3,4	1,3
Ferulic acid		4	1,9
Chlorogenic acid		3,4	1,3
<i>para</i> -Coumaric acid		4	2,2
<i>ortho</i> -Coumaric acid		2	1,0
2. FLAVONOIDS			
<i>FLAVONES:</i>			
Luteolin		5,7,3',4'	2,1
Apigenin		5,7,4'	1,5
Chrysin		5,7	1,4
<i>FLAVONOLS:</i>			
Quercetin		3,5,7,3',4'	4,7
Rutin (Q 3-o-rutose)		5,7,3',4'	2,4
Kaempferol		3,5,7,4'	1,3
Myricetin		3,5,7,3',4',5'	3,1
Galangin		3,5,7	N/D
<i>FLAVANONES:</i>			
Naringenin		5,7,4'	1,5
Pinocembrin		5,7	N/D
<i>ISOFLAVONES:</i>			
Genistein		5,7,4'	N/D

* Trolox equivalent antioxidant capacity.

L'analyse de pollen d'abeille par CLHP a également révélé la présence d'isoflavones (Phytoestrogène).

f) *Phytostérols en mg pour 100g de pollen*

Les phytostérols sont des constituants naturels des végétaux ayant une structure proche du cholestérol.

Le pollen contient de 0,1 à 0,4% de stérols ayant des propriétés biologiques différentes. On a isolé le β -sitostérol, le brassicastérol, le stigmastérol et le fucostérol.

Patrice Percie du Sert a détaillé la composition en phytostérols des pollens frais de Ciste, Châtaignier et Saule et a obtenu les résultats ci dessous [Percie du Sert, 2009] (Tableau 3) :

Tableau 3: Composition en mg/100g de pollen frais et teneur en stérols identifiés des pollens de Ciste, Châtaignier et Saule

STÉROL	Ciste	Châtaignier	Saule
cholestérol	4,42	3,26	1,91
brassicastérol	<0,30	46,52	0,57
24-méthyl cholestérol	76,18	19,77	21,81
campestérol	7,18	22,56	20,28
campestérol	3,31	4,42	1,53
stigmastérol	1,66	<0,23	1,91
Δ 7-campestérol	32,84	<0,23	5,93
Δ 5,23 stigmastadiénoï + ostérol	1,66	2,79	0,57
bêta-sitostérol	30,36	110,72	73,84
Δ 5-avénastérol	108,19	16,28	38,64
Δ 5,24 stigmastadiénoï	1,93	1,63	2,3
Δ 7-stigmastérol	0,55	1,4	3,63
Δ 7-avénastérol	1,66	<0,23	7,08
non identifié	6,06	3,25	11,3
Phytostérols totaux (mg/100g de pollen)	276	232,6	191,3

Les teneurs en stérols étant déterminées sur la matière grasse extraite du pollen, les résultats obtenus ici sont probablement inférieurs à la réalité puisque cette technique conduit à des pertes.

Plus précisément, le pollen de **ciste** contient une majorité de delta-5-avenostérol (108mg/100g) et de 24-méthylcholestérol (76mg/100g). Le pollen de **châtaignier** contient davantage de β -sitostérol (110mg/100g) et de brassicastérol (46,5mg/100g). Le pollen de **saule**, quant à lui, contient une majorité de β -sitostérol (74mg/100g) et de delta-5-avenastérol (39mg/100g). [Bee hexagon, 2016]. Ces différences de teneurs ont un impact sur les propriétés de chacun de ces pollens.

7. Variabilité

La composition nutritionnelle du pollen sec montre une réelle variation entre les extraits analysés et une absence globale de caroténoïdes et de vitamine C. L'absence de ces vitamines peut être expliquée par le processus de déshydratation de ces extraits car ces vitamines sont instables à la chaleur. La variation entre les extraits est expliquée par la variation d'origine botanique. [Almeida-Muradian et al., 2005]

a) *Origine botanique*

Comme nous l'avons vu en détaillant les compositions nutritionnelles du pollen, chaque plante possède des teneurs en vitamines, oligo-éléments et polyphénols qui diffèrent.

b) *Origine géographique*

Outre la variation entre les différentes espèces, il faudra garder à l'esprit qu'une même espèce, pourtant conservée dans les mêmes conditions mais ayant une origine géographique différente ou une période de récolte différente aura une composition nutritionnelle différente. La reproductibilité des teneurs d'une année sur l'autre est également aléatoire et entièrement dépendante des conditions météorologiques et de composition du sol. [Nogueira et al., 2012]

c) *Stockage*

La méthode de stockage peut à elle seule faire varier la composition de pollens à l'origine identique.

En étudiant la stabilité des vitamines C, E et β -carotène contenues dans le pollen en fonction du temps et de la technique de stockage,

Après 6 jours de stockage, une équipe a réalisé que la vitamine C était mieux conservée dans du pollen séché que dans du pollen frais congelé. En effet, le processus de déshydratation favorisant habituellement la perte vitaminique, aide à conserver cette vitamine. La concentration en vitamine E quant à elle, accuse une perte moyenne d'environ 18% que ce soit en séchant à température ambiante ou au congélateur. En ce qui concerne les caroténoïdes, le séchage est responsable d'une perte de 13,3% de la teneur en caroténoïdes totaux et de 15,6% de la teneur en β -carotènes. La différence entre le séchage et la congélation ne montre pas de différence significative.

Après 6 à 12 mois de stockage, les échantillons stockés à température ambiante sont victimes d'une perte de 50% en vitamine C. Cependant, après la perte initiale de vitamine C on constate qu'elle reste stable lors du processus de stockage. A la différence des extraits secs, une conservation au congélateur provoque une perte de vitamine C de l'ordre de 22% en 6 mois et 26% en 12 mois. En ce qui concerne la

vitamine E, la différence entre le stockage à température ambiante et au congélateur est moins significative : 13 % après 12 mois au congélateur et 15% à température ambiante protégé de la lumière. Les β -carotènes subissent une perte de 39 à 91% après 6 mois de stockage à température ambiante tandis qu'on observe une perte de 11 à 12% lorsque le pollen est conservé au congélateur.

Cette étude démontre que le stockage du pollen au congélateur est la condition la plus efficace pour conserver les vitamines à l'exception de la vitamine C. [SciELO, 2016]. La méthode de stockage est donc un gros facteur de variation compositionnelle. Il faudra en tenir compte lors de la vente de pollen à usage thérapeutique.

II. Santé humaine

A. Les propriétés du pollen

1. Antioxydant

L'activité antioxydante du pollen n'est plus à prouver et réside en son pouvoir de piègeur de radicaux libres et l'inhibition de la peroxydation lipidique. [Fatrcova-šramkova et al., 2013]

Cette activité antioxydante a un rôle majeur pour la santé des cellules. En effet, le stress oxydant, un excès d'Espèces Réactives de l'Oxygène (ERO) ou radicaux libres, est un type d'agression cellulaire. La production de ces ERO est physiologique mais peut devenir pathologique dès que le système de protection devient submergé : On parle de la "balance du stress oxydant". (Figure 15). C'est le cas lorsque l'on introduit en quantités massives des radicaux libres dans les cellules via des polluants (tabac, alcool, pollution). Les EROs comme l'hydroxyle, peroxy, anion superoxyde ou les espèces réactives de l'azote telles que l'oxyde nitrique génèrent chez l'homme et l'animal des réactions métaboliques. Lorsque leur production excessive surpasse les capacités anti oxydantes physiologiques, les protéines, lipides et ADN sont la cible des attaques des radicaux libres et provoquent des dommages et dysfonctions enzymatiques des membranes cellulaires et du matériel génétique.

C'est alors qu'ils favorisent des maladies chroniques telles que cancer, maladies cardio-vasculaires, diabète, insuffisance rénale, maladies neurodégénératives telles que la maladie d'Alzheimer..

Physiologiquement, nous disposons d'enzymes qui nécessitent une activation préalable par des oligoéléments également présents dans le pollen : Par exemple le Cuivre, Zinc, Manganèse pour activer la superoxyde dismutase, du fer pour la catalase et le sélénium pour la glutathion peroxydase. C'est le système antioxydant endogène.

Le système antioxydant exogène est composé d'antioxydants provenant de l'alimentation : vitamines C et E et caroténoïdes, polyphénols. Autant de constituants que l'on retrouve dans le pollen et qui expliquent son activité. Les flavonoïdes (faiblement absorbés), après leur absorption dans le sang, sont rapidement métabolisés dans les intestins et le foie ce qui leur procurent leur pouvoir antioxydant ou prévenant la toxicité des radicaux libres, à l'origine de nombreuses pathologies. [Saric et al., 2009]

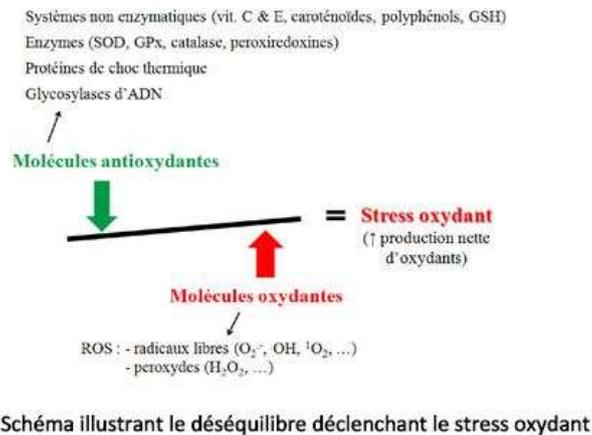


Figure 12 : Balance du stress oxydant [Revue de santé, 2017]

Il a également été démontré dans de nombreuses études que le pouvoir antioxydant du Pollen était en grande partie dû à la présence de composés phénoliques. Ces composés présents en quantité variable d'une espèce à une autre, le pouvoir antioxydant est espèce-dépendant. [Saric et al., 2009]

Ce pouvoir piègeur des radicaux libres diminue avec le séchage du pollen et peut perdre jusqu'à 50% de son pouvoir antioxydant d'où l'intérêt de stocker le pollen frais congelé. [Bee hexagon, 2016]

D'après une étude de Di Paola-Naranjo et al. en 2004, le pollen d' *Echium plantagineum* serait composé d'anthocyanines. En dehors de leur rôle physiologique dans les plantes, les anthocyanines sont considérées comme des éléments importants en santé humaine. De nombreuses études signalent une forte corrélation entre la pigmentation des fruits due à la grande quantité d'anthocyanines et leur capacité antioxydante. Il a d'ailleurs été démontré qu'elles sont absorbées intactes dans l'estomac et qu'une fois parvenue sur des sites ayant une forte activité métabolique, peuvent posséder une activité antinéoplasique, anticarcinogénique, anti-athérogène, antivirale, anti-inflammatoire, protection de la flore intestinale.. basées sur leur propriétés antioxydantes. [Stintzing et Carle, 2004]

Patrice Percie du sert et son équipe ont évalué la capacité antioxydante de 5 de leurs pollens frais monofloraux à travers le test ORAC (Oxygen radical absorbance capacity) (Figure 13). Ils ont également évalué 7 fruits et légumes courants de notre alimentation. Il en ressort que le pouvoir antioxydant des différents pollens frais quel qu'ils soient et est nettement supérieur aux fruits et légumes : " 15 ou 20 grammes de

pollen le matin sont l'équivalent de 900 grammes de brocolis" par exemple. [Percie du Sert, 2009]

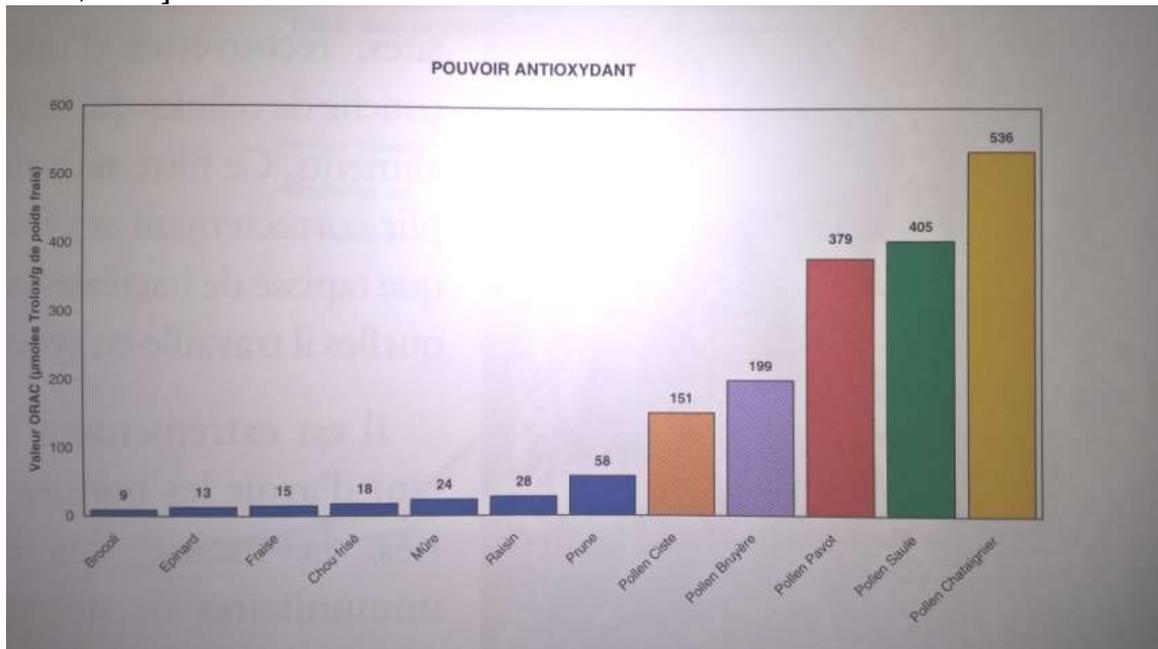


Figure 13 : Comparaison de la valeur antioxydante (Test ORAC) de portions de 100g de certains fruits ou légumes versus 12g de certains pollens frais monofloraux [Percie du Sert, 2009]

Ce pouvoir antioxydant, comme nous le verrons par la suite, est à la base des nombreuses vertus que l'on attribue au pollen.

2. Anti- angiogénique

Le facteur de croissance de l'endothélium vasculaire VEGF est une clef dans la régulation de l'angiogénèse dans des maladies telles que le cancer ou les rétinopathies diabétiques. En effet, son rôle étant de promouvoir l'angiogénèse, nécessaire à la croissance tissulaire, il est également à l'origine de la propagation des cellules cancéreuses (Figure 14) . En cancérologie, on utilise aujourd'hui des inhibiteurs de VEGF, anticorps monoclonaux anti-VEGF, pour soigner les cancers. [Carmeliet , 2005]

Le pollen pourrait également avoir un intérêt dans ces pathologies. Une étude a été réalisée sur les effets anti-angiogéniques du pollen polyfloral frais congelé sur des cellules de veines endothéliales ombilicales humaines. Il s'avère qu'à une concentration de 300 µg/mL, le pollen inhibe significativement la prolifération des tubes endothéliaux induits par VEGF. Il en est ressorti que le pollen supprime uniquement la prolifération des tubes endothéliaux à la différence de la gelée royale qui est capable d'inhiber l'induction par VEGF.

Le pollen a donc une action angiostatique, il pourrait constituer un agent thérapeutique intéressant dans le traitement et la prévention des maladies pro-angiogéniques. [Izuta et al. , 2009]

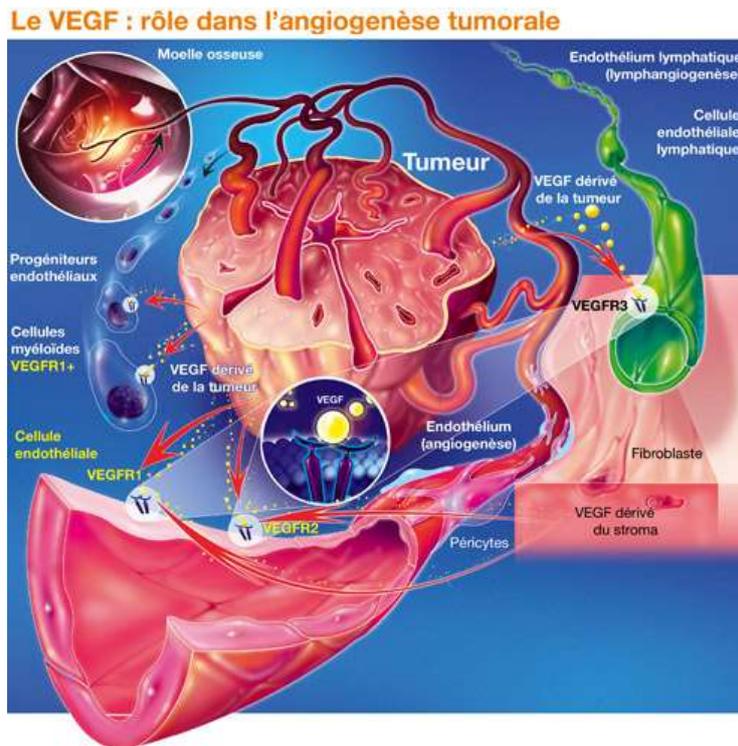


Figure 14 : Rôle du VEGF dans l'angiogénèse tumorale [Illustrations médicales, 2017]

3. Organo-protecteur et anti carcinogénique

Le pollen, d'après plusieurs études, serait doté d'un pouvoir organo-protecteur en lien direct avec ses propriétés anti-oxydantes.

A titre d'exemple, une étude a porté sur les effets hépato protecteurs du pollen de châtaignier contre le tétrachlorure de carbone (CCl₄) fortement hépatotoxique. Afin de déterminer la capacité antioxydante de ce pollen, l'équipe a mesuré la teneur totale en composés phénoliques, en flavonoïdes, et la réduction ferrique. Deux concentrations différentes de pollen (200 et 400 mg / kg / jour) ont été administrés par voie orale à des rats et un groupe a reçu 50 mg/kg/j de silibinine, un protecteur hépatique, pendant sept jours. Tous les rats avaient reçu au préalable du CCl₄. L'effet protecteur du pollen d'abeille a été contrôlé par l'activité des enzymes aspartate transaminase (AST) et alanine transaminase (ALT), l'imagerie hépatique, et les paramètres antioxydants dans le sang et le foie des rats. Les résultats ont été comparés avec les groupes traités à ma silibinine et non traités. Cette étude a mis en évidence la toxicité hépatique du CCl₄ causant une perte de poids importante et des mortalités dues à des diarrhées sévères. Les résultats ont démontré que le pollen de châtaignier protège les hépatocytes du stress oxydatif et favorise la cicatrisation de la lésion hépatique induite par la toxicité CCl₄. Ces résultats suggèrent que le pollen de châtaignier peut être utilisé comme une alternative sûre à la silibinine dans le traitement des lésions du foie. [Bee-hexagon, 2011 ; Yildiz et al., 2013]

Il en est de même avec le Carbaryl qui est un pesticide utilisé en agriculture et dont l'effet toxique principal est caractérisé par l'inhibition de la cholinestérase. Une équipe a étudié les paramètres biochimiques, les tissus et le sang d'un groupe de rats auxquels ils ont administré du carbaryl pendant 21 jours. Il a été observé que le carbaryl génère des radicaux libres qui induisent d'importants dommages oxydatifs aux tissus et organes étudiés et que plus les doses de pollen sont élevées plus on observe une protection contre les effets néfastes du carbaryl sur ces organes. Les résultats suggèrent que le pollen apicole a une importante activité piègeur de radicaux libres et de ce fait peut être utilisé comme complément alimentaire contre les effets néfastes d'une exposition au carbaryl comme protecteur organique et probablement protecteur contre d'autres pesticides. [Eraslan et al., 2009]

Une autre étude a finalement montré qu'un régime riche en pollen de *Cystus incanus* L. protégeait l'organisme, en particulier le foie, des radicaux libres. L'étude de l'expression de 96 gènes indicateurs de stress et de toxicité du foie montre statistiquement une baisse de l'expression de ces gènes qui sont impliqués directement dans la régulation des voies de signalisation en réaction au stress ou à l'apoptose. Le même traitement dans le cerveau a significativement régulé à la baisse l'expression de certains gènes (gène de la caspase 1 et Ccl21c) importants dans les voies de l'apoptose et de la chimiotaxie. Ainsi une cure de pollen à une dose de 100mg/kg/j diminuerait le processus de peroxydation lipidique (LPO) à travers une réduction de TBARS dans le foie (substances réagissant avec l'acide thio-barbiturique et marqueur de l'oxydation des lipides) et une augmentation de l'activité CAT (catalase) dans le foie sans effet sur le cerveau. [Saric et al., 2009]

Une étude a également démontré que des souris nourries avec du pollen exprimaient moins de facteurs tumoraux et protéines nécrosantes dans le foie en comparaison aux souris ayant un régime normal. On doit l'effet anti carcinogénique aux composés phénoliques présents dans le pollen. En effet, leur propriété anti-oxydante donne au pollen des propriétés cytotoxiques contre de nombreuses tumeurs. En guise d'exemple, des études sur le pollen de *Brassica campestris* on été menées afin d'observer la viabilité de cellules prostatiques cancéreuses humaines. On a alors observé une augmentation significative de l'enzyme caspase3 et une diminution de l'expression de la protéine anti-apoptotique BCL-2 indispensable à l'apoptose des cellules tumorales. [Morais et al., 2011]

De plus, une activité anti-oestrogénique du pollen de *Cistus incanus* et de *Salix alba* a été mise en évidence. [Saric et al., 2009]. Tout ceci indique que le pollen peut être utilisé en vue de protéger les organes et diminuer les risques de maladies et cancers hormono-dépendants tels que le cancer des poumons, de l'utérus et de la prostate. [Morais et al., 2011]

4. Anti-inflammatoire

En plus de leurs propriétés anti-oxydantes, les flavonoïdes et les caroténoïdes confèrent au pollen, une activité anti-inflammatoire notable. Certains de ces flavonoïdes ont été identifiés tels que la quercétine-7-rhamnoside, l'isorhamnetine, le kaempferol et la quercétine. Il a été démontré que leur activité anti-inflammatoire était due à la modulation de l'expression des gènes pro-inflammatoires comme COX2, i-NOS et les cytokines. (Figure 15)

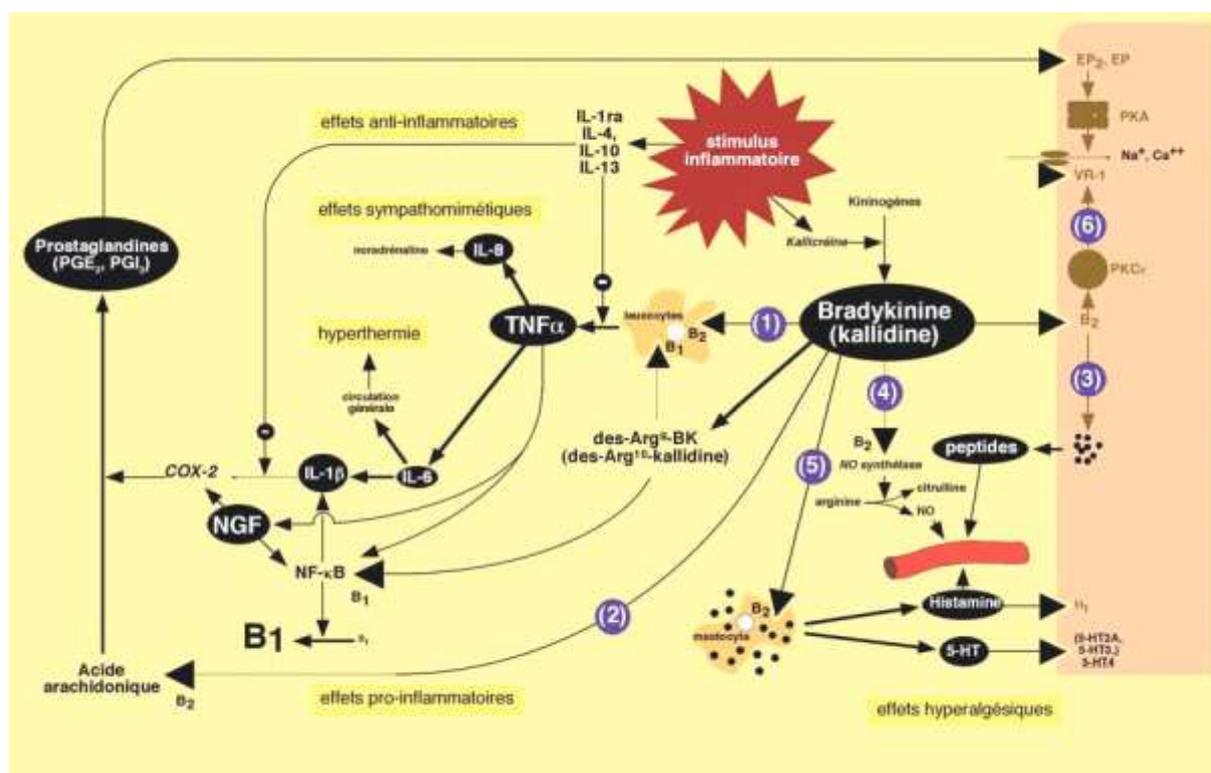


Figure 15 : Cascade de l'inflammation [Assistance taysir, 2017]

Pour illustrer ceci, la carragénine a été utilisée au cours d'une étude comme inducteur de la réponse inflammatoire chez des rats. Certains rats sont supplémentés en pollen de Ciste. Après l'injection de carragénine, on observe naturellement une augmentation de l'œdème de la patte. Le pollen à des doses de 300 et 30 mg/kg diminuent l'œdème de 59% et de 30.5% respectivement, ce qui démontre un effet dose dépendant. Cette diminution de l'inflammation est due à l'inhibition des COX1 et 2 impliquées dans l'inflammation avec un effet concentration-dépendant. Or la production de PGE2 et PGI2, médiateurs de l'inflammation, est facilité par COX2. (cf Figure 15). L'extrait alcoolique de pollen inhibe également de manière concentration dépendante la production de NO également médiateur de l'inflammation. [Maruyama et al., 2010 ; Bee-hexagon, 2011]

Les caroténoïdes, en particulier le β-carotène, sont également en grande partie responsables des effets anti-inflammatoires du pollen. Ils sont d'ailleurs utilisés de

manière courante contre les inflammations chroniques de l'intestin. Dans ces indications, ce sont les Pollens de Ciste et de Saule que l'on préférera du fait de leur plus forte concentration en caroténoïdes. En effet, l'épithélium de la muqueuse intestinale est protégée par la vitamine A et par les caroténoïdes provitamines A. On observe notamment dans la maladie de Crohn, une carence en vitamine A.

Ces effets anti-inflammatoires ont été confirmés lors de tests cliniques dans le cas d'hypertrophie bénigne de la prostate. Ils consistaient en une supplémentation en pollen polyfloral pendant 12 semaines contre un placebo. Les symptômes dus à l'inflammation de la prostate ont significativement régressé chez le groupe ayant reçu du pollen. [Rzepecka-Stojko et al., 2015]

5. Antimicrobien et antifongique

Différents flavonoïdes provenant de pollen de *Ranunculus sardous* (Herbe de Sardaigne) et *Ulex europaeus* (Ajonc d'Europe) ont montré une activité antibactérienne envers *Pseudomonas aeruginosa*. Cependant, le pollen d'*Eucalyptus globulus*, pourtant riche en dérivés de la quercétine, ne montre aucune activité antibactérienne. [Tichy et Novak, 2000]

Une autre étude a montré que des composés hydrophobes de pollen avaient une activité antibactérienne contre *Viridans streptococci*.

Le pain d'abeille a quant à lui une activité contre *Staphylococcus aureus* et *S.epidermidis*. [Bee-hexagon, 2011]

L'activité antibactérienne des pollens de colza, pavot et tournesol a été étudiée via leurs extraits aqueux et alcooliques. Ils ont montré une activité antibactérienne contre différents gram positifs et négatifs pathogènes : *Listeria monocytogenes* (LM), *Pseudomonas aeruginosa* (PA), *Staphylococcus aureus* (SA), *Salmonella enterica* (SE), *Escherichia coli* (EC). On note que le pollen de pavot a une action plus privilégiée sur SA que sur LM, SE et EC. L'extrait alcoolique de pollen de colza a une excellente action inhibitrice sur PA et LM. Le pollen de tournesol possède quant à lui une meilleure action antibactérienne sur LM que sur les autres souches mais les résultats sont moins convaincants que les pollens de colza et pavot. [Fatrcova-Sramkova et al., 2013]

L'étude de plusieurs pollens d'origine portugaise a également démontré une nette activité antimicrobienne et antifongique de la part de tous les extraits. Il est apparu que la croissance fongique était influencée par le type de pollen utilisé et que l'un des extraits (provenant du parc national de Montesinho) possédait une action plus faible que la gentamycine et le fluconazole. D'autre part, les bactéries gram positives se sont montrées plus sensibles au pollen que les grams négatifs qui demeurent plus résistantes de par leur structure chimique plus complexe. [Morais et al., 2011]

Certains lactobacilles possédant une activité antagoniste des bactéries pathogènes et des champignons ont été identifiées dans du pollen frais : *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus fermentum*, *Lactococcus lactis*, *Pediococcus acidilactici*, *Pediococcus pentosaceus*. Il faut garder à l'esprit que ces lactobacilles ne sont pas naturellement présentes dans le pollen mais le résultat du travail de l'abeille qui les apporte via leur salive. D'où l'intérêt du pollen pour restaurer la flore intestinale comme nous le verront dans la partie dédiée. [Belhadj et al., 2014]

6. Anti-mutagénique

Pour illustrer cette propriété surprenante et extrêmement intéressante du Pollen, une étude égyptienne a analysé l'effet d'extraits aqueux de pollen sur des organes de souris sous cisplatine. L'effet toxique du cisplatine sur le foie, les reins et les testicules de ces souris est observé histologiquement. La génotoxicité et la cytotoxicité ont été étudiées en observant des aberrations chromosomiques et l'index mitotique de la moelle. Le stress oxydant a quant à lui été étudié en déterminant la peroxydation lipidique, l'activité de la catalase et la diminution de la concentration du glutathion.

Après 21 jours d'administration de cisplatine, on a noté des perturbations dans la structure du foie. Toutefois, les rats ayant reçu de manière concomitante du cisplatine et du pollen ne présentent pas d'anomalies structurelles de leur foie après 21 jours. L'administration de pollen et de propolis après l'administration de cisplatine améliore les lésions histopathologiques du foie.

Les aberrations chromosomiques sont retrouvées en quantités beaucoup plus importantes chez le groupe traité au cisplatine (en grande majorité due à des ruptures de chromatides) par rapport au groupe ayant reçu du pollen. L'index mitotique est significativement plus faible dans ce dernier groupe ce qui indique l'effet anticytotoxique du pollen.

Par cette étude, on en a conclut que les nombreux polyphénols présents dans le pollen, outre leur puissante activité antioxydante, possédaient également une activité anti-carcinogénique ou anti-mutagénique illustrée ici par leur capacité à enrayer les dommages causés par la cisplatine sur la moelle osseuse, le foie, les reins et les testicules de ces rats. Cette action semble être dépendante de l'activité antioxydante par l'atténuation de la peroxydation lipidique et l'augmentation de l'activité anti-oxydante de la catalase et du glutathion par augmentation de leurs concentrations. [Tohamy et al., 2014]

7. Anti-ostéoporose

Le pollen peut être utile pour lutter contre l'ostéoporose. En effet plusieurs études ont démontré son action stimulatrice d'anabolisme osseux. [Hamamoto et al. 2010]

Il a été démontré *in vitro* que lorsque des tissus osseux sont mis en culture pendant 48h dans un milieu contenant du pollen (pollen de *Cistus ladaniferus*), la teneur en calcium des tissus de diaphyse et métaphyse fémorale augmentent significativement. Ces résultats sont renforcés par une étude *in vivo* qui consistait à supplémenter les rats en extraits aqueux de pollen à plusieurs concentrations pendant 7 jours. La concentration en calcium était une fois de plus significativement augmentée dans le fémur de ces rats. [Masayoschi Yamaguchi, 2006]

De plus, la mise en culture de phosphatase alcaline, marqueur de l'activité ostéoblastique, avec l'extrait de pollen cause une nette augmentation de son activité. Cependant, cet effet est totalement inhibé par l'ajout de cycloheximide, inhibiteur de la synthèse protéique. On en a alors déduit que cette augmentation de l'activité était due à la synthèse de nouvelles protéines. En conclusion de cette étude, le pollen est reconnu comme ayant un effet anabolique sur l'os.

8. Probiotique

C'est au début du vingtième siècle qu'on attribue aux produits fermentés un rôle dans la protection intestinale. A cette époque, le yaourt, particulièrement riche en ferments lactiques, était vendu exclusivement en Pharmacie.

Henry Tissier, pédiatre Français, constate à cette même époque, des différences dans la composition des flores intestinales d'enfants souffrant de diarrhées et d'enfants en bonne santé. C'est en 1965 que le terme "probiotique" voit le jour et désigne les "substances produites par des micro-organismes qui favorisent la croissance d'autres micro-organismes".

En Pharmacie, les probiotiques sont des "micro-organismes vivants, qui lorsqu'ils sont consommés en quantités suffisantes, améliorent la santé de l'hôte en ayant une action équilibrante sur la flore intestinale", comme les définissent le comité d'expert de la FAO /OMS en 2001.

Chaque Homme héberge dans son tube digestif cent mille milliards de micro-organismes, c'est ce que l'on appelle le microbiote intestinal, ou plus anciennement appelé flore intestinale. C'est au niveau du colon que leur concentration est maximale, et c'est aussi à ce niveau que l'on retrouve les pathologies lors de déséquilibre de la flore. La concentration peut atteindre jusqu'à cent milliards par gramme [Microbiote intestinal, 2015].

On observe trois types de microbiotes :

- Le microbiote dominant, composé en majorité de *Clostridium*, *Eubacterium*, *Faecalibacterium*, *Bacteroides* et *Bifidobacterium*.
- Le microbiote sous-dominant composé de *Streptococcus*, *Escherichia coli* ou encore *Enterobacteriaceae*.
- Le Microbiote de passage, celui qui nous intéresse ici, composé principalement de levures et de bactéries lactiques.

Un déséquilibre du microbiote, ou dysbiose, peut être dû à une infection, un changement d'environnement ou d'alimentation trop brutal, un déficit immunitaire ou encore certains médicaments tel que les antibiotiques.

En effet, il est tout à fait courant d'entendre des patients se plaindre au comptoir de diarrhées suite à la prise d'antibiotiques. Ceux ci détruisent les bactéries sensibles du microbiote dominant et rompent l'effet barrière qui protégeait la paroi intestinale de l'invasion de germes pathogènes (*Clostridium difficile* dans la plupart des cas libérant des toxines qui altèrent l'épithélium intestinal provoquant ainsi des diarrhées post-antibiothérapie). Dans un même temps, la diminution de la concentration en bactéries anaérobies réduit la fermentation et augmente alors la persistance de molécules glucidiques non digérées dans le colon, responsables de diarrhées.

Les probiotiques ont également un rôle à jouer dans le Syndrome du Colon Irritable (SCI) affectant 10 à 15% de la population et se traduisant par des ballonnements, des douleurs abdominales et des troubles du transit. La diminution des bactéries dominantes et l'augmentation des bactéries occasionnelles sont à l'origine du syndrome de colon irritable à diarrhée prédominante.

Dans le cas des Maladies Inflammatoires Chroniques de l'Intestin (MICI), la dysbiose est due à une réponse immunitaire inadaptée envers les bactéries habituelles. Une délétion plus particulièrement de *Faecalibacterium prausnitzii*, bactérie ayant un rôle anti-inflammatoire, serait alors en partie responsable de l'inflammation de la muqueuse intestinale.

Le pollen frais, riche en ferments lactiques, serait indiqué dans ces dysbioses à l'instar des probiotiques habituellement trouvés en Pharmacie (probiolog, biogaia, ultra levure,...), d'une part afin d'aider à la reconstruction du microbiote dans certaines pathologies, d'autre part pour prévenir les effets d'une antibiothérapie par exemple.

Patrice Percie du Sert, insiste cependant sur le fait que seul le pollen frais congelé présente des actifs intacts, ainsi la microflore reste vivante et en pleine phase de multiplication. C'est ceci qui lui confère une action probiotique et dynamisante de la muqueuse intestinale. Il a d'ailleurs réalisé une expérience consistant à mettre en culture des bactéries pathogènes de la flore intestinale humaine en contact avec du pollen sec d'une part et du pollen frais congelé d'autre part. Il en est ressorti que

Proteus vulgaris pousse sans aucun problème dans un milieu riche en pollen sec mais ne se développe pas dans un milieu riche en pollen frais congelé. Il en a alors déduit que les ferments lactiques naturellement présents dans le pollen frais uniquement, apportent une protection de la flore intestinale contre des pathogènes. [Percie du Sert, 2009]

En 2005, une équipe de chercheurs a découvert une bactérie d'acide lactique présente dans le microbiote de l'estomac à miel d'*Apis mellifera*. Cet estomac est utilisé pour collecter le nectar et le transporter jusqu'à la ruche. Ce microbiote, composé de *Lactobacillus* et de *Bifidobacterium* joue un rôle majeur dans la production du miel et du pain d'abeille. Des études ont montré que ce microbiote avait une haute action protectrice contre les germes pathogènes de l'abeille et les bactéries naturellement présentes dans le nectar.

En ce qui concerne le pain d'abeille, les abeilles le fabriquent en se servant du pollen qu'elles récoltent. Ce pain se compose alors de pollen lacto-fermenté qui se place à la base de l'alimentation des abeilles quelque soit leur stade de maturité, de miel et de ferments lactiques sécrétés par l'abeille elle même provenant de l'estomac à miel. Outre l'effet bénéfique protecteur apporté aux abeilles, il est évident que ce microbiote s'il est parfaitement conservé par la congélation, est également bénéfique en santé humaine comme probiotique. [Olofsson et al., 2014]

9. Immunomodulateur

L'activité immunostimulatrice du pollen est due à plusieurs facteurs. Tout d'abord il a été démontré que les fractions polysaccharidiques provenant de pollen sont capables de stimuler l'activité immunologique en augmentant l'activité des macrophages. [Morais et al., 2011]

Son rôle immunostimulant est une activité découlant de ses propriétés probiotiques. En effet, la majorité des cellules immunitaires se trouvant au niveau des intestins, en entretenant la flore intestinale il améliore l'immunité.

Ses propriétés immunomodulatrices ne s'arrêtent pas là. Contrairement à ce que l'on pourrait penser, le pollen possède une activité antiallergique. Il est important de rappeler qu'il y a une différence entre le pollen de l'air et celui rapporté à la ruche par les abeilles. En effet les pollens anémophiles, transportés par le vent, sont allergisants. Les pollens entomophiles quant à eux sont récoltés et transformés par l'abeille et ne possèdent pas de pouvoir allergisant. Ils sont le résultat de l'évolution : les plantes ont développé des pollens attractifs pour attirer les insectes pollinisateurs. Ces pollens sont alimentaires et présentent peu de risques pour une personne pourtant allergique au pollen anémophile. [Percie du Sert, 2009]

Pour étudier l'effet antiallergique du pollen, une équipe a examiné dans un premier temps les effets du pollen administré par voie orale sur une réaction anaphylactique cutanée. L'administration orale de pollen avant la sensibilisation

inhibe significativement l'extravasation (cette extravasation est marquée par un colorant dans les tissus).

Le pollen aurait en fait une action inhibitrice sur la dégranulation des mastocytes freinant ainsi la réaction immunitaire. En effet, pour élucider le mécanisme d'inhibition de l'activation des mastocytes cutanés IgE dépendants, cette équipe a examiné l'effet direct du pollen sur les mastocytes cultivés *in vitro*. Après la liaison de l'IgE à l'antigène, il en résulte la dégranulation des mastocytes. En ajoutant à concentration variable du pollen aux mastocytes activés par les IgE, il en résulte une inhibition significative (à partir de 1µg/mL) de la dégranulation. De plus, la production de cytokine TNF-α après stimulation des IgE-anti-IgE est réduite par l'incubation avec du pollen, même à faible concentration.

Ces résultats prouvent que le pollen est capable, *in vitro*, d'inhiber la réaction immunitaire. Il paraît donc fort probable qu'*in vivo*, son rôle anti-allergique ne soit pas négligeable et rend crédible l'utilisation du pollen comme complément alimentaire pour supprimer les symptômes de maladies inflammatoires ou allergiques chroniques. [Medeiros et al., 2008]

La question est : d'où vient ce pouvoir inhibiteur de dégranulation mastocytaire du pollen ?

Une étude a analysé l'effet anti-allergique de pollen polyfloral *in vivo* par la mesure de l'activation des mastocytes cutanés en utilisant une réaction d'anaphylaxie cutanée passive. L'administration orale quotidienne de pollen à des souris, dépendante de la dose a réduit l'activation des mastocytes cutanés par l'IgE et suscité des antigènes spécifiques.

L'administration de pollen a également réduit la concentration plasmatique de malondialdéhyde (MDA), un indicateur de la peroxydation lipidique. L'analyse par CLHP d'isoflavones dans le pollen a révélé la présence de génistéine. Cependant, l'administration de la génistéine seule à la concentration trouvée dans ce pollen n'a pas montré un tel effet inhibiteur. Ceci suggère qu'un composant autre que la génistéine serait responsable de l'effet inhibiteur du pollen sur la dégranulation des mastocytes. Ces résultats montrent que les composants liposolubles du pollen exercent une action anti-allergique en inhibant l'activation des mastocytes cutanés. [Yasuko Ishikawa et al., 2009]

Une étude visant à évaluer les propriétés allergiques du pollen a finalement déterminé que les flavonoïdes comme myricétine, kaempferol, quercétine, et luteoline inhibent l'histamine, les leucotriènes, les prostaglandines et certains autres facteurs stimulant les granulocytes et les macrophages et seraient donc à l'origine de cette activité immunomodulatrice. [Ishikawa et al., 2008]

10. Anti-âge

La composition en coenzyme Q10 (coQ10) confèrerait au pollen des propriétés anti-âge. Cette enzyme, appelée également ubiquinone, est présente essentiellement dans les mitochondries et participe à la chaîne respiratoire. D'après certaines études, elle possèderait un rôle antioxydant et protégerait du vieillissement cellulaire. Cette action suppressive du stress oxydant contribuerait à la prévention des réactions inflammatoires liées à l'âge. Par extrapolation, sa présence dans le pollen procurerait une action anti-âge sur les cellules. [T. Yoneda et al., 2013]

Lors d'une étude, 20 échantillons de pollen provenant directement d'apiculteurs ou de supermarchés ont été analysés par CLHP afin de déterminer leur composition en coQ10. Une grande variation de teneur en coQ10 a été observée parmi les échantillons, allant de non détectable à 192,8 mg/kg. Cette teneur était plus élevée dans les échantillons frais et il s'est avéré que le pollen d'abricot en contenait d'avantage que le pollen de thé, de colza et de toutes fleurs. [Xue et al., 2011]

Une cure de pollen est d'ailleurs capable d'inhiber considérablement la synthèse de lipofuscine dans les organes de sujets âgés. En effet, ce pigment cellulaire apparaissant chez les sujets âgés et provenant du vieillissement des lysosomes est à l'origine de l'apparition de taches brunes, autrement appelées taches de vieillesse. Il a été démontré que l'administration de pollen par voie orale à raison de 10g/kg/j chez des souris âgées réduit considérablement les lipofuscines dans le muscle cardiaque, le foie, le cerveau et également dans les cellules des glandes surrénales. Ces effets peuvent être mis en relation directe avec les effets anti-âge du pollen. [Liu et Li, 1990]

De nombreux compléments alimentaires vendus en pharmacie se disent dotés des vertus anti-âge et ce, grâce à leur composition très riche en anti-oxydant. Les actifs anti-âges le plus souvent retrouvés dans les compléments alimentaires sont ceux ci :

- coQ10
- vitamine A
- Vitamine C
- Vitamine E

Autant de principes actifs qui, comme nous l'avons démontré précédemment, sont présents dans le pollen, à taux variables en fonction de l'espèce florale. Nous détaillerons plus loin l'intérêt de chaque pollen en fonction de sa composition.

11. Anti-asthénique, fortifiant

La déficience en fer est le second problème majeur de santé publique et la principale cause d'anémie : entre 15 et 20% de la population mondiale avec un pic d'incidence dans les pays pauvres. Au vu de sa composition nutritionnelle, certains produits naturels tels que le pollen en tant complément alimentaire peuvent constituer une source intéressante de fer pour lutter contre cette anémie ferriprive

[Campos et al., 2000]. Ainsi, une étude s'est intéressée à l'utilisation digestive du fer chez des rats en croissance soumis soit à une alimentation équilibrée, soit à une alimentation équilibrée mais dépourvue en fer et supplémentée ou non en pollen. Les rats dépourvus de fer développent une anémie ferriprive. L'ajout de pollen à leur alimentation corrige l'anémie, augmente la régénération de l'hémoglobine et du nombre d'érythrocytes prouvant une meilleure utilisation digestive du fer. Au cours de cette étude, on a observé une augmentation du coefficient de digestibilité du fer du pollen. Le fer est alors disponible en plus grande quantité dans l'organisme. Une des explications plausibles à cette assimilation de fer est que le fer se lie aux mucines contenues dans le pollen. Ces mucines rendraient le fer soluble et favorable à l'absorption. D'autres composants du pollen favoriseraient également l'absorption du fer tels que les acides aminés, en particulier l'histidine, mais également le fructose, la vitamine C et les flavonoïdes.

Il faut savoir que la concentration en plaquettes constitue un paramètre hématique qui reflète le niveau de fer dans l'organisme. Chez les rats anémiés, la concentration en plaquette est par conséquent élevée, cependant, l'addition de pollen au régime standard marque une diminution des plaquettes d'environ 19%. Voici un nouvel argument en faveur de l'amélioration de la récupération du métabolisme ferrique lors de l'ajout de pollen. [Haro et al., 2000]

Dans cette étude, l'apport de pollen dans la ration a également eu un impact positif sur la digestibilité du calcium, du phosphore et du magnésium, contribuant à maintenir à un niveau approprié le besoin en ces différents minéraux. L'augmentation de l'absorption du magnésium en présence de pollen peut s'expliquer par le fait que celui-ci améliore la production érythrocytaire, il s'en suit une augmentation d'O₂ et ATP augmentant l'efficacité des récepteurs au magnésium. L'augmentation de l'absorption de Calcium est reflétée par l'augmentation de la concentration en calcium dans le foie et dans le fémur. La meilleure digestibilité du calcium et du phosphore en présence de pollen est probablement due à la présence des acides aminés libres et des protéines. En effet la lysine, l'aspartate, le glutamate et l'ornithine sont connus pour favoriser l'absorption du Ca. La qualité des protéines est également un facteur favorisant. [Haro et al., 2000]

Toujours dans cette étude, l'addition de pollen a également eu un effet bénéfique sur le gain de poids des animaux qui avaient un retard de croissance en absence de fer dans le régime. Une autre étude s'est intéressée à l'effet d'un apport de pollen frais sur le métabolisme protéique musculaire dans un modèle animal sarcopénique de dénutrition. Cette étude a clairement démontré que l'administration d'un mélange spécifique de plusieurs pollens frais monofloraux breveté à de vieux rats dénutris exerçait des activités biologiques très bénéfiques pour la récupération musculaire et le métabolisme énergétique. L'effet anabolisant et l'activité métabolique du pollen suggère qu'il pourrait être utile en tant que complémentation en prévention ou dans le cadre de la récupération musculaire chez les patients dénutris. [Salles et al., 2014]

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

Le pollen apicole peut être considéré comme une potentielle source d'énergie et de nutriments pour la consommation humaine. Aux Etats-Unis, le pollen est défini par le DSHEA comme un complément alimentaire à part entière pouvant être utilisé pour combler une alimentation carencée.

12. Anti-athérogène et protecteur cardiovasculaire

Le mal du siècle est le syndrome métabolique qui est devenu ces dernières années un problème de santé publique majeur. Il se traduit par une obésité abdominale associée à l'un des facteurs suivants : taux élevé de triglycérides, taux trop faible de HDL, hypertension et hyperglycémie. Ce syndrome métabolique est la plupart du temps associé à une alimentation trop riche et une sédentarité. Les personnes atteintes de syndromes métaboliques sont exposées à un risque trois fois plus élevé de subir une crise cardiaque ou un accident vasculaire cérébral. [International diabetes federation, 2015]

Le pollen est capable à lui seul de diminuer le cholestérol notamment grâce à sa richesse en phytostérols. Les phytostérols appartiennent à la famille chimique des stérols et englobent les stanols. En raison de leur structure chimique proche de celle du cholestérol, les phytostérols entraveraient partiellement son absorption en occupant ses sites d'absorption dans l'intestin.

Chez des patients en hypercholestérolémie et ayant un régime à base de pollen, on observe une diminution du cholestérol total de l'ordre de 18,3% et particulièrement une baisse de LDL cholestérol de 23.9%. On observe également une perte de poids lors de ce régime. [Kas'ianenko et al., 2011]

Le syndrome métabolique touche également les femmes ménopausées : obésité abdominale et augmentation du cholestérol total. Là aussi, une étude a démontré les effets bénéfiques du pollen sur l'hypercholestérolémie et l'hypertriglycéridémie. Cinquante cinq femmes ménopausées souffrant des symptômes classiques de la ménopause ont été supplémentées en Melbrosia® composé de pollen multifleur et de gelée royale, pendant 3 mois. Ce traitement a provoqué une diminution significative de TG et de LDL cholestérol et une augmentation des taux de HDL cholestérol. Le mécanisme d'action reste cependant incertain et le rôle du pollen face à la gelée royale reste encore à démontrer. [Georgiev et al., 2004]

D'après Liusov et al. en 1992, un régime alimentaire à base de pollen permettrait donc de lutter contre les risques cardiovasculaires en normalisant le cholestérol et les triglycérides. En effet, le pollen étant un aliment hypercalorique et hyperprotéiné, son effet satiétogène est capable de lutter contre l'obésité, principal marqueur de risque cardiovasculaire.

13. Antidépresseur

Pour mieux comprendre l'effet que joue le pollen sur la dépression, voyons le mécanisme de cette pathologie.

La dépression est une maladie répondant à des critères précis. Parmi les neuf symptômes suivants, le patient doit en présenter au moins cinq tous les jours depuis deux semaines au moins :

- Tristesse quasi permanente
- Perte d'intérêt pour toute activité, absence de plaisir
- Dévalorisation et culpabilité
- Idées morbides
- Ralentissement psychomoteur
- Asthénie
- Perte d'appétit
- Troubles du sommeil
- Troubles de la concentration

Lors de la dépression, on observe une augmentation des facteurs de l'inflammation (cytokines pro-inflammatoires telles qu'IL-6 et TNF- α et Protéine-C-Réactive PCR). Il a été démontré que le taux de monoamine oxydase dans le cerveau est directement lié au risque de dépression. En effet, cette enzyme est impliquée dans la dégradation de la sérotonine, noradrénaline et dopamine. Plus son taux est élevé et plus le risque de rechute est élevé. [INSERM, 2016]

La dépression est le résultat d'un déséquilibre dans le fonctionnement des neurotransmetteurs : diminution de transmission de sérotonine, noradrénaline et dopamine et augmentation de l'activité des récepteurs GABA qui ont un rôle d'inhibition de l'organisme. Ces observations sont à l'origine des traitements antidépresseurs : ISRS, IMAO, ISRSNA.

L'effet antidépresseur du pollen repose en partie sur sa composition en tryptophane (précurseur de la sérotonine) ainsi que ses capacités antioxydantes.

Le tryptophane est l'un des 8 acides aminés essentiels et est le précurseur de la sérotonine et de la mélatonine. Son augmentation de concentration au niveau du cerveau augmente la libération de sérotonine qui a un rôle primordial dans la régulation de l'anxiété, de l'appétit, du sommeil et de l'humeur en général. Cette augmentation de sérotonine cérébrale se traduit donc par une diminution de l'excitation et de l'anxiété.

Une étude a également démontré que le pollen possédait une légère action sédatrice et inhibitrice de monoamine oxydase. [Yildiz et al., 2014]

Il est évident que le pollen ne peut être le traitement de la dépression, cependant, en tant que complément alimentaire, il peut jouer un rôle dans la régulation des états dépressifs légers et de l'anxiété légère et passagère mais également en complément du traitement antidépresseur.

B. Les utilisations en santé : A l'Officine, quel pollen conseiller pour quelle pathologie?

1. POLLEN DE SAULE : Protection visuelle et Prostate

Tableau 4: Composition nutritionnelle du pollen de Saule [Pollenergie, 2014]

valeurs nutritionnelles moyennes pour 100g	pollen de saule			
	VRN	unité	moyenne	% VRN
Energie (kcal)	2000	Kcal	316,00	15,80
Energie (kJ)	8400	KJ	1327,20	15,80
Graisses (g)	70	g	7,20	10,29
dont acides gras saturés (g)	20	g	1,67	8,35
Glucides (g)	260	g	49,70	19,12
dont sucres (g)	90	g	29,60	32,89
Fibres (g)	-		14,40	-
Protéines (g)	50	g	19,56	39,12
Sel (g)	6	g	0,17	2,88
Vitamines	-	-		
Vitamine B1 (mg)	1,1	mg	1,00	90,91
Vitamine B2 (mg)	1,4	mg	0,86	61,43
Vitamine B3 (mg)	16	mg	7,10	44,38
Vitamine B5 (mg)	6	mg	1,19	19,83
Vitamine B6 (mg)	1,4	mg	0,30	21,43
Vitamine B9 (µg)	200	µg	844,00	422,00
Vitamine B12 (µg)	2,5	µg	0,29	11,60
Vitamine C (mg)	80	mg	29,80	37,25
Vitamine E (mg)	12	mg	11,80	98,33
Minéraux et oligo-éléments	-	-		
Potassium (mg)	2000	mg	513,20	25,66
Calcium (mg)	800	mg	100,60	12,58
Magnésium (mg)	375	mg	71,40	19,04
Phosphore (mg)	700	mg	566,00	80,86
Fer (mg)	14	mg	4,61	32,93
Zinc (mg)	10	mg	4,76	47,60
Selenium (µg)	55	µg	50,00	90,91
Lutéine (mg)		mg		
Zéaxanthine (mg)		mg		
Polyphénols		mg	2086,00	
Valeur ORAC			25300,00	
Acides Aminés Essentiels				
thréonine (mg/100g)	/		640,00	/
valine (mg/100g)	/		840,00	/
methionine (mg/100g)	/		420,00	/
isoleucine (mg/100g)	/		660,00	/
leucine (mg/100g)	/		1130,00	/
phénylalanine (mg/100g)	/		660,00	/
lysine (mg/100g)	/		1080,00	/
tryptophane (mg/100g)	/		160,00	/
total AAE (mg/100g)	/		5590,00	/

De par sa teneur élevée en xanthophylles, principalement lutéine et zéaxanthine, et en phytostérols, le pollen de saule est plus préconisé comme protecteur de la vision et pour soulager les symptômes de l'hypertrophie bénigne de la prostate (qui seront détaillés ultérieurement).

a) *Problèmes de vision*

Le cycle visuel est une réaction enzymatique séquentielle pour la vitamine A qui se produit dans la couche externe de la rétine et est essentielle au maintien d'une bonne vision. Ce cycle est dépendant de l'apport alimentaire de rétinol soit sous cette forme soit sous forme de caroténoïdes provitamine A. En effet, le Rétinol et les dérivés de la vitamine A sont capables d'influencer la différenciation cellulaire, la prolifération et l'apoptose. La vitamine A est apportée par l'alimentation et est essentielle pour la peau et la croissance osseuse. Ses dérivés sont quant à eux indispensables pour la vision, ce qui nous intéresse ici.

Un apport alimentaire insuffisant et prolongé de vitamine A peut avoir des effets dévastateurs sur la santé globale de la rétine et de la qualité de la vision. [Elena Doldo et al., 2015]

Une étude a mis en hypothèse que la formation de dimères de vitamine A serait impliquée dans la pathogénèse de diverses maladies de la rétine. Ils en ont conclu que le ralentissement de la dimérisation de la vitamine A pourrait devenir un traitement de la DMLA. Ceci est une fois de plus la preuve qu'un mauvais apport de Vitamine A conduit à une déficience visuelle. D'où l'intérêt d'une supplémentation régulière afin de combler les carences d'apport. [Saad et Washington, 2016 ; Perusek et al., 2015]

Le pollen de saule contient deux caroténoïdes connus pour protéger le cristallin et la macula (zone particulière de la rétine) : la lutéine et la zéaxanthine. Ces pigments non synthétisés par l'organisme doivent être apportés par l'alimentation (notamment dans le chou vert, épinards, brocolis, maïs, petits pois). Outre leur action antioxydante protectrice, la lutéine et la zéaxanthine protègeraient l'oeil de l'action néfaste des rayons ultraviolets. Cette protection visuelle se traduit par la prévention de la dégénérescence maculaire liée à l'âge ou DMLA, mais également de la cataracte.

Il serait alors judicieux de proposer aux personnes, souvent âgées, qui se présentent à l'officine pour des compléments alimentaires pour la vision une cure de pollen de Saule riche en lutéine et zéaxanthine qui permettra de préserver leur vision.

b) *Hypertrophie bénigne de la prostate*

La prostate est la glande du système reproducteur masculin. Située sous la vessie elle entoure l'urètre et sécrète, sous l'influence des androgènes, le liquide prostatique entrant dans la composition du sperme.

L'hypertrophie bénigne de la prostate (HBP), encore appelée adénome prostatique ou hyperplasie bénigne de la prostate est l'augmentation de volume de la glande prostatique (Figure 16). Son poids augmente naturellement de la naissance à l'âge adulte pour se stabiliser à 15-20 grammes. C'est à partir de 40 ans que l'on constate une nouvelle augmentation de son poids responsable, par compression de l'urètre et de la vessie, de nombreux symptômes tels que la gêne de la vidange vésicale, douleurs à la miction et pollakiuries. [Améli-santé, 2016]

C'est la tumeur bénigne la plus fréquente chez l'homme concernant plus de 40% des hommes de plus de 50 ans. Une étude utilisant le score IPSS a montré que sur 2000 hommes de plus de 50 ans, 20% n'avaient aucuns symptômes, 60% avaient des symptômes modestes, 15% des symptômes modérés et 5% des symptômes sévères.

Le score IPSS regroupe sept symptômes :

- Pollakiurie diurne
 - Pollakiurie nocturne
 - Besoins impérieux
- } Symptômes irritatifs

- Diminution de la force du jet
 - Sensation de miction incomplète
 - Mictions en plusieurs temps
 - Nécessité de pousser
- } Symptômes obstructifs

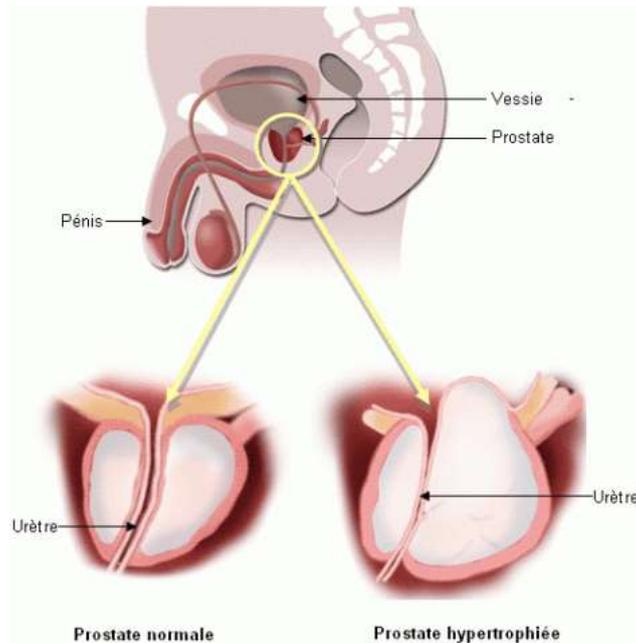
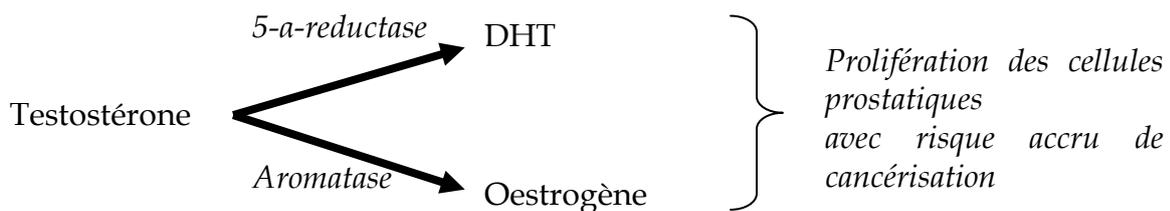


Figure16 : Comparaison d'une prostate normale et hypertrophiée [Naturopathiesite, 2017]

L'augmentation du volume de la prostate est due à l'action de deux enzymes :



C'est en 1950 que l'on attribue pour la première fois un effet anti prostatique au Pollen. En effet, c'est cette année là que Rémy Chauvin réalisa une expérience simple : il pesait tous les organes des souris complémentées avec du pollen et les comparait à celles qui ne l'étaient pas. Il conclut que certains organes étaient moins lourds, c'est le cas des glandes annexes mâles telles que la prostate. Puis dans les années 1980, une société suédoise, la cernelle, met au point un médicament contre l'adénome prostatique, le Cernilton®. C'est un extrait particulier de pollen de fleur de seigle, de maïs et de phléole des près aujourd'hui connu à l'étranger sous le nom de Graminex. [Prostate, 2011]

L'effet du pollen de Saule sur la prostate se traduit par une action sur l'Antigène Spécifique de la Prostate (PSA) qui est un marqueur de risque de cancérisation de la prostate. On observe une diminution de ce marqueur chez la majorité des hommes souffrant d'HBP et complémentés en pollen. Des hommes ont ressenti une amélioration de leurs symptômes avec du pollen frais congelés alors qu'ils n'avaient pas vu de différence avec le pollen sec. [Han et al., 2007]. Cette diminution est due à la présence de phytostérols, de flavonoïdes tels que la naringénine, la lutéoline et le kaempférol et ses dérivés qui inhibent la sécrétion de

PSA en activant les récepteurs aux oestrogènes et, parallèlement, en antagonisant les récepteurs aux androgènes.

L'étude de Mr Percie du sert montre que ce taux de PSA diminue presque deux fois plus vite lorsqu'on prend quotidiennement 30g de pollen de saule au lieu de 15g. Il montre également que la baisse est plus importante la première année et que le taux de PSA a tendance à augmenter de nouveau lors de l'arrêt de la supplémentation. Cependant cette observation reste hypothétiquement liée à l'arrêt du pollen puisque le taux de PSA peut augmenter après un toucher rectal ou la pratique du vélo. [Percie du Sert, 2009]

Ces effets bénéfiques sur la prostate sont dus à plusieurs constituants particulièrement riches dans le pollen de saule :

-Les phytostérols : 30 grammes de pollen de saule contient approximativement 22,15mg de β -sitostérol. Or il a été démontré dans des études que le β -sitostérol avait une action d'amélioration significative sur le confort urinaire des hommes atteints d'HBP. D'ailleurs, on le retrouve dans la composition du prost-p10x détaillée ultérieurement. Ces phytostérols bloquent les hormones qui influent sur la taille de la prostate en inhibant la 5- α -reductase et en limitant la liaison DHT (forme la plus active de la testostérone) aux récepteurs androgéniques.

-Les polyphénols : Les LDL ont tendance à être stockés dans les organes sexuels mâles et sont facilement oxydables, facteur favorisant le cancer prostatique. C'est là que les polyphénols peuvent jouer un rôle important dans la diminution du LDL et donc de son stockage ce qui pourrait contrebalancer l'effet délétère qu'a la consommation des AG saturés présents dans les graisses animales sur la prostate.

- Les caroténoïdes : antioxydant liposoluble transporté par les LDL, agit en synergie avec la vitamine E (en la régénérant) et possède une action anti-inflammatoire.

- La vitamine E : Le besoin en vitamine E augmente avec la consommation de tabac, de graisses saturées, et le stress oxydant et la prostate est le premier organe touché par la carence en vitamine E.

- Le sélénium : Sa quantité est peu définie dans le pollen mais sa présence est indiscutable. Le sélénium est un puissant antioxydant lipidique ce qui lui confère un rôle dans la protection contre le cancer, entre autre le cancer prostatique.

- Le zinc : Le tissu prostatique initialement très riche en zinc, perd cette faculté de le fixer lorsqu'il est cancéreux et les mitochondries en ont besoin pour assurer les bons échanges respiratoires qui sont alors perturbés. Le zinc est également le cofacteur de nombreuses réactions enzymatiques, notamment de la SOD, c'est pourquoi il est important d'en apporter à l'organisme en plus des autres micronutriments protecteurs pour en assurer son bon fonctionnement. Il est le minéral spécifique de la prostate et permettrait l'inhibition de la croissance des cellules prostatiques, de l'activité de la DHT et de la 5- α -reductase.

Tous ces constituants agissent probablement en synergie. Chez des hommes en surcharge pondérale ayant souvent une alimentation très riche en viandes rouges et pauvre en légumes, la résistance au pollen est levée par une plus grosse prise quotidienne, jusqu'à 60grammes par jours (en trois prises). [Percie du Sert, 2009]

Devant l'incidence de l'HBP, il semble évident que l'équipe officinale a son rôle à jouer dans le conseil et l'aide à l'amélioration de la vie de ces patients. On peut conseiller à ces patients la complémentation en pollen de saule frais congelé qui peut prévenir et/ou ralentir par sa composition, les problèmes de prostate, et limiter les symptômes d'un homme sous traitement médical. [Wu et Lou, 2007]

Il ne faudra cependant pas oublier de préciser que l'alimentation est en cause dans les problèmes prostatiques et que l'action du pollen ne fait plus de doute. Associé à un mode de vie sain, la complémentation en pollen de Saule aidera à diminuer l'adénome, abaisser le taux de PSA et aidera à supporter les traitements classiques. Il faudra lui rappeler également quelques mesures hygiéno-diététiques :

- Boire suffisamment d'eau pour augmenter l'élimination des urines
- Ne pas se retenir
- Marcher, limiter la station assise
- Lutter contre la constipation
- Alimentation saine (végétaux, pauvre en viandes grasses et épices)
- Eviter le vin blanc, bière et café

c) *Amélioration de la conception*

Un couple désireux de concevoir un enfant peut être orienté vers la complémentation en Pollen de Saule. En effet, l'acide folique présent en très grande quantité dans le pollen de saule (400% des AJR contre 62% pour le pollen de ciste) a un rôle dans le mécanisme de reproduction et de fécondation entre autre. Les femmes sont d'ailleurs presque systématiquement complémenté en acide folique avant la conception et au cours des premières semaines de grossesse afin de favoriser un bon développement du Fœtus.

2. POLLEN DE CISTE : Flore intestinale, défenses immunitaires

Tableau 5: Composition nutritionnelle du pollen de Ciste [Pollenergie, 2014]

valeurs nutritionnelles moyennes pour 100g	pollen de ciste			
	VRN	unité	moyenne	% VRN
Energie (kcal)	2000	Kcal	354,00	17,70
Energie (kJ)	8400	KJ	1486,80	17,70
Graisses (g)	70	g	6,00	8,57
dont acides gras saturés (g)	20	g	1,02	5,10
Glucides (g)	260	g	60,73	23,36
dont sucres (g)	90	g	31,70	35,22
Fibres (g)	-		12,80	-
Protéines (g)	50	g	14,20	28,40
Sel (g)	6	g	0,06	1,06
Vitamines	-	-		
Vitamine B1 (mg)	1,1	mg	0,72	65,00
Vitamine B2 (mg)	1,4	mg	0,78	55,71
Vitamine B3 (mg)	16	mg	4,20	26,25
Vitamine B5 (mg)	6	mg	0,59	9,75
Vitamine B6 (mg)	1,4	mg	0,30	21,43
Vitamine B9 (µg)	200	µg	664,00	332,00
Vitamine B12 (µg)	2,5	µg	< 0,08	< 3,2
Vitamine C (mg)	80	mg	1,92	2,39
Vitamine E (mg)	12	mg	8,33	69,38
Minéraux et oligo-éléments	-	-		
Potassium (mg)	2000	mg	374,00	18,70
Calcium (mg)	800	mg	71,40	8,93
Magnésium (mg)	375	mg	30,70	8,19
Phosphore (mg)	700	mg	224,35	32,05
Fer (mg)	14	mg	2,26	16,14
Zinc (mg)	10	mg	2,87	28,65
Selenium (µg)	55	µg	37,00	67,27
Lutéine (mg)		mg		
Zéaxanthine (mg)		mg		
Polyphénols		mg	1033,00	
Valeur ORAC			11900,00	
Acides Aminés Essentiels				
thréonine (mg/100g)	/		530,00	/
valine (mg/100g)	/		610,00	/
methionine (mg/100g)	/		315,00	/
isoleucine (mg/100g)	/		560,00	/
leucine (mg/100g)	/		930,00	/
phénylalanine (mg/100g)	/		530,00	/
lysine (mg/100g)	/		860,00	/
tryptophane (mg/100g)	/		185,00	/
total AAE (mg/100g)	/		4520,00	/

a) *Protection muqueuse intestinale*

Le pollen de ciste contient entre 1 et 20 millions de ferments lactiques par gramme et contient des fibres. Ceci lui confère un intérêt non négligeable pour la régulation du transit intestinal et pour traiter les pathologies digestives.

En effet, sa forte teneur en caroténoïdes permet de prévenir les inflammations du colon. Il est l'unique produit d'origine naturelle possédant une synergie entre les caroténoïdes, la vitamine E et les ferments lactiques à l'origine d'une telle protection intestinale. On y trouvera un intérêt notamment dans le cas de syndromes de colons irritables, de MICI (Maladie de Crohn, Recto Colique Hémorragique) mais également chez les personnes souffrant de troubles du transit, en particulier la constipation grâce à la présence de fibres (12,8g pour 100 g de pollen frais). [Percie du Sert, 2009]. La flore qu'apporte ce pollen est également capable de lutter contre une flore indésirable colonisant les intestins et étant à l'origine de troubles chroniques du transit et ainsi de restaurer la flore digestive. [Kacaniova et al., 2013]

A cet effet régulateur de la flore intestinale, on ajoute un effet anti inflammatoire qui agira également sur l'inflammation du colon. En effet l'étude de pollen de Ciste a démontré une inhibition de l'activité de COX 1 et COX 2, médiateurs de l'inflammation due à la présence de flavonoïdes et de leurs glycosides. Les flavonoïdes isolés dans ce pollen étaient la quercétine-7-rhamnoside, le kaempférol-3-glucoside, l'isorhamnétine, le kaempférol et la quercétine. L'extrait alcoolique possède une action inhibitrice sur la production de NO et de COX 2 majoritairement. Ils sont en fait capable d'inhiber l'activité d'enzymes métabolisant l'acide arachidonique (phospholipase A2, cyclooxygénase et lipoxygénase). Il a été montré que certains de ces flavonoïdes expriment une partie de leur action anti-inflammatoire par modulation de l'expression des gènes pro-inflammatoires, comme COX-2, i-NOS et plusieurs cytokines. Ces résultats, comparés à ceux d'anti-inflammatoires tels que l'aspirine et l'indométacine sur un oedème de la patte chez des rats, ne sont pas négligeables et permettent d'affirmer avec certitude que le pollen est un complément alimentaire pouvant être utilisé à des fins anti-inflammatoires dans la prise en charge des MICI par exemple. [Maruyama et al., 2010]

Le pollen a également été testé sur des ulcères gastriques, il en est ressorti un effet protecteur de celui-ci quant à l'apparition de douleurs gastriques suite à un excès de sécrétion acides. [Lychkova et al., 2014]

En 1957, Remy Chauvin a publié dans le bulletin de l'académie de médecine que le pollen avait une "action régulatrice des fonctions intestinales, chez les malades atteints de constipation chronique ou au contraire de diarrhées chroniques d'origine basse".

Aux vues de tous ces résultats, il serait intéressant de conseiller du pollen de ciste frais à des patients souffrants de troubles digestifs de type diarrhées ou constipation afin de réguler leur flore, mais également en complément des

faut savoir que des animaux axéniques possèdent de nombreuses anomalies au niveau du Système Immunitaire Intestinal (SII) qui peuvent être rectifiées en leur inoculant un microbiote normal en seulement quelques semaines. [SNFGE,2012]

En rétablissant la flore intestinale avec des cures régulières de pollen frais de Ciste, on renforce l'effet barrière du microbiote. Ceci a pour effet de protéger la muqueuse intestinale d'attaques répétées de pathogènes exogènes tendant à la fragiliser. Cette muqueuse portant les cellules immunitaires, le système immunitaire est renforcé et apte à fonctionner correctement.

3. POLLEN DE CHATAIGNIER : Régulation de l'humeur, Ménopause et Protection hépatique

Tableau 6 : Composition nutritionnelle du Pollen de Chataignier [Pollenergie, 2014]

valeurs nutritionnelles moyennes pour 100g	pollen de châtaignier			
	VRN	unité	moyenne	% VRN
Energie (kcal)	2000	Kcal	319,00	15,95
Energie (kJ)	8400	KJ	1339,80	15,95
Graisses (g)	70	g	4,50	6,43
dont acides gras saturés (g)	20	g	2,48	12,40
Glucides (g)	260	g	55,16	21,22
dont sucres (g)	90	g	30,90	34,33
Fibres (g)	-		14,40	-
Protéines (g)	50	g	19,60	39,20
Sel (g)	6	g	0,05	0,91
Vitamines	-	-		
Vitamine B1 (mg)	1,1	mg	0,62	56,36
Vitamine B2 (mg)	1,4	mg	1,17	83,57
Vitamine B3 (mg)	16	mg	4,54	28,38
Vitamine B5 (mg)	6	mg	1,01	16,83
Vitamine B6 (mg)	1,4	mg	0,34	24,29
Vitamine B9 (µg)	200	µg	1119,50	559,75
Vitamine B12 (µg)	2,5	µg	0,10	4,00
Vitamine C (mg)	80	mg	17,00	21,25
Vitamine E (mg)	12	mg	0,99	8,25
Minéraux et oligo-éléments	-	-		
Potassium (mg)	2000	mg	380,00	19,00
Calcium (mg)	800	mg	168,00	21,00
Magnésium (mg)	375	mg	61,30	16,35
Phosphore (mg)	700	mg	321,70	45,96
Fer (mg)	14	mg	17,78	127,00
Zinc (mg)	10	mg	6,50	65,00
Selenium (µg)	55	µg	99,70	181,27
Lutéine (mg)		mg		
Zéaxanthine (mg)		mg		
Polyphénols		mg	1959,00	
Valeur ORAC (capacité antioxydante)			30200,00	
Acides Aminés Essentiels				
thréonine (mg/100g)	/		680,00	/
valine (mg/100g)	/		835,00	/
methionine (mg/100g)	/		420,00	/
isoleucine (mg/100g)	/		725,00	/
leucine (mg/100g)	/		1200,00	/
phénylalanine (mg/100g)	/		705,00	/
lysine (mg/100g)	/		1160,00	/
tryptophane (mg/100g)	/		225,00	/
total AAE (mg/100g)	/		5950,00	/

Le pollen de châtaignier est l'un des plus antioxydants. Pour illustrer, selon le test ORAC [Percie du Sert, 2009], il faut savoir que 15g de ce pollen équivalent à 6 sachets de thé vert.

a) *Protection cardiovasculaire*

Le pollen de Châtaignier diminue le mauvais cholestérol (LDL), réduisant ainsi le risque de formation de plaques d'athéromes.

Sa richesse en polyphénols antioxydants mais surtout en phytostérols aide à diminuer l'accumulation de graisses et réduit également l'oxydation lipidique. En effet les phytostérols appartiennent à la famille chimique des stérols et englobent les stanols. En raison de leur structure chimique proche de celle du cholestérol, ils entraveraient partiellement son absorption en occupant ses sites d'absorption dans l'intestin. Ces propriétés protectrices sont également dues à la vitamine B₃, aux ferments lactiques, fibres, caroténoïdes et aux acides gras polyinsaturés. [Jeyakumar et Vajreswari, 2015]

Un des facteurs de risque cardiovasculaire principaux est l'excès pondéral. Certaines études démontrent que le pollen peut participer activement dans la régulation du poids.

D'après Percie du Sert, le pollen est le complément alimentaire le plus riche en micronutriment que l'on connaisse. [Percie du Sert, 2009]. Tout d'abord, on y retrouve des vitamines du groupe B qui, comme nous l'avons vu précédemment, participent aux métabolismes des glucides et des lipides. Ensuite, grâce à sa forte teneur en minéraux, vitamines et enzymes, il est l'aliment idéal pour combler des carences ayant provoqué la surcharge pondérale.

Comme nous l'avons vu en analysant la composition du pollen, celui ci est hyperprotéiné et hypercalorique ce qui lui confère un pouvoir satiétogène intéressant dans le cadre d'un régime. C'est une source en énergie, en protéines, en fibres, en probiotiques, en vitamines et minéraux et en antioxydants tout en étant pauvre en graisses et en sodium. Outre son intérêt chez la personne dénutrie, son utilité dans le régime d'un individu obèse en vue de diminuer les facteurs de risque cardiovasculaire l'est tout autant. Cet effet satiétogène permet la réduction des envies de grignotage et l'Index Glycémique (IG) modéré du pollen fait de lui un allié dans le cadre du régime. En effet, l'IG d'un aliment reflète la rapidité de digestion des glucides et sa transformation en glucose sanguin : un IG élevé signifie que le taux de glucose dans le sang augmente rapidement après l'ingestion de l'aliment. La consommation excessive d'aliments à IG élevés s'avère délétère pour la santé et peut favoriser l'apparition d'un diabète et de l'obésité.

Le graphique SAIN-LIM, développé par l'INRA comme indicateur de la densité nutritionnelle des aliments, mets en évidence le profil nutritionnel du pollen d'aubépine et de genêt. Etant situés dans la classe 1, ceci signifie que le pollen est un aliment au profil nutritionnel favorable éligible aux allégations nutritionnelles et de

santé. La classe 4 regroupe les aliments ayant un profil nutritionnel défavorable et les classes 2 et 3 regroupent les aliments ayant un profil nutritionnel intermédiaire.

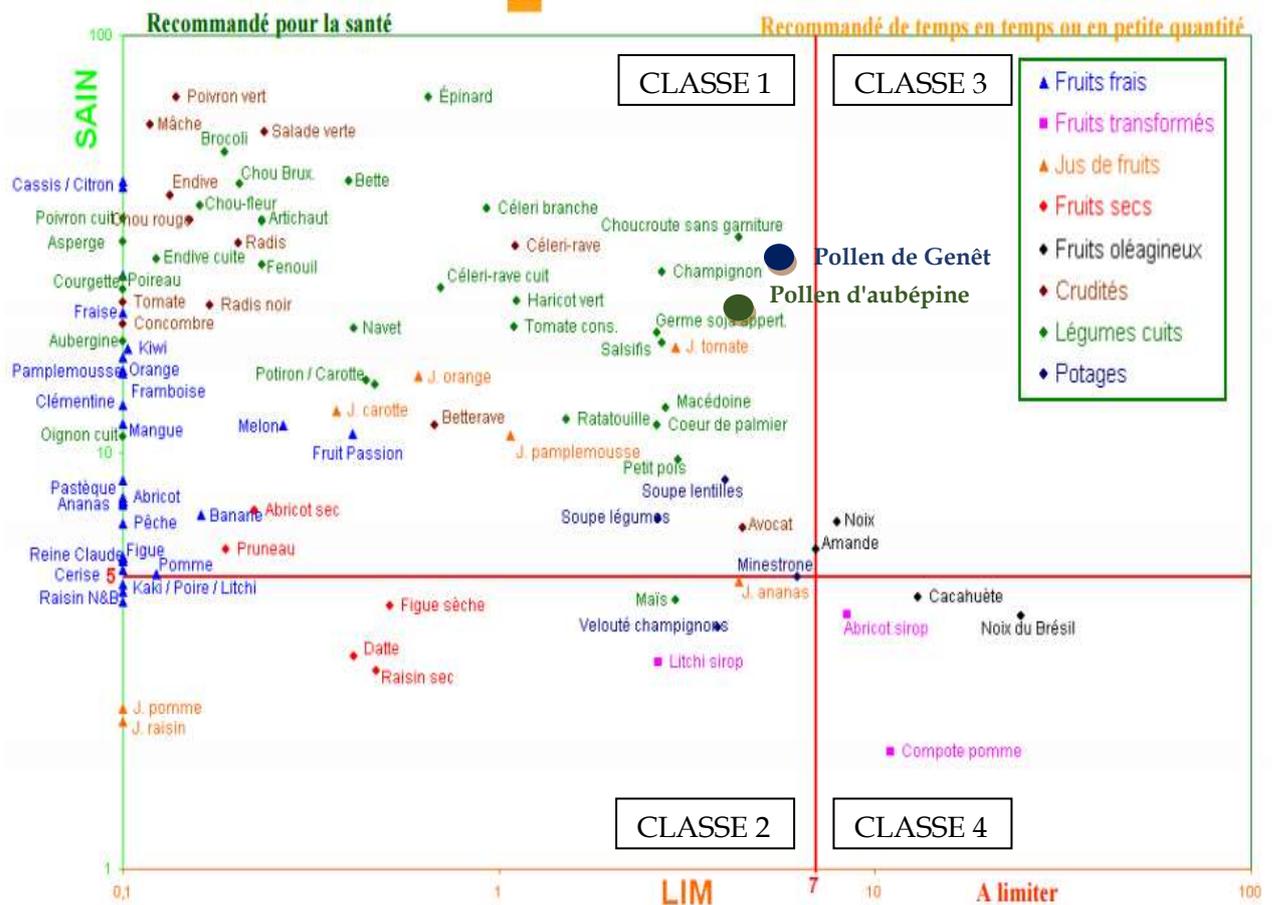


Figure 12: Graphique SAIN-LIM situant pollen d'aubépine et de genêt [INPES, 2007 - Darmon. N et al., 2009]

b) Ménopause

La Ménopause, survenant entre 45 et 55 ans dans la majorité des cas, est un phénomène naturel marqué par l'arrêt de l'ovulation et des règles. Elle est due à la chute brutale d'œstrogène et de progestérone occasionnant de nombreux symptômes dits "climatériques". Dans les plus courants on retrouvera les bouffées de chaleur, des sueurs nocturnes, des insomnies et des troubles de l'humeur mais également des douleurs articulaires.

A long terme, la carence hormonale provoque des risques de sécheresse des muqueuses, des troubles urinaires, une tendance au surpoids, notamment à l'obésité abdominale, de l'ostéoporose, des troubles cardiovasculaires mais également l'augmentation du risque de cancers hormono-dépendant tel que le cancer du sein et de l'utérus. [Améli-santé, 2016]

La supplémentation en Pollen de châtaignier, pourrait pallier les effets indésirables de l'instauration de la ménopause tels que les bouffées de chaleur par la présence des phytoestrogènes et en particulier grâce à la génistéine, phytoestrogène majeure [ITAL, 2016 ; Percie du Sert, 2009]. L'action du Pollen de châtaignier, le plus antioxydant, est encore plus remarquable en ce qui concerne la protection des effets post-ménopause à long terme (C'est à dire dans la grande majorité des cas ostéoporose) (Figure 19). Ce pollen est donc le meilleur moyen de supplémenter des femmes ménopausées pour leur apporter une dose quotidienne importante d'antioxydants protecteurs.

Les phytoestrogènes présents possèdent pas seulement un rôle dans la protection du cancer du sein, leur action a beau être faible, ils exercent tout de même une diminution de la résorption osseuse et freinent la perte de calcium. Comme le montre l'ostéodensitométrie ci dessous, une femme se retrouve en ostéopénie dès la ménopause d'où l'importance de la supplémentation précoce afin de retarder l'ostéoporose.

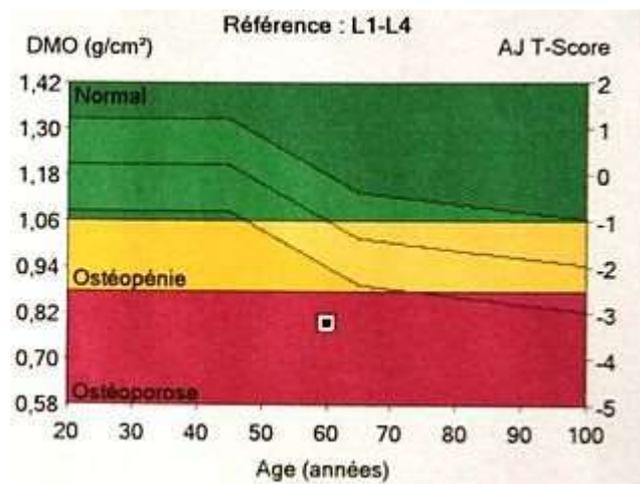


Figure 19 : Courbe osseuse lors du vieillissement [Percie du Sert, 2009]

Avec une cure de Pollen de Châtaignier on peut également apaiser le stress et les troubles de l'humeur, en particulier l'irritabilité et l'état dépressif léger, très souvent associés aux symptômes de la ménopause. Outre la femme ménopausée, on peut extrapoler cet effet à tout patient souffrant de dépression légère ou sous traitement antidépresseur afin de renforcer les effets. [Percie du Sert, 2009]

Il faudra cependant éviter de conseiller ce pollen à des femmes ayant souffert de cancer ou pathologies hormonaux dépendants en raison des effets très controversés des phytoestrogènes.

c) *Prévention de certains cancers et hépatoprotection*

Le pollen de Chataîgnier a un effet certain dans la protection contre le cancer, notamment le cancer du sein. En effet, il est connu que l'alimentation et le mode de vie joue un rôle primordial dans le développement de cancer. La richesse du pollen de châtaignier en antioxydants aide à diminuer les phénomènes oxydatifs, facteur clé dans la cancérogénèse et dans la mort cellulaire. [Rundstedt et al., 2015]

Ce pouvoir antioxydant fait du pollen de Chataîgnier un allié tout particulier pour la protection hépatique. La complémentation favorisera la régénération des cellules hépatiques et leur désintoxication. [Bee-hexagon, 2011 ; Yildiz et al., 2013]

4. POLLEN DE BRUYERE : protection veineuse, détoxifiant

Tableau 7: Composition nutritionnelle du pollen de Bruyère [Pollenergie, 2014]

valeurs nutritionnelles moyennes pour 100g	pollen de bruyère			
	VRN	unité	moyenne	% VRN
Energie (kcal)	2000	Kcal	354,00	17,70
Energie (kJ)	8400	KJ	1486,80	17,70
Graisses (g)	70	g	3,95	5,64
dont acides gras saturés (g)	20	g	0,53	2,65
Glucides (g)	260	g	64,46	24,79
dont sucres (g)	90	g	31,20	34,67
Fibres (g)	-		13,40	-
Protéines (g)	50	g	14,78	29,56
Sel (g)	6	g	0,08	1,29
<u>Vitamines</u>	-	-		
Vitamine B1 (mg)	1,1	mg	0,38	34,27
Vitamine B2 (mg)	1,4	mg	0,86	61,43
Vitamine B3 (mg)	16	mg	4,79	29,94
Vitamine B5 (mg)	6	mg	0,90	15,00
Vitamine B6 (mg)	1,4	mg	0,25	17,93
Vitamine B9 (µg)	200	µg	128,00	64,00
Vitamine B12 (µg)	2,5	µg	/	/
Vitamine C (mg)	80	mg	20,20	25,25
Vitamine E (mg)	12	mg	9,28	77,33
<u>Minéraux et oligo-éléments</u>	-	-		
Potassium (mg)	2000	mg	484,00	24,20
Calcium (mg)	800	mg	/	/
Magnésium (mg)	375	mg	60,10	16,03
Phosphore (mg)	700	mg	251,95	35,99
Fer (mg)	14	mg	4,40	31,43
Zinc (mg)	10	mg	3,22	32,20
Selenium (µg)	55	µg	/	/
Lutéine (mg)		mg		
Zéaxanthine (mg)		mg		
<u>Polyphénols</u>		mg	1500,00	
<u>Valeur ORAC</u>			17100,00	
<u>Acides Aminés Essentiels</u>				
thréonine (mg/100g)	/		530,00	/
valine (mg/100g)	/		640,00	/
methionine (mg/100g)	/		430,00	/
isoleucine (mg/100g)	/		515,00	/
leucine (mg/100g)	/		920,00	/
phénylalanine (mg/100g)	/		620,00	/
lysine (mg/100g)	/		820,00	/
tryptophane (mg/100g)	/		193,33	/
total AAE (mg/100g)	/		3530,00	/

Le pollen de Bruyère est le pollen detoxifiant par excellence.

Premièrement il aide à l'élimination des graisses et à la régulation du cholestérol certainement par la présence de ces phytostérols et sa richesse en fibres.

La très grande richesse en rutine (jusqu'à 1600mg de rutine pour 100g de pollen de Bruyère) est à la base des vertus particulières au pollen de Bruyère. En effet, ce flavonoïde est un polyphénol potentialisant l'action de la vitamine C, fortement anti-oxydante. Elle est connue en Pharmacie puisqu'elle entre dans la composition de nombreux compléments alimentaires ayant pour but d'améliorer la circulation sanguine.

C'est également dans cette indication que l'on peut proposer le pollen de Bruyère. La vitamine C assurant une formation normale de collagène dans les vaisseaux, ce pollen potentialisant son action, permet de redonner de la souplesse aux capillaires sanguins. En plus d'intéresser les patients souffrants de pathologies veineuses telles que jambes lourdes, varices ou encore hémorroïdes, nous pouvons également conseiller ce pollen dans le but d'accroître la capacité de mémorisation chez la personne âgée ou l'étudiant en pleins examens.

Dans un second temps, ce pollen de Bruyère peut également être conseillé à l'arrivée du Printemps afin de détoxifier l'organisme après l'hiver et contribuer à un bon rééquilibrage alimentaire.

Il est particulièrement riche en potassium et autres sels minéraux alcalinisants ce qui permet un bon équilibre acido-basique extrêmement vivifiant. Cet effet alcalinisant est également assuré par la teneur générale en minéraux.

Outre ces deux grandes indications, le pollen de Bruyère s'avère également très utile pour limiter la perte de calcium chez les femmes ménopausées : c'est le rôle des ferments lactiques mais surtout de la rutine qui favorise la bonne fixation du calcium au niveau des os.

Il faut cependant garder à l'esprit que le pollen de bruyère se compose d'un pourcentage non négligeable de pollen de ciste. Les propriétés de ce pollen sont donc certainement dues en partie à la présence de ce pollen de ciste.

5. POLLEN D'AUBEPINE : Le plein de protéines végétales

Tableau 8: Composition nutritionnelle du pollen d'Aubépine [Pollenergie, 2014]

valeurs nutritionnelles moyennes pour 100g	VRN	unité	pollen aubepine	
			moyenne	% VRN
Energie (kcal)	2000	Kcal	418,00	20,90
Energie (kJ)	8400	KJ	1755,60	20,90
Graisses (g)	70	g	7,00	10,00
dont acides gras saturés (g)	20	g	1,60	8,00
Glucides (g)	260	g	54,80	21,08
dont sucres (g)	90	g	28,50	31,67
Fibres (g)	-		10,30	-
Protéines (g)	50	g	23,70	47,40
Sel (g)	6	g	0,10	1,67
Vitamines	-	-		
Vitamine B1 (mg)	1,1	mg	0,92	83,64
Vitamine B2 (mg)	1,4	mg	1,23	87,86
Vitamine B3 (mg)	16	mg	0,50	3,13
Vitamine B5 (mg)	6	mg	0,50	8,33
Vitamine B6 (mg)	1,4	mg	0,69	49,29
Vitamine B9 (µg)	200	µg	2073,00	1036,50
Vitamine B12 (µg)	2,5	µg	/	/
Vitamine C (mg)	80	mg	62,50	78,13
Vitamine E (mg)	12	mg	2,18	18,17
Minéraux et oligo-éléments	-	-		
Potassium (mg)	2000	mg	NA	
Calcium (mg)	800	mg	138,50	17,31
Magnésium (mg)	375	mg	85,00	22,67
Phosphore (mg)	700	mg	487,00	69,57
Fer (mg)	14	mg	6,10	43,57
Zinc (mg)	10	mg	10,00	100,00
Selenium (µg)	55	µg	4,00	7,27
Lutéine (mg)		mg		
Zéaxanthine (mg)		mg		
Polyphénols		mg		
Valeur ORAC				
Acides Aminés Essentiels				
thréonine (mg/100g)	/		900,00	/
valine (mg/100g)	/		1090,00	/
methionine (mg/100g)	/		550,00	/
isoleucine (mg/100g)	/		930,00	/
leucine (mg/100g)	/		1500,00	/
phénylalanine (mg/100g)	/		910,00	/
lysine (mg/100g)	/		1560,00	/
tryptophane (mg/100g)	/		310,00	/
total AAE (mg/100g)	/		7750,00	/

Sa grande richesse en protéines confère au Pollen d'Aubépine un intérêt tout particulier comme complément alimentaire de personnes âgées dénutries ayant sur leurs ordonnances des prescriptions de compléments alimentaires oraux (CNO) : Fresubin, Renutryl, Delical. Mais également pour les végétariens et végétaliens pour lesquels leur alimentation peut être source de carences en certains acides aminés. Le pollen viendra favorablement compléter leur équilibre en acides aminés.

On peut également cibler les sportifs à la recherche de complémentation hyperprotéinée.

Ce pollen est également très riche en fer. On le conseillera donc à des patients, âgés le plus souvent, anémiés par manque de fer. On les repèrera grâce à leur prescription de Tardyferon, Ferrograd. Il ne faut pas négliger les femmes enceintes supplémentées en fer, vitamine B₉. Là encore, on pourra leur proposer une cure de pollen d'Aubépine au cours de leur grossesse.

III. La cure de Pollen

A. Différentes formes sont commercialisées.

1. Pelotes

La forme la plus commune de pollen d'abeille est les pelotes conditionnées la plupart du temps dans des pots de verre ou contenant en plastiques alimentaires (barquettes, sacs, sceau..). Ces pelotes sont soit déshydratées soit congelées dans les conditions énoncées précédemment d'origine polyflorale ou monoflorale.

Le poids est variable en fonction des producteurs et des revendeurs. Dans les Magasins Biologiques et Parapharmacie on les retrouve le plus souvent en conditionnement de 250 ou 500 grammes. On trouve cette forme également directement chez les apiculteurs qui récoltent le pollen. Certaines personnes ne supportant pas le goût particulier du pollen, de nouvelles présentations aromatisées ont vu le jour ces dernières années. L'huile essentielle d'orange est ainsi rajoutée au mélange pour donner un goût agréable.



Figure 20 : Pollen sec en pot



Figure 21 : Pollen frais congelé

2. Poudre

Le pollen est également commercialisé sous forme de poudre sèche. Cette poudre se vend en vrac dans un conditionnement adapté ou en gélules. Ces gélules de pollen sont réservées aux personnes qui ne supportent ni le goût ni l'odeur du produit d'origine. Cependant cette forme ne permet plus de juger la quantité de variétés florales présentes.



Figure 22 : Pollen en poudre



Figure 23 : Pollen en gélules

3. Formules thérapeutiques à base d'extrait de pollen

Plus élaboré, l'extrait purifié de pollen, réalisé par les laboratoires pharmaceutiques est utilisé comme principes actifs de certains médicaments. Etant dans l'impossibilité d'utiliser le pollen anémophile du fait de ses propriétés allergisantes et d'orienter la récolte des abeilles en fonctions des propriétés thérapeutiques attendues pour chaque espèce de pollen entomophile, les chercheurs ont développé une technique de purification du grain de pollen. Ils extraient le cytoplasme par le tube germinal et le séparent ainsi de l'enveloppe allergisante. Grâce à cette technique, ils sont capables de choisir les fleurs en fonctions de leurs propriétés thérapeutiques. Ces extraits sont présents dans certaines spécialités comme Sérélys®, Femal® ou Melbrosia® contre les manifestations de la ménopause, Prostal®, Cernilton® ou Reassure® pour les troubles de la prostate et gênes urinaires. Il existe aussi des extraits de la partie allergisante du pollen comme Oralair® ou Grazax® indiqués dans la désensibilisation au pollen de graminées.

On constate l'émergence de médicaments et de compléments alimentaires à base de pollen :

- **GRAZAX®**

C'est un extrait allergénique de pollen de fléole des près ou *Phleum pratense*.

D'après la HAS, il est indiqué "dans le traitement de désensibilisation, afin de modifier l'évolution de la rhinite et de la conjonctivite allergique déclenchées par les pollens de graminées chez les enfants à partir de 5 ans dont la symptomatologie clinique, imputable à une allergie aux pollens de graminées, a été confirmée par un test cutané positif et/ou la présence d'IgE spécifiques aux pollens de graminées".

La posologie recommandée est d'un comprimé orodispersible par jour à garder en bouche au moins une minute et d'éviter l'absorption d'aliments ou de boisson dans les cinq minutes qui suivent la prise.

Il est nécessaire de préciser que la première prise devra se faire sous surveillance médicale pendant vingt à trente minutes afin d'évaluer d'éventuels effets indésirables et palier leurs conséquences.

Un traitement classique dure 3 ans pour en obtenir un résultat maximum et il est recommandé de débuter le traitement 4 mois minimum avant le début de la saison des pollens de graminées.



- **ORALAIR®**

C'est un extrait de pollen de différentes graminées : Dactyle aggloméré (*Dactylis glomerata L.*), flouve odorante (*Anthoxanthum odoratum L.*), ivraie vivace (*Lolium perenne L.*), pâturin des prés (*Poa pratensis L.*), fléole des prés (*Phleum pratense L.*)



Les comprimés d'Oralair sublinguaux existent en 100IR et 300IR. L'unité IR mesure le potentiel allergène de l'extrait.

Oralair possède une AMM dans la rhinite allergique aux pollens de graminées chez l'adulte et l'enfant de plus de 5 ans. Ce médicament doit être prescrit par un médecin expérimenté ayant justifié de l'allergie par un diagnostic clinique et un test cutané positif ou par la présence d'IgE spécifiques des pollens de graminées.

A l'instar de Grazax®, la première prise d'Oralair® se fera sous surveillance médicale pendant trente minutes.

Le traitement est décomposé en deux phases : une phase d'initiation et une phase d'entretien :

- La phase d'initiation consiste en une augmentation progressive de la dose sur trois jours.

Petite plaquette : Oralair 100IR et 300IR :

Jour 1 : 1 x 100IR
Jour 2 : 2 x 100 IR

Grande plaquette : Oralair 300IR :

Jour 3 : 1 x 300 IR
...
Jour 30 : 1 x 300IR

- La phase d'entretien débute au deuxième mois de traitement et consiste en la prise d'un comprimé sublinguale d'Oralair 300IR® par jour jusqu'à la fin de la saison pollinique.

Les comprimés doivent être placés sous la langue pendant au moins une minute (dissolution complète) puis être avalés, de préférence le matin, à jeun. Ce traitement doit être débuté quatre mois avant la saison pollinique et poursuit sur toute sa durée.

- **SERELYS®**

Composé de PureCyTonin98 (extrait purifié de pollen) et de vitamine E.

Il est indiqué dans les symptômes de la periménopause et ménopause, en particulier dans les bouffées de chaleur et la fatigue passagère.



On conseillera la prise de deux comprimés par jour en une prise, matin ou soir en cure de 2 mois initialement.

Dans d'autres pays et pour la même indication, nous pouvons retrouver Melbrosia® ou Femal®.



- **GRAMINEX®**

Bien qu'absent du marché Français, il fut le premier complément alimentaire ayant prouvé son efficacité sur l'hypertrophie bénigne de la prostate par des études en double aveugle : Le taux de réussite chez les patients atteints d'HBP est d'environ 70% accompagnée d'une réduction significative de volume résiduel d'urine. Ces extraits de pollen possèdent une activité anti-inflammatoire et permet à la vessie de se contracter tout en relaxant simultanément l'urètre pour permettre une vidange plus complète. Ce médicament contient également une molécule qui inhibe la croissance des cellules prostatiques.

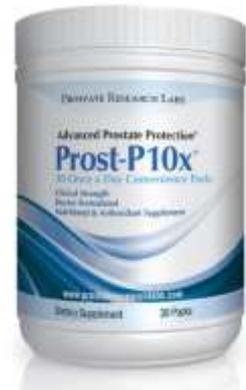
Dans les travaux de Rugendorff et al. en 1993, 90 hommes atteints d'HBP ont été divisés en deux groupes : 72 avec des facteurs de complications et 18 avec HBP non compliquée. Tous ont pris du Cernilton (nouvellement nommé Graminex) trois fois par jour pendant six mois. Des examens complémentaires ont été réalisés après 3 mois et après 6 mois : toucher rectal, débitmétrie, bactériologie. Parmi les HBP non compliquées : 36% ont vu leurs symptômes totalement disparaître, 42% observent une diminution significative de leurs symptômes dont une augmentation de l'écoulement de l'urine. Parmi les HBP compliquées, un seul a signalé une

amélioration. Cette étude permet de justifier de l'utilité de Graminex pour soulager les symptômes d'une HBP non compliquée.

Elist et al. en 2006, ont également confirmé qu'un extrait de pollen avait des effets supérieurs au placebo dans le soulagement des symptômes chez les hommes atteints d'HBP non bactérienne.

Plus récemment, Wagenlehner et al. en 2009, ont réalisé une étude européenne en double aveugle de phase trois. Un groupe de 130 hommes souffrant de symptômes chroniques de l'HBP ont reçu chaque jour des capsules d'extrait de Pollen (deux toutes les huit heures) ou un placebo pendant douze semaines. Les hommes ayant pris le pollen déclarent une amélioration significative de leurs symptômes, une diminution des douleurs et une amélioration de leur qualité de vie comparativement au groupe ayant reçu le placebo.

Complément alimentaire dérivé de Graminex, le Prost-P10x® est un médicament des troubles bénins de la prostate qui combine 500 mg de Graminex avec 10 autres ingrédients qui sont la quercétin, la vitamine D, le Cranberry, saw palmetto, *Urtica dioica*, thé vert, β -sitosterol, Indole-3-carbinol, *Pygeum*, Zinc et vitamine E. L'ensemble permet de soutenir le débit urinaire et le volume normal, de soutenir la réponse naturelle à la réduction de DiHydroTestosterone (DHT), aider la régulation naturelle de la 5-alpha-réductase pour maintenir un volume prostatique normal, promouvoir la fonction urinaire, encourager la libido et la réponse sexuelle et stimuler le système immunitaire.



- **POSTABIOL® et PROSTA'STEROL®**

Ce sont tous deux des compléments alimentaires disponibles en France, à base d'huiles de pépins de courge et de poudre de pollen de fleurs. Destinés aux hommes souffrant d'inconforts urinaires liés à l'HBP.

La prise se fait par cures de 2 mois à raison de 2 capsules par jour au petit déjeuner.



Pour de meilleurs résultats et une action synergique, il est également courant de retrouver le pollen associé à d'autres produits de la ruche tels que la gelée royale, la propolis ou le miel mais également avec du ginseng dans le but de stimuler les défenses naturelles et tonifier l'organisme.



B. Posologie et mode d'administration

1. Pollen frais congelé

En règle générale, on conseille une prise de 15g de pollen par jour ce qui équivaut à une cuillère à soupe rase.

Cette posologie peut être doublée voire triplée en début de traitement pendant quelques jours en guise de dose d'attaque

2. Pollen sec

Afin d'obtenir de bon résultats et se rapprocher au maximum de ceux obtenus avec du pollen frais, on conseillera la prise de 20 à 25g de pollen sec/j.

Le pollen doit être mâché et gardé en bouche quelques minutes afin de laisser agir les enzymes salivaires et permettre une meilleure absorption des principes actifs. La prise se fait le matin au petit déjeuner.

En raison de son gout particulier et pas apprécié de tous, on peut conseiller de mélanger le pollen au petit déjeuner : dans un verre de jus de fruit , un bol de yaourt ou une compote de fruit.

Il est intéressant de faire deux cures de pollen par an d'une durée de 3 mois : à l'entrée et à la sortie de l'hiver pour redynamiser l'organisme.

C. Les limites

1. Limites réglementaires

Le 15 janvier 2014, le parlement Européen a décidé que seul le miel possédant plus de 0,9% de pollen transgénique devrait être étiqueté "Avec OGM". Le 16 avril 2014, il considérait le pollen transgénique comme un constituant naturel du miel et excluait alors toute règle d'étiquetage informant ou non de la présence d'OGM : « Les abeilles butinent parfois à plus de 10 km de leur ruche. Il aurait été totalement irresponsable d'obliger tous les apiculteurs à tester chacun de leur pot de miel pour vérifier que les abeilles n'ont pas été au contact d'OGM »...*Qu'en est-il du pollen d'abeille ?* [Inf'OGM, 2011]

Concernant le pollen frais, congelé ou sec, le parlement rejette également l'étiquetage OGM. Pour s'assurer ou au moins limiter la contamination, l'apiculteur utilise plusieurs techniques. Tout d'abord, imaginer qu'il peut récolter du pollen purement biologique et dépourvu d'OGM est utopiste, l'abeille est libre et peut très bien accéder à un champ OGM et rempli de pesticides à quelques kilomètres de sa ruche. Il joue donc sur les dates de floraison et connaît les plantes les plus transformées génétiquement (Maïs, Tournesol,..). Ainsi, lors de sa récolte il identifie le pollen macroscopiquement et microscopiquement. Par exemple le maïs fleurit 3 semaines après la fin de floraison des châtaigniers, en récoltant du pollen de châtaignier il a donc de grandes chances d'éviter du pollen de maïs transgénique.

Il peut éventuellement installer ses ruches dans des zones reculées loin de champs OGM pour essayer de garantir au maximum un pollen vierge, mais là encore rien n'est certain qu'il n'y aura aucune trace de pollen transgénique.

Un autre risque associé à la consommation du pollen est sa teneur en pesticides. Cependant, comme nous l'avons vu dans la partie réglementaire, la vente de pollen est encadrée par des teneurs maximales en pesticides ce qui rend ce risque moindre pour l'homme.

En effet, les abeilles récoltent le miel, le pollen mais également de l'eau pour subvenir aux besoins de leur colonie. Ces prélèvements se font malheureusement dans un environnement soumis à des contaminants bactériens et chimiques qui peuvent se retrouver dans les produits destinés à la consommation humaine. En France, différents polluants sont testés systématiquement à la demande du ministère de l'Agriculture, des producteurs ou des revendeurs. Cependant une attention particulière doit être portée sur les produits apicoles importés. [C. Fléché et al., 1997]

2. Contre indications

Par la présence accidentelle possible de pollen anémophile non transformé par l'abeille et par conséquent allergène, on déconseillera la prise de pollen d'abeille à un patient allergique au pollen.

Du fait de ses propriétés immuno-modulatrices, nous le déconseilleront également pour des patients sous traitement immunosuppresseur.

D. Effets indésirables et toxicité du Pollen : L'allergie aux pollens

1. L'allergie au pollen : Un phénomène de santé publique

A l'heure actuelle, l'allergie respiratoire est en augmentation et touche plus de 20% de la population française. Cette atopie est en partie héréditaire comme l'ont montré des études réalisées sur des jumeaux identiques : lorsqu'un est allergique, le second a 75% de chances de l'être également. Des études génétiques plus approfondies ont également mis en évidence cinq loci régulièrement mis en cause : le locus du CMH, le locus des cytokines majoritaires TH2, IL4, IL5 et IL3, le locus du gène de la chaîne Beta de FcεRI, le locus comprenant STAT6 et interféron gamma et celui codant les chaînes TCR alpha et delta.

Sont en causes également de nombreux facteurs intérieurs ou extérieurs. On peut classer les allergènes en trois groupes :

- Les allergènes environnementaux intérieurs que l'on peut inspirer à l'intérieur même de l'habitat. Il s'agit entre autre des acariens, des poils d'animaux divers et des moisissures.
- Les allergènes environnementaux extérieurs. C'est ici que l'on retrouve le pollen mais également les moisissures. On notera que les bébés nés à la fin de l'hiver ou au début du printemps présente une incidence de maladie allergique beaucoup plus élevée que les bébés nés à un autre moment de l'année. il existe donc une période critique en ce qui concerne les naissances.
- Les facteurs de pollutions atmosphériques indirectement : L'allergénicité du pollen peut être augmenté par la pollution et les muqueuses respiratoires peuvent également être modifiées et rendues plus sensibles aux grains de pollen. [RNSA, 2007]

La rhinite allergique est une réaction d'hypersensibilité immédiate en réponse à la présence d'allergènes dans les voies nasales. Plus communément nommée "rhume des foins", la rhinite allergique est la maladie allergique la plus courante. Elle

se traduit par des éternuements, un écoulement nasal clair, la congestion et rougeur de la muqueuse nasale mais également des manifestations oculaires telles que les larmoiements et les picotements. Ces symptômes sont dus à la liaison de l'allergène à l'IgE, au pontage des FcεRI et à la dégranulation des mastocytes. [Defranco et al., 2009]

L'incidence des allergies aux pollens anémophiles dans les pays développés dépasse les 20%. La répartition géographique des différentes espèces végétales a une influence évidente sur l'incidence d'allergie respiratoire dans chaque région. Au nord de la France le bouleau est le plus en cause tandis qu'au sud les espèces responsables d'allergies sont le mimosa, le cyprès et l'olivier. L'ambrosie cause de nombreux problèmes également sur le pourtour méditerranéen. [Quequet, 2005]

2. Mécanisme de l'allergie

L'allergie au pollen anémophile est une réaction allergique de type 1 qui nécessite une phase de sensibilisation. C'est au cours de cette phase que sont produits des IgE spécifiques de l'antigène présent à la surface du grain de pollen. Ces IgE se lient à la surface de mastocytes tissulaires. Lors d'une seconde exposition, l'allergène se lie directement à l'IgE-mastocytes et provoque la libération d'histamine d'action inflammatoire immédiate et de leucotriènes et cytokines aux effets plus tardifs mais de longue durée.

Ces IgE sont produites par les cellules Beta-folliculaires et transportées dans le sang vers les sites inflammatoires. Après leur entrée dans les tissus par les porosités vasculaires, elles se lient au récepteur des IgE de haute affinité (FcεRI) des mastocytes pendant plusieurs jours. Les Polynucléaires basophiles expriment également le FcεRI et lient fortement les IgE. Ils provoquent alors la production de médiateurs de l'inflammation et amplifient la réponse inflammatoire. Les éosinophiles sont attirés vers les sites de l'inflammation par les mastocytes et les cellules TH2.

Le FcεRI se compose d'une chaîne alpha liant l'IgE, d'une chaîne beta et d'un homodimère de chaîne gamma. Ces deux dernières participent à la transduction du signal induisant la dégranulation rapide des mastocytes. Cette dégranulation libère des quantités importantes d'histamine, les tryptases (protéoglycanes héparines) et chymases (sulfates de chondroïtine) ainsi que les cytokines inflammatoires TNF-α. L'histamine étant métabolisée rapidement par l'organisme, ses actions sont de courte durée : extravasation du plasma provoquant un œdème et induction d'érythème par relaxation des muscles lisses vasculaires, l'ensemble provoquant l'apparition de papules érythémateuses caractéristiques utilisées dans le diagnostic d'allergies via le test allergique cutané. . [Defranco et al., 2009]

L'allergène qui nous intéresse ici est l'allergène pollinique provenant de plantes anémophiles telles que les arbres, graminées ou herbacées. [Immunologie

3ème édition, 2009]. Les grains de pollen sont trop larges pour pénétrer jusqu'aux voies respiratoires profondes. Etant extrêmement solubles dans l'eau, ils sont capables de provoquer une réaction allergique médiée par les IgE seulement quelques secondes après le contact avec les muqueuses respiratoires. Les pics de pollutions transforment la qualité du pollen et le rend parfois plus allergène.

Des études expérimentales ont prouvé que les fragments de pollen contenaient des NADPH oxydases et des particules lipidiques pouvant amplifier la réponse immunitaire en produisant des espèces réactives de l'oxygène (ERO) chémo-attractives.

Sur un grain de pollen, l'allergène est présent sur l'intime et est différent selon le type de pollen. Pour exemple, le pollen d'Aloe vera ne présente aucun caractère allergène. Lorsque le grain de pollen rentre en contact avec de l'eau il se gonfle et provoque le mécanisme de fécondation et l'activation de l'allergène avec la fuite d'une enzyme de structure protéique.

3. Reconnaître une pollinose

Pour différencier la rhinite chronique de la rhinite allergique saisonnière, l'interrogatoire du patient trouve une place importante. La périodicité de la rhinite donne une indication : si elle survient souvent chaque année à la même période et qu'elle est associée à des signes cliniques oculaires tels qu'une conjonctivite ou un œdème palpébral, ou encore associée à un asthme, une pollinose est suspectée. Ce terrain atopique est rarement décrit chez les enfants avant l'âge de 7 ans. [Begon-Bagdassarian, 1998]. Le patient est alors adressé à un allergologue pour pratiquer des tests allergiques cutanés.

4. Le pollen d'abeille (entomophile) face à l'allergie aux pollens anémophiles

Comme nous l'avons vu, le pollen entomophile a une action sur le microbiote intestinal : il améliore l'immunité du patient allergique et associé à du miel il augmente la survie et la croissance des ferments lactiques. Les lactobacilles forment ainsi un biofilm protecteur de la muqueuse intestinale.

Il a également une action sur le mécanisme IgE dépendant en apportant du cuivre et du sélénium qui diminuent l'incidence de marqueurs d'atopie et ont un effet dose-dépendant sur la dégranulation des mastocytes en diminuant leur synthèse. Ils possèdent également une action contre les médiateurs intracellulaires, les IL-4.

Dans l'allergie, deux phénomènes se produisent :

- **Une réponse immunitaire innée** qui met en jeu une cascade réactionnelle :

Oxydation NADPH --> Libération de produits oxydés --> Libération de médiateurs IL8 --> Activation des cellules de défense éosinophiles --> oxydation

- **Une réponse immunitaire acquise** : l'ensemble des pollens anémophiles ont une activité qui stimule la production de NADPH qui active l'inflammasome proIL1B --> IL1B qui induit la production de facteurs de lutte : SOD, sécrétion de protéines inflammatoires et apoptose.

Le pollen entomophile peut aider à la lutte contre cette oxydation en apportant les cofacteurs mineurs des enzymes d'oxydoréduction : zinc, manganèse, cuivre et fer. Il peut être porteur d'une allégation de santé "participe à la lutte contre l'oxydation". [Nonotte, 2014]

Les mastocytes sont activés par la réticulation du fragment Fc de l'IgE par les antigènes (Ag) multivalents jouant un rôle critique dans la réaction allergique en sécrétant des médiateurs granulaires stockés ainsi qu'en activant la synthèse *de novo* de cytokines. Bien qu'il ait été rapporté que le pollen d'abeille a été administré par voie orale à des patients souffrant d'allergie au pollen pour produire une désensibilisation orale, l'effet direct du pollen sur la fonction des mastocytes ainsi que son effet sur la signalisation intracellulaire n'a pas été étudiée.

L'activité antiallergique du pollen d'abeille a été étudiée en administrant par voie orale ce pollen sur des cobayes souffrant d'une réaction anaphylactique cutanée. Le Pollen d'abeille inhibe significativement l'extravasation des mastocytes (marquée par un colorant). Ce pollen est donc capable d'inhiber la dégranulation des mastocytes de manière dose dépendante. La production de cytokines TNF- α est également réduite par l'incubation des cellules avec du pollen d'abeille à faible concentration. [Y.Ishikawa et al., 2008]

De plus, les flavonoïdes présents dans le pollen d'abeille comme la myricétine, kaempferol, quercétine et luteoline inhibent l'histamine, les leucotriènes, les prostaglandines et les facteurs stimulants les macrophages.

Ceci montre une protection partielle de choc anaphylactique systémique. La myricétine (un des flavonoïdes présent dans le pollen d'abeille à 2%) est capable de réduire le nombre de leucocytes et éosinophiles dans les poumons, il diminue la production d'IgE. Sur souris traitée par myricétine on observe la diminution d'œdème de la patte de 42 à 54% avec un effet dose-dépendant. Ce traitement diminue également la mortalité des rats de 20% à 50% selon la dose administrée de pollen dans les cas de choc anaphylactiques. [Medeiros et al., 2008]

Malgré ces données, d'autres études sont nécessaires afin d'explorer et confirmer les effets bénéfiques du pollen apicole sur l'allergie. L'administration de Pollen d'abeille à une personne allergique reste dangereuse car la présence de pollen anémophile n'est pas exclue. Il ne devrait pas être administré, au même titre que les autres produits de la ruche, chez les patients étant prédisposés à l'allergie. En effet, il est connu que les personnes atopiques et asthmatiques ont un risque accru de déclencher une réaction allergique après avoir consommé ce genre de produit. Il est alors nécessaire d'en avertir le consommateur sur l'étiquetage du pollen. [Martín-Muñoz et al., 2010]

5. Traiter l'allergie aux pollens anémophiles

"Pollen" est une souche homéopathique obtenue à partir de pollen multifleurs. Elle est indiquée systématiquement dans le syndrome allergique et agit sur l'inflammation des muqueuses lors des périodes de pollinisation.

On conseillera de prendre pollen 5CH 5 granules matin et soir en dehors de repas, du tabac, du café et de la menthe en association avec d'autres souches afin de prendre en charge les autres symptômes.

- Rhumes, éternuements, écoulements clairs et abondants, picotements oculaire : *allium cepa* 9CH
- Rhumes aigus, écoulements peu abondant mais brulent : *arsenicum album* 9 CH
- Eternuements spasmodiques, obstruction narine, écoulement abondant : *sabadilla* 5 à 9 CH
- Nez qui gratte, bouché le matin : *nux vomica* 5 CH
- Larmolements, rougeurs et irritation conjonctive : *euphrasia officinalis* 5 à 9 CH

Comme Nous l'avons vu précédemment, il existe des médicaments destinés à la désensibilisation aux Pollens : Grazax® et Orallair®.

IV. Conclusion

A l'heure actuelle, le pollen apicole est peu présent en Pharmacie. Considéré comme un complément alimentaire il rentre pourtant sans conteste dans la liste des produits autorisés à la vente en Pharmacie. [Légifrance, 2002]. Cependant, il apparaît évident que l'origine géographique et botanique du pollen, sa composition, son respect des bonnes pratiques de préparation doivent être tracés avant toute commercialisation. Le Pharmacien qui souhaite vendre du pollen doit se rapprocher d'un producteur et vendeur ayant déclaré son produit. A proprement parler et après avoir interrogé plusieurs organismes tels que l'ordre des Pharmaciens, l'ANSM, le DGCCRF, le CEDEF ou encore l'ITSAP, il n'y a pas de réglementation spécifique interdisant un pharmacien de vendre le pollen d'un apiculteur voisin comme il peut en vendre le miel.

Concernant le Pollen frais congelé, peu de pharmacies disposent d'office d'un congélateur, rendant difficile la conservation de ce pollen. Il peut cependant les commander au laboratoire Pollenergie qui grâce à sa technique brevetée permettra au produit d'être transporté et conservé à température ambiante pendant une période de 7 jours maximum et de le recongeler sans risque. Cependant il faut noter que le pollen commence à perdre ses propriétés anti-oxydantes après 3 jours à température ambiante.

En France, très peu de Pharmacies se sont lancées dans la vente de pollen apicole frais congelé. A titre d'exemple et après avoir pris contact avec un Pharmacien en vendant, il s'avère que référencer le pollen n'a rien de compliqué. Souhaitant développer son rayon micronutrition et convaincue par les vertus du pollen frais, elle s'est rapprochée d'un laboratoire proposant des pollens frais congelés, et dispose de quelques références à disposition des patients. La seule contrainte reste le respect exclusif de la chaîne du froid négatif pour les pollens frais qui ne bénéficient pas de la technologie brevetée par Pollenergie. Les produits provenant d'un laboratoire sont assurés en matière de qualité et de traçabilité à la différence d'un apiculteur anonyme.

Il ne faut pas craindre l'allergie au pollen apicole chez les patients dont on connaît une allergie aux pollens entomophiles. Comme nous l'avons démontré précédemment, ces deux pollens sont totalement différents. Cependant, il ne faudra pas exclure le risque allergique qui n'est jamais nul.

La complémentation en pollen ne peut évidemment remplacer un traitement s'il est nécessaire mais il l'accompagne et potentialise les résultats. Il serait intéressant que le pollen d'abeille devienne un allié courant de santé au même titre que les compléments alimentaires classiques. Ils pourraient être la base de nouveaux conseils associés en adaptant chaque pollen à chaque pathologie et créer un dialogue riche et instructif entre le Pharmacien et le Patient puisque une connaissance du patient, de

son alimentation, de ses habitudes et de sa santé sont nécessaires pour lui conseiller le pollen le plus adapté. Outre le bénéfice sur la santé, conseiller du pollen frais congelé peut faire prendre conscience aux patients de l'importance de l'alimentation dans la prise en charge de leur pathologie quelle qu'elle soit.

Aujourd'hui, la population générale se tourne de plus en plus vers une médecine plus naturelle. Les produits issus de l'apiculture et en particulier le pollen sortent de l'ombre et leur innocuité associée à leur efficacité attirent de plus en plus. Sans jamais séparer la vente du conseil, le pollen devrait se trouver davantage en Pharmacie dans les années à venir.

Bibliographie

- ABEILLES SENTINELLES : apiculture, apiculteur, unaf, miel, cruiser, pollinisation », consulté le 3 juillet 2016, <http://www.abeillesentinelles.net/>
- AGRI LISA, Consulté le 13 mars 2017, http://www.agrilisa.com/Boutique/tabid/64/ProdID/41092/TRAPPE_A_POLLEN_DT10.aspx
- ALAUX et al., " Nutrigenomics in honey bees : digital gene expression analysis of pollen's nutritive effects on healthy and varroa-parasitized bees", *BMC Genomics*, 2011, 12:496
- ALMEIDA-MURADIAN et al., « Chemical composition and botanical evaluation of dried bee pollen pellets », *Journal of Food Composition and Analysis* 18, n° 1 (février 2005): 105-11, doi:10.1016/j.jfca.2003.10.008.
- AMELI SANTE , le site d'information santé de l'Assurance Maladie », consulté le 3 juillet 2016, <http://www.ameli-sante.fr/>.
- ASSISTANCE TAYSIR, consulté le 13 mars 2017, www.assistancetayir.blogspot.fr
- ATTIA et al., « Effect of Bee Pollen Levels on Productive, Reproductive and Blood Traits of NZW Rabbits », *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 95, n° 3 (juin 2011): 294-303, doi:10.1111/j.1439-0396.2010.01054
- AVNI et al., « Nutritional Aspects of Honey Bee-Collected Pollen and Constraints on Colony Development in the Eastern Mediterranean », *Journal of Insect Physiology* 69 (octobre 2014): 65-73, doi:10.1016/j.jinsphys.2014.07.001
- Barker, « Some Carbohydrates Found in Pollen and Pollen Substitutes Are Toxic To Honey Bees ».
- BEE EVOLUTION, « Vente de reines inséminées, reines fécondées, essaims d'abeilles : Bee-evolution », consulté le 3 juillet 2016, <http://www.bee-evolution.com/>.

- BEE HEXAGON, « Welcome, News - bee-hexagon.net », consulté le 3 juillet 2016, <http://www.bee-hexagon.net/>.
- BEGON-BAGDASSARIAN Isabelle, *Allergies de L'adulte et de L'enfant* (De Boeck Secundair, 1998)
- BELHADJ et al., "Phenotypic and genotypic characterization of some lactic acid bacteria isolated from Bee Pollen : A preliminary study," 2014, vol 33, 11-23
- BONVEHI et JORDA, « Nutrient Composition and Microbiological Quality of Honeybee-Collected Pollen in Spain », *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45, n° 3 (1 mars 1997): 725-32, doi:10.1021/jf960265q.
- CAMPOS et al., « Age-Induced Diminution of Free Radical Scavenging Capacity in Bee Pollens and the Contribution of Constituent Flavonoids », *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51, n° 3 (29 janvier 2003): 742-45, doi:10.1021/jf0206466
- CAMPOS et al., " Pollen composition and standardisation of analytical methods" , *Journal of Apicultural Research and Bee World* 47(2): 156-163 (2008)
- CAMPOS et al., "what is the future of Bee-Pollen?", *Journal of ApiProduct and ApiMedical Science* 2 (4): 131-144 (2010)
- CARMELIET Peter, « VEGF as a Key Mediator of Angiogenesis in Cancer », *Oncology* 69 Suppl 3 (2005): 4-10, doi:10.1159/000088478.
- CERNELLE, « Cernelle - Welcome to Cernelle », consulté le 3 juillet 2016, <http://cernelle.com/>.
- CLIMATIC, Cycle de reproduction des plantes à fleurs, Consulté le 13 mars 2017, http://climatic.inforef.be/palyno/1/cycle_reproduction.htm
- DARMON. N *et al.* Am. J. Clin. Nutr. 2009; 89: 1227-36
- DA SILVA et al. " Identification of Sugar, Amino Acids and Minerals from the Pollen of Jandaíra Stingless Bees (*Melipona subnitida*)", *Food and Nutrition Sciences*, 2014, 5, 1015-1021
- DE ARRUDA et al., " Presence and stability of B complex vitamins in bee pollen using different storage conditions", *Food and chemical toxicology*, vol 51, 2013, p.143-148

- DEFRANCO Anthony L., ROBERTSON Miranda, et LOCKSLEY Richard M., *Immunité: la réponse immunitaire dans les maladies infectieuses et inflammatoires* (De Boeck Supérieur, 2009).
- DI PAOLA-NARANJO et al. "Liquid chromatographic-mass spectrometric analysis of anthocyanin composition of dark blue bee pollen from *Echium plantagineum*", *J. Chromatogr.*, 2004 Oct 29;1054 (1-2) :205-10
- DI PASQUALE et al., « Influence of Pollen Nutrition on Honey Bee Health: Do Pollen Quality and Diversity Matter? », *PLoS ONE* 8, n° 8 (5 août 2013), doi:10.1371/journal.pone.0072016;
- Dolezal et al., « Pollen Contaminated With Field-Relevant Levels of Cyhalothrin Affects Honey Bee Survival, Nutritional Physiology, and Pollen Consumption Behavior ».
- DOLDO et al., « Vitamin A, Cancer Treatment and Prevention: The New Role of Cellular Retinol Binding Proteins », *BioMed Research International* 2015 (2015), doi:10.1155/2015/624627
- ERASLAN et al., « Evaluation of Protective Effect of Bee Pollen against Propoxur Toxicity in Rat », *Ecotoxicology and Environmental Safety* 72, n° 3 (mars 2009): 931-37, doi:10.1016/j.ecoenv.2008.06.008.
- ERASLAN et al., " Effect of carbaryl on some biochemical changes in rats : the ameliorative effect of bee pollen", *Food and Chemical Toxicology: An International Journal Published for the British Industrial Biological Research Association* 47, n° 1 (janvier 2009): 86-91, doi:10.1016/j.fct.2008.10.013
- FANALI et al., « Nano-Liquid Chromatography in Nutraceutical Analysis: Determination of Polyphenols in Bee Pollen », *Journal of Chromatography. A* 1313 (25 octobre 2013): 270-74, doi:10.1016/j.chroma.2013.06.055
- FATRCOVA-ŠRAMKOVA et al., « Antioxidant and Antimicrobial Properties of Monofloral Bee Pollen », *Journal of Environmental Science and Health. Part. B, Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes* 48, n° 2 (2013): 133-38, doi:10.1080/03601234.2013.727664.

- FEAS et al., « Organic Bee Pollen: Botanical Origin, Nutritional Value, Bioactive Compounds, Antioxidant Activity and Microbiological Quality », *Molecules* 17, n° 7 (11 juillet 2012): 8359-77, doi:10.3390/molecules17078359.
- FLECHE et al., « [Contamination of bee products and risk for human health: situation in France] », *Revue Scientifique Et Technique (International Office of Epizootics)* 16, n° 2 (août 1997): 609-19.
- FREIRE et al., « Bee Pollen: Chemical Composition and Therapeutic Application », *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine : eCAM* 2015 (2015), doi:10.1155/2015/297425
- FREIRE et al., " Palynological Origin, Phenolic Content, and Antioxidant Properties of Honeybee-Collected Pollen from Bahia, Brazil", *Molecules*, 2012, 17:1652-64
- GARCIA-CHAO et al., « Validation of an off-Line Solid Phase Extraction Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry Method for the Determination of Systemic Insecticide Residues in Honey and Pollen Samples Collected in Apiaries from NW Spain », *Analytica Chimica Acta* 672, n° 1-2 (5 juillet 2010): 107-13, doi:10.1016/j.aca.2010.03.011.
- GEORGIEV et al., « Effects of an Herbal Medication Containing Bee Products on Menopausal Symptoms and Cardiovascular Risk Markers: Results of a Pilot Open-uncontrolled Trial », *Medscape General Medicine* 6, n° 4 (16 décembre 2004)
- GERGEN et al., « Determination of water content in bee's pollen samples by Karl Fischer titration », *Food Control* 17, n° 3 (mars 2006): 176-79, doi:10.1016/j.foodcont.2004.09.018.
- GONZALEZ et al., " Occurrence of mycotoxin producing fungi in bee pollen", *Int J Food Microbiol*, 2005, 105:1-94
- GOUT Jacques, *250 réponses aux questions d'un ami des abeilles* (Le gerfaut, 2008)
- HAMAMOTO et al., "Characterization of the active component in bee pollen *Cistus ladaniferus* extract in stimulating bone calcification and in inhibiting bone resorption in Vitro", 2006, *Journal of Health Science*, 52 : 607-612

- HAN et al., "Down-regulation of prostate specific antigen in LNCaP cells by flavonoids from the pollen of *Brassica napus* L.", 2007, *Phytomedicine* 14, 338-343
- HARO et al., "Beneficial effect of pollen and/or propolis on the metabolism of iron, calcium, phosphorus, and magnesium in rats with nutritional ferropenic anemia", 2000, *J. Agric. Food Chem.*, 48, 5715-5722
- HERBORISTERIE SUISSE, Consulté le 13 mars 2017, <http://www.herboristerie-suisse.fr/plantes-en-vrac/217-pollen-pelote.html>
- HUMAN et NICOLSON, « Nutritional Content of Fresh, Bee-Collected and Stored Pollen of *Aloe Greatheadii* Var. *Davyana* (Asphodelaceae) », *Phytochemistry* 67, n° 14 (juillet 2006): 1486-92, doi:10.1016/j.phytochem.2006.05.023
- ILLUSTRATION MEDICALE , Illustration médicale et scientifique - Virginie Denis, illustratrice medicale freelance », consulté le 3 juillet 2016, <http://www.illustration-medicale.fr/>
- INF'OGM, Inf'OGM - information critique et indépendante sur les OGM, les biotechnologies et les semences », consulté le 4 juillet 2016, <http://www.infogm.org/>
- INPES, Institut national de prévention et d'éducation pour la santé , Consulté le 13 mars 2017, http://inpes.santepubliquefrance.fr/jp/cr/pdf/2007/Session8/session8_2903_mat/N.%20%20Darmon.pdf
- INSERM, « Institut national de la santé et de la recherche médicale », consulté le 3 juillet 2016, <http://www.inserm.fr/>.
- IDF, « International Diabetes Federation », *International Diabetes Federation*, consulté le 3 juillet 2016, <http://www.idf.org/front>.
- ISHIKAWA et al., "Inhibitory effect of honeybee-collected pollen on mast cell degranulation in Vivo and in Vitro", 2008, *Journal of medical food* 11, 14-20

- ISHIKAWA et al., « Lipid-Soluble Components of Honeybee-Collected Pollen Exert Antiallergic Effect by Inhibiting IgE-Mediated Mast Cell Activation in Vivo », *Phytotherapy Research: PTR* 23, n° 11 (novembre 2009): 1581-86, doi:10.1002/ptr.2824
- ISMAIL et al., " Evaluation of pollen collected by honey bee, *apis mellifera* L. colonies at Fayoum Governorate, Egypt. Part 1 : Botanical origin", *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, volume 12, Issue 2, 2013, p.129-135
- ITAL, « ITAL - Instituto de Tecnologia de Alimentos », consulté le 3 juillet 2016, <http://www.ital.sp.gov.br/>.
- IZUTA et al., « Bee products prevent VEGF-induced angiogenesis in human umbilical vein endothelial cells », *BMC Complementary and Alternative Medicine* 9 (2009): 45, doi:10.1186/1472-6882-9-45.
- JEANTET, Fondation Louis Jeantet, Consulté le 13 mars 2017, www.jeantet.ch
- JEYAKUMAR et VAJRESWARI, « Vitamin A as a key regulator of obesity & its associated disorders: Evidences from an obese rat model », *The Indian Journal of Medical Research* 141, n° 3 (mars 2015): 275-84
- KACANIOVA et al., « The Effects of Bee Pollen Extracts on the Broiler Chicken's Gastrointestinal Microflora », *Research in Veterinary Science* 95, n° 1 (août 2013): 34-37, doi:10.1016/j.rvsc.2013.02.022
- KAS'IANENKO et al., « [Correction of atherogenic dyslipidemia with honey, pollen and bee bread in patients with different body mass] », *Terapevticheskiĭ Arkhiv* 83, n° 8 (2011): 58-624
- KETKAR et al., « Investigation of the Nutraceutical Potential of Monofloral Indian Mustard Bee Pollen », *Journal of Integrative Medicine* 12, n° 4 (juillet 2014): 379-89, doi:10.1016/S2095-4964(14)60033-9;
- KOLESAROVA et al., « Consumption of Bee Pollen Affects Rat Ovarian Functions », *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 97, n° 6 (décembre 2013): 1059-65, doi:10.1111/jpn.12013.
- KOVA et al., « [Gastroprotective effect of honey and bee pollen] », *Ėksperimental'naiĭ I Klinicheskaiĭ Gastroĕnterologiiĭ = Experimental & Clinical Gastroenterology*, n° 9 (2014): 72-74

- LEBLANC et al., " Antioxidant activity of Sonoran Desert bee pollen", *Food Chemistry*, volume 115, Issue 4, 2009, p.1299-1305
- LEGIFRANCE , Arrêté du 15 février 2002 fixant la liste des marchandises dont les pharmaciens peuvent faire le commerce dans leur officine, s. d., consulté le 4 juillet 2016, <http://www.legifrance.fr>
- LEJA et al., " Antioxidative properties of bee pollen in selected plant species", *Food Chemistry*, volume 100, Issue 1, 2007, p.237-240
- LIUSOV et al., « The effect of bee honey and flower pollen on the tolerance for physical loads, on lipid metabolism and on the rheological properties of the blood in patients with ischemic heart disease », *Kardiologija* 32, n° 7-8 (juillet 1992): 45-48
- MARGAOAN et al., « Predominant and Secondary Pollen Botanical Origins Influence the Carotenoid and Fatty Acid Profile in Fresh Honeybee-Collected Pollen », *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 62, n° 27 (9 juillet 2014): 6306-16, doi:10.1021/jf5020318
- MARGHITAS et al., " In vitro antioxidant capacity of honeybee-collected pollen of selected floral origin harvested from romania", *Food Chemistry*, volume 115, issue 3, 2009, p.878-883
- MARTIN-MUÑOZ et al., « Bee Pollen: A Dangerous Food for Allergic Children. Identification of Responsible Allergens », *Allergologia Et Immunopathologia* 38, n° 5 (octobre 2010): 263-65, doi:10.1016/j.aller.2009.12.003.
- MARUYAMA et al., « Anti-inflammatory effect of bee pollen ethanol extract from *Cistus* sp. of Spanish on carrageenan-induced rat hind paw edema », *BMC Complementary and Alternative Medicine* 10 (2010): 30, doi:10.1186/1472-6882-10-30.
- MEDEIROS et al., "Anti-allergic effect of bee pollen phenolic extract and myricetin in ovalbumin-sensitized mice", 2008, *Journal of Ethnopharmacology*
- Melo et Almeida-Muradian, « Stability of antioxidants vitamins in bee pollen samples ».

- MICROBIOTE INTESTINAL, « Le microbiote intestinal (ou flore intestinale) - par Biocodex », consulté le 3 juillet 2016, <http://www.microbiote-intestinal.fr/>.
- MORAIS et al., « Honeybee-Collected Pollen from Five Portuguese Natural Parks: Palynological Origin, Phenolic Content, Antioxidant Properties and Antimicrobial Activity », *Food and Chemical Toxicology: An International Journal Published for the British Industrial Biological Research Association* 49, n° 5 (mai 2011): 1096-1101, doi:10.1016/j.fct.2011.01.020
- MORGANO et al., « Determination of water content in Brazilian honeybee-collected pollen by Karl Fischer titration », *Food Control* 22, n° 10 (octobre 2011): 1604-8, doi:10.1016/j.foodcont.2011.03.016
- MÜNSTEDT et al., « Bee pollen and honey for the alleviation of hot flushes and other menopausal symptoms in breast cancer patients », *Molecular and Clinical Oncology* 3, n° 4 (juillet 2015): 869-74, doi:10.3892/mco.2015.559
- NAGAI et al., « Antioxidant Activity and Angiotensin I-Converting Enzyme Inhibition by Enzymatic Hydrolysates from Bee Bread », *Zeitschrift Für Naturforschung. C, Journal of Biosciences* 60, n° 1-2 (février 2005): 133-38
- NATUROPATHIESITE, Consulté le 13 mars 2017, www.naturopathiesite.free.fr
- NOGUEIRA et al., « Commercial Bee Pollen with Different Geographical Origins: A Comprehensive Approach », *International Journal of Molecular Sciences* 13, n° 9 (7 septembre 2012): 11173-87, doi:10.3390/ijms130911173;
- NONOTTE, Docteur Nonotte, Congrès de l'AFA, Paris, 2014
- OLOFSSON et al., « *Lactobacillus apinorum* sp. nov., *Lactobacillus mellifer* sp. nov., *Lactobacillus mellis* sp. nov., *Lactobacillus melliventris* sp. nov., *Lactobacillus kimbladii* sp. nov., *Lactobacillus helsingborgensis* sp. nov. and *Lactobacillus kullabergensis* sp. nov., isolated from the honey stomach of the honeybee *Apis mellifera* ».
- PARAMAS et al., « HPLC-fluorimetric method for analysis of amino acids in products of the hive (honey and bee-pollen) », *Food Chemistry* 95, n° 1 (mars 2006): 148-56, doi:10.1016/j.foodchem.2005.02.008

- PARLEMENT EUROPEEN, « Parlement européen », *Parlement européen*, consulté le 3 juillet 2016, <http://www.europarl.europa.eu/>.
- PERCIE DU SERT Patrice, *Ces pollens qui nous soignent* (Trédaniel éditeur, 2009)
- PERUSEK et al., « Supplementation with Vitamin A Derivatives to Rescue Vision in Animal Models of Degenerative Retinal Diseases », *Methods in Molecular Biology* (Clifton, N.J.) 1271 (2015): 345-62, doi:10.1007/978-1-4939-2330-4_22
- Pitta et Markaki, « Study of Aflatoxin B1 Production by *Aspergillus Parasiticus* in Bee Pollen of Greek Origin ».
- POLLENS, « Le Réseau National de Surveillance Aérobiologique (R.N.S.A.). », consulté le 4 juillet 2016, <http://www.pollens.fr/accueil.php>.
- PRELIPCEAN et al., "Dynamics of some biochemical properties of bee pollen stored in different conditions", *Lucrari Stiintifice*, volume 56, Seria Zootehnie
- PROSTATE, « Prostate.net - Men's Health - Prostate Cancer, BPH, Prostatitis and ED », *Prostate.net*, consulté le 3 juillet 2016, <http://www.prostate.net>.
- QIAN et al., " analysis of sugars in BP and propolis by ligand exchange chromatography in combination with pulsed amperometric detection and mass spectrometry", *Journal of Food Composition and Analysis* 21 (2008), 78-83
- QUEQUET Catherine, *Vaincre l'allergie: souffrir n'est plus une fatalité* (Alpen Editions s.a.m., 2005)
- REVUE 2 SANTE, Consulté le 13 mars 2017, www.revuedesante.com
- ROITT Ivan M., BROSTOFF Jonathan, et MALE David, *Immunologie. 3ème édition* (De Boeck Supérieur, 2002)
- RZEPECKA-STOJKO et al. : Polyphenols from Bee Pollen: Structure, Absorption, Metabolism and Biological Activity
- SAAD ET WASHINGTON, « Can Vitamin A Be Improved to Prevent Blindness due to Age-Related Macular Degeneration, Stargardt Disease and Other Retinal Dystrophies? », *Advances in Experimental Medicine and Biology* 854 (2016): 355-61, doi:10.1007/978-3-319-17121-0_47

- SALLES et al., « Bee Pollen Improves Muscle Protein and Energy Metabolism in Malnourished Old Rats through Interfering with the Mtor Signaling Pathway and Mitochondrial Activity », *Nutrients* 6, n° 12 (1 décembre 2014): 5500-5516, doi:10.3390/nu6125500
- SARIC et al., « Antioxidant Effects of Flavonoid from Croatian Cystus Incanus L. Rich Bee Pollen », *Food and Chemical Toxicology: An International Journal Published for the British Industrial Biological Research Association* 47, n° 3 (mars 2009): 547-54, doi:10.1016/j.fct.2008.12.007.
- SCIELO, « SciELO - Scientific Electronic Library Online », consulté le 3 juillet 2016, <http://www.scielo.br/>.
- SILVA et al., " Chemical composition and free radical scavenging activity of pollen loads from stingless bee *Melipona subnitida* Ducke", *Journal of Food Composition and Analysis*, volume 19, Issues 6-7, 2006, p.507-511
- SNFGE, « SNFGE.org - Société savante médicale française d'hépatogastroentérologie et d'oncologie digestive », consulté le 3 juillet 2016, <http://www.snfge.org/>.
- SNV JUSSIEU, Consulté le 13 mars 2017, <http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/Photosynthese-cours/04-pigments.htm>
- WEBETAB ACADEMIE DE BORDEAUX, Consulté le 13 mars 2017, www.webetab.ac-bordeaux.fr/Pedagogie/SVT/
- SPIROLL, consulté le 3 juillet 2016, <http://spipoll.org/>
- STINTZING et CARLE, « Functional properties of anthocyanins and betalains in plants, food, and in human nutrition », *Trends in Food Science & Technology* 15, n° 1 (janvier 2004): 19-38, doi:10.1016/j.tifs.2003.07.004
- SYNADIET, « La réglementation des compléments alimentaires en 2014 | Synadiet », consulté le 4 octobre 2015, <http://www.synadiet.org/la-reglementation-des-complements-alimentaires-en-2014>.
- TICHY et NOVAK, « Detection of Antimicrobials in Bee Products with Activity against Viridans Streptococci », *Journal of Alternative and Complementary Medicine (New York, N.Y.)* 6, n° 5 (octobre 2000): 383-89

- TOHAMY et al., « Assessment of anti-mutagenic, anti-histopathologic and antioxidant capacities of Egyptian bee pollen and propolis extracts », *Cytotechnology* 66, n° 2 (mars 2014): 283-97, doi:10.1007/s10616-013-9568-0
- VILLANUEVA et al., « The Importance of Bee-Collected Pollen in the Diet: A Study of Its Composition », *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 53, n° 3 (mai 2002): 217-24.
- WIKIPEDIA, Pain d'abeille (illustration), Consulté le 13 mars 2017, https://fr.wikipedia.org/wiki/Pain_d%27abeille
- WU ET LOU, « A Steroid Fraction of Chloroform Extract from Bee Pollen of Brassica Campestris Induces Apoptosis in Human Prostate Cancer PC-3 Cells », *Phytotherapy Research: PTR* 21, n° 11 (novembre 2007): 1087-91, doi:10.1002/ptr.2235.
- XUE et al., « Analysis of coenzyme Q10 in bee pollen using online cleanup by accelerated solvent extraction and high performance liquid chromatography », *Food Chemistry* 133, n° 2 (15 juillet 2012): 573-78, doi:10.1016/j.foodchem.2011.12.085.
- YAMAGUCHI et al., « Anabolic Effects of Bee Pollen Cistus ladaniferus Extract on Bone Components in the Femoral-Diaphyseal and -Metaphyseal Tissues of Rats in Vitro and in Vivo », *Journal of Health Science - J HEALTH SCI* 52, n° 1 (2006): 43-49, doi:10.1248/jhs.52.43.
- YILDIZ et al., « Total Monoamine Oxidase (MAO) Inhibition by Chestnut Honey, Pollen and Propolis », *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry* 29, n° 5 (octobre 2014): 690-94, doi:10.3109/14756366.2013.843171.
- YONEDA et al., « Anti-Aging Effects of Co-Enzyme Q10 on Periodontal Tissues », *Journal of Dental Research* 92, n° 8 (août 2013): 735-39, doi:10.1177/0022034513490959.
- ZHANG et al., « Determination of Tryptophan in Bee Pollen and Royal Jelly by High-Performance Liquid Chromatography with Fluorescence Detection », *Biomedical Chromatography: BMC* 23, n° 9 (septembre 2009): 994-98, doi:10.1002/bmc.1213.

DEMANDE D'IMPRIMATUR

Date de soutenance : 28 avril 2017

<p align="center">DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN PHARMACIE</p> <p>présenté par : Marion THIBAUT</p> <p><u>Sujet</u> : Le pollen apicole : ses propriétés et ses utilisations thérapeutiques</p> <p><u>Jury</u> :</p> <p>Président : Mme Dominique LAURAIN-MATTAR, Professeur des Universités, Faculté de Pharmacie NANCY</p> <p>Directeur : M. Nicolas CARDINAULT, Directeur de recherches scientifiques, Pollenergie</p> <p>Juges : Mme Rosella SPINA, Maître de Conférence, Université de Lorraine Mr Emmanuel RANFAING, Pharmacien Hospitalier, ALTIR</p>	<p align="center">Vu, Nancy, le 21.03.2017</p> <p align="center">Le Président du Jury Directeur de Thèse</p> <p align="center">M. M. CARDINAULT</p> <p><i>D. Laurain-Mattar</i> <i>Cardinault</i></p>
<p align="center">Vu et approuvé, Nancy, le 21.03.17</p> <p align="center">Doyen de la Faculté de Pharmacie de l'Université de Lorraine,</p> <p align="center">  Francine PAULUS  </p>	<p align="center">Vu, Nancy, le 3 AVR. 2017</p> <p align="center">Le Président de l'Université de Lorraine,</p> <p align="center">  Pierre MUTZENHARDT  </p> <p align="center">N° d'enregistrement : 9798</p>

N° d'identification :

TITRE

LE POLLEN APICOLE : SES PROPRIETES ET SES UTILISATIONS THERAPEUTIQUES

Thèse soutenue le 28 Avril 2017

Par Marion THIBAUT

RESUME :

Le pollen, réputé pour les allergies qu'il provoque chaque année à l'éclosion des fleurs, n'est pas considéré comme un allié en santé humaine. Beaucoup l'ignorent mais il existe deux sortes de pollen : Le pollen anémophile, transporté par le vent et responsable d'allergies saisonnières, et le pollen entomophile, transformé et transporté par les abeilles. Ce dernier possède une composition nutritionnelle extrêmement riche qui lui confère de nombreuses propriétés : antioxydant, immunomodulateur, anti-inflammatoire ou encore... anti-allergique.

De tous les produits de la ruche, il est le moins connu et trouve encore difficilement sa place en Pharmacie. Cependant, ces dernières années et grâce à de nombreuses études pronant ses multiples vertus, il a réussi à s'implanter et rentre désormais dans la composition de spécialités pharmaceutiques indiquées par exemple dans le traitement des troubles de la ménopause ou encore dans ceux qu'occasionnent l'hypertrophie bénigne de la prostate.

On le retrouve commercialisé sous de nombreuses formes mais le pollen frais congelé reste le pollen de référence car il conserve sa qualité nutritionnelle. Chaque plante produit un pollen à la composition variable et de ce fait aux propriétés différentes. Ainsi, pollen de Chataîgnier, de Saule, de Bruyère, ou encore de Ciste auront des indications différentes et demandent une bonne connaissance pour donner le conseil le plus ciblé possible au comptoir.

MOTS CLES : Pollen, Entomophile, Micro-nutrition, Dynamisant, Protection intestinale

Directeur de thèse	Intitulé du laboratoire	Nature
Mr Nicolas CARDINAULT	Directeur scientifique à Pollenergie, St Hilaire de Lusignan	Expérimentale <input type="checkbox"/> Bibliographique <input checked="" type="checkbox"/>
Mme le Pr. Dominique LAURAIN-MATTAR	Laboratoire Structure et Réactivité des Systèmes Moléculaires Complexes	Thème 4

Thèmes

1 – Sciences fondamentales
3 – Médicament
5 - Biologie

2 – Hygiène/Environnement
4 – Alimentation – Nutrition
6 – Pratique professionnelle