

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

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



Mémoire de fin d'études

En Vue d'Obtention du Diplôme Master En Sécurité Alimentaire et
Assurance de Qualité

Spécialité : Science Alimentaire

Thème

**Pollen d'abeille : biochimie,
pharmacologie et la qualité sanitaire**

Présenté par :

M^{elle}. KACER Saliha & M^{elle}. NAIB Thiziri

Soutenu le 16/07/2023

Devant le jury :

Président : Mr. Sadoudi. R

Maitre de conférence A.UMMTO

Promoteur: Mr Bengana .M

Maitre de conférences B, UMMTO

Examineur : Mr. Arkoub.M

Maitre-assistant A, UMMTO

Année 2022/2023



Remerciements

En premier lieu, et avant tous, nous tenons à remercier le bon «Dieu» qui nous à donné la force et la patience d'accomplir ce travail qui est le fruit de notre vie éducative.

*En deuxième lieu, nous tenons spécialement adresser toute nos gratitudes à notre encadreur, «**Mr Bengana Mohamed** »pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils durant toute la période du travail.*

En troisième lieu, nous tenons à remercier les membres de juré d'avoir acceptée de jury notre travail.

*Nos remerciements les plus sincères à **Mr Sadoudi.R.** d'avoir accepté d'évaluer ce travail. Nous tenons à remercier également **Mr Arkoub.M** Pour l'honneur qu'il nous a fait d'examiner ce travail.*

Dédicace

*Je dédie ce modeste travail à la femme la plus chère du monde, la femme qui m'a donné la vie et qui m'a toujours entouré ; ma très chère **maman** ;*

*A l'homme exemplaire qui a sacrifié sa vie afin de nous voir grandir et réussir mon très cher **papa** ;*

*A mes chers **grands parents** pour leurs prières et soutiens*

*A mes sœurs adorables **Ghenima** et **Samia** et mon frère **Madjid** qui n'ont jamais cessé de m'apporter leur soutien*

*A mes frères **Rachid** et **Farid** et leurs femmes **Lamia** et **Dhia** pour tous leurs encouragements*

*A la personne qui est toujours à mes côtés **Hakim** merci pour tes sacrifices, ton soutien moral et gentillesse.*

*A mon binôme **Thiziri** et toute sa famille. A mes chères amies en particuliers **Fazia**, **Nina**, **Kamilia** et **Sabrina** A mes chers **cousins**, **cousines** et à toute personne qui m'a aidé de proche ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.*

Que dieu leur accordé santé et prospérité.

Saliha

Dédicace

Je remercie le Dieu tout puissant d'avoir fait que ce jour arrive et de m'avoir offert les personnes très chères à qui je dédie ce modeste travail.

A mes chers parents Saïd et Nadia qui n'ont jamais cessé de m'encourager et de me soutenir depuis mon jour de vie votre présence à mes cotes et ma source de force je ne saurai vous remercier assez que ce travail traduise ma gratitude et mon affection envers vous.

A mes très chères frères Yazid et Nacer qui sont toujours là pour moi merci pour tout ce que vous êtes je vous souhaite toute la réussite dans votre vie.

A mes chères copines Naima, Feriel et Meriem merci pour toute ces années passées a vos cotes votre aide votre confiance. et surtout votre folie qui m'ont beaucoup aides que dieu préserve cette amitié.

A toute ma famille mes tantes et tous les cousins et Cousines.

A mon binôme Saliha merci pour cette merveilleuse aventure et cette incroyable expérience je vous souhaite le meilleur et le succès que tu mérites.

Je ne pourrai finir sans citer une personne très chère Meziane qui me soutient et m'encourage à chaque fois. Je te souhaite le succès et la réussite que tu mérites.

Thiziri

Liste des figures

Chapitre I

Figure 1 : l'anatomie de l'abeille	4
Figure 2 : les castes de la ruche	5
Figure 3 : la structure d'une fleur	6
Figure 4 : structure de grain de pollen.....	9
Figure 5 : pelote de pollen d'abeille.	10
Figure 6 : le processus de la pollinisation.	11

Chapitre II :

Figure 7 : composition moyenne de grain de pollen.	13
--	----

Chapitre III

Figure 8 : Confection des pelotes par l'abeille	23
Figure 9 : la collecte du pollen	24
Figure 10 : Trappe d'entrée	24
Figure 11 : une trappe à pollen.....	25
Figure 12 : séchoir à pollen	32
Figure 13 : une pilote de séchage solaire	33
Figure 14 : Chambre a séchage chariots à claies.....	34
Figure 15 : Tarare pour pollen.....	35
Figure 16 : mise en pots.	42
Figure 17 : type de l'étiquetage du pollen.....	43

Liste des tableaux

Chapitre I

Tableau I : espèces pollinifères en Algérie	7
--	---

Chapitre II

Tableau II : la teneur en acides aminés.....	14
Tableau III : Les acides gras des différents types de pollen d'abeille.....	15
Tableau IV :les minéraux présents dans le pollen et leurs apports journalier	16
Tableau V : teneur de pollen en vitamines	17

Chapitre IV

Tableau VI : Critères de qualité du pollen collecté par l'abeille	46
Tableau VII : normes des germes pathogènes dans le pollen.....	47
Tableau VIII : Critères sensoriel et microbiologiques de la qualité du pollen récolter par l'abeille aires	47

Liste des abréviations

°c : degré Celsius

AA : acide aminée

ADN : acide désoxyribonucléique

AGS : acide gras saturés

CLHP : chromatographie liquide haute performance

Cm : centimètre

CO₂ : Dioxyde De Carbone

CPG : chromatographie phase gazeuse

DLUO : date limitées d'utilisation optimale

g : gramme

GBP : guide de bonne pratique

GBPA : guide de bonne pratique apicole

HACCP :

HDPE : Polyéthylène Haute Densité

HS : heures

IAA : industrie agro-alimentaire

Jrs : jours

m² : mètre au carré

Max : maximum

Mg : milligramme

Min : minimum

Mm : millimètre

NAD : la nicotinamide adénine dinucléotide

Sommaire

Introduction	1
---------------------------	----------

Chapitre I : Généralité sur l'abeille et son pollen

I. L'abeille	3
1. Aperçu sur l'abeille	3
2. Anatomie de l'abeille	3
3. Caste de la colonie	4
II. La fleur et sa structure	5
1. Définition	5
2. Morphologie de la fleur	5
3. Types des plantes mellifères	6
III. Le pollen	8
1. Définition	8
2. L'origine du pollen	8
3. La structure de grain du pollen	8
4. Les types du pollen	9
5. Pelotes de pollen	9
6. La pollinisation	10

Chapitre II : compositions biochimiques et propriétés thérapeutiques du pollen d'abeille

I. Composition biochimiques du pollen	13
1. Teneur en eau	13
2. Hydrates de carbone	13
3. Protéines et acides aminés	13
4. Lipides	14
5. Les minéraux	15
6. Autres composants biochimiques	16
II. La valeur nutritionnelle et propriétés thérapeutique du pollen d'abeille	18
1. Valeur nutritionnelle	18
2. Valeurs thérapeutique et pharmaceutique	18

Chapitre III : récolte, séchage et conditionnement du pollen d'abeille

I. La récolte du pollen d'abeille	23
1. La récolte Par l'abeille	23
2. La récolte Par l'homme.....	24
3. Le choix des colonies de récolte	26
4. Efficacité des trappes	26
5. Les conditions influençant sur la récolte	26
6. La quantité de pollen prélevé par an	27
7. variation qualitative	27
II. Altérations qui peuvent survenir dans le pollen	28
1. L'humidité et l'activité de l'eau (AW)	28
2. Les microorganismes	29
3. Les métaux lourds	30
4. Les pesticides	30
III. Technique de conservation de pollen d'abeille	31
1. le triage	31
2. Séchage	32
3. Avantages et inconvénients de séchage	37
4. La surgélation	37
5. Le conditionnement sous vide	38
6. Le conditionnement sous atmosphère modifiée	40
7. Mise en pots	40
8. Etiquetage	42
9. Stockage	43

Chapitre IV : Management de la qualité sanitaire du pollen d'abeille

I. Qualité du pollen récolté par les abeilles	45
1. Définition de qualité.....	45
2. Critères de qualité de pollen d'abeille.....	45
3. Qualité sanitaire de production de pollen d'abeille	48
Conclusion	53

Introduction générale

Introduction générale

A l'époque moderne ; l'homme a en effet appris à offrir un lieu d'habitation aux abeilles appelé la ruche. L'utilisation des produits de la ruche est de plus en plus répandue mais il faut garder à l'esprit que l'emploi du miel, de la gelée royale, de la propolis, et en quantité moindre du 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.

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.

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 attire de plus en plus. 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. Cette méthode préservant d'avantage les propriétés des pollens comme nous l'étudierons. 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.

L'Algérie a de fortes potentialités apicoles avec des millions d'hectares d'espace naturels, favorable à cette activité, et environ un million de ruches d'abeilles permettant potentiellement de produire des milliers de quintaux de pollen. Ce créneau (la production du pollen) peut contribuer fortement au développement de l'apiculture d'une part, et d'autre part de rendre disponible un produit pharmacologique très demandé par les adeptes de la médecine naturel

Dans ce contexte, nous menons notre présente recherche bibliographique en abordant les différents aspects, de cette thématique, liés : (1) l'abeille, (2) pollen (récolte, conservation conditionnement), (4) biochimie et pharmacologie du pollen d'abeille, (5) gestion de la sécurité sanitaire.

Chapitre I

Généralité sur

l'abeille et son pollen

I. L'abeille :

1. Aperçu sur l'abeille

L'abeille, apparue il y a environ 100 millions d'années sur terre, est un insecte appartenant à l'ordre des hyménoptères. Elle est présente aujourd'hui sur l'ensemble de la planète dans les zones tempérées tropicales. Une colonie d'abeille peut abriter jusqu'à 50000 individus (Djamai, 2018). *Apis mellifera* est le nom scientifique de l'abeille domestique. L'abeille domestique est l'insecte le plus pollinisateur. Elle se nourrit du nectar, du pollen, de la propolis et transforme une partie de sa récolte en produits dérivés : Miel, cire, gelée royale. Ceux-ci sont stockés dans la ruche (Paul, 2011).

2. Anatomie de l'abeille :

Le corps d'abeille est divisé en trois parties : tête, thorax et l'abdomen : Chaque un remplit des fonctions et des objectifs stricts et spécifiques (Paul, 2011).

2.1. Tête :

Est très visible, sa forme triangulaire contient de deux grands yeux constitués de milliers de facettes et qui permettent d'avoir une vision panoramique presque de 360°; des ocelles (trois petits yeux simples au sommet de la tête); les antennes orientables dans tous les sens et grâce à elles les abeilles repèrent les odeurs, communiquent entre elles, et se conduisent dans l'obscurité de la ruche; l'appareil buccal avec les mandibules et la trompe rétractile et qui offre à l'abeille la possibilité d'absorber le nectar, le miel et l'eau (Djamai, 2018).

2.2. L'abdomen :

La partie la plus fragile, constitué de sept anneaux flexible et renferme le tube digestif, le système circulatoire et respiratoire. Selon que l'abeille soit ouvrière, reine ou mâle, l'abdomen contient aussi des glandes cirières, la glande Nasanov, un appareil vulnérant constitué de glandes à venin et aiguillon (pour les ouvrières), un appareil sexuel femelle ou mâle bien développé pour la reine et les mâles (Djamai, 2018).

2.3. Thorax :

C'est la partie la plus dure du corps d'abeille, portes trois segments soudés et porte deux paires d'ailes permettant à l'abeille de voler à une altitude de 10 à 30 mètres et à une vitesse de près de 30 kilomètres/heure sur un rayon de 2 à 3 kilomètres. Le thorax porte aussi trois paires de pattes sont munies de minuscules ventouses et crochets non seulement pour se fixer à n'importe quel support, mais aussi pour rassembler les grains de pollen et en constituer une pelote visible à l'œil nu (Djamai, 2018).

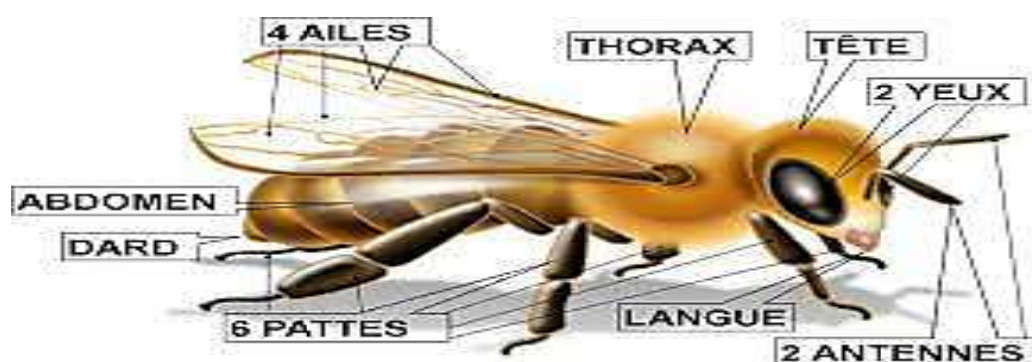


Figure 1 : l'anatomie de l'abeille (Djamai.2018)

3. Caste de la colonie :

Les abeilles vivent en communauté au sein de la ruche qu'on l'appelle la colonie, où cohabitent trois castes : la reine (mère de la colonie), faux bourdons (mâles), et les ouvrières (femelles).

a. La reine ou la mère : c'est l'unique femelle reproductrice, joue un rôle principal dans la vie de la colonie, elle permet d'assurer un renouvellement constant de la population et un développement satisfaisant de la ruche. Elle mesure 18 à 22 mm de long et son thorax atteint environ 4,2 mm de diamètre, ce qui permet à l'apiculteur d'utiliser des grilles (chasse-reine) pour l'isoler et l'empêcher de quitter certains zones du nid à couvain. Elle vit au maximum cinq ans (Ravazzi.2007).

b. Les faux bourdons (mâles) : le rôle des faux bourdons est la fécondation de la reine, ils meurent après l'accouplement. Donc leur durée de vie n'est pas longue.

c. Les ouvrières :

Les ouvrières sont très importantes pour la ruche, sont des femelles, elle s'assurent le fonctionnement intégral de la ruche, elles travaillent dure pour assurer la régulation de la température la protection et la propreté de la ruche, aussi la nourriture des jeunes larves et la reine.

Sa durée de vie pas comme les autres, généralement ne dépasse pas 40 jours, la moitié de cette durée est passée à l'intérieure de la ruche, après l'âge de trois semaines devient butineuse pour la recherche de la nourriture nécessités de leurs vie (Djamai.2018).



Figure 2 : les castes de la ruche

II. La fleur et sa structure :

1. Définition :

La fleur issue du développement d'un bourgeon floral terminal ou latéral ; insérée à l'aisselle d'une feuille et l'ensemble est relié à un rameau. La fleur est en fait une tige spécialisée à entrenœud très court composés de feuilles modifiées qui sont devenues des pièces florales.

2. Morphologie de la fleur :

On trouve dans la fleur un calice ; formé par les sépales ; la corolle, formée par les pétales, en général colorés ; l'androcée, composé par l'ensemble des étamines qui contiennent le pollen, élément fécondant ; le gynécée ou pistil qui renferme les ovaires, organes typiques

femelles ; le pédoncule ou tige de la fleur qui, toutefois peut ne pas exister chez certains espèces florales (Djamai, 2018).

A retenir que les étamines sont filamenteuses et possèdent à leurs sommets les anthères qui sont les sacs polliniques, les étamines peuvent être soudées entre elles ou séparées (Djamai, 2018).

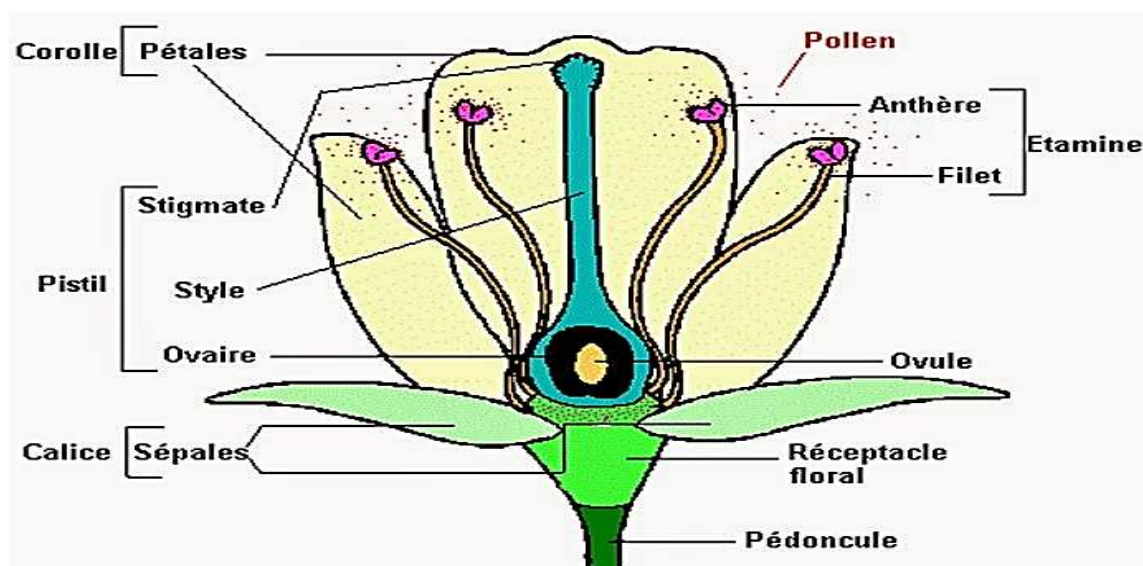


Figure3: la structure d'une fleur.(Anonyme, 2008)

3. les plantes utiles pour l'apiculture (plantes mellifère) :

Il existe plus de 700 plantes dites mellifères, c'est à dire offrant un intérêt tout particulier pour les abeilles, en raison de leur richesse en nectar et en pollen. Un apiculteur averti doit assurer à ses abeilles une végétation bonne et riche. Aussi l'apiculteur doit choisir les plantes rustiques, vivaces adaptées au sol et au climat de sa région (Djamai.2018).

Pour l'apiculteur c'est mieux d'éviter les plantes à doubles fleurs car elles donnent beaucoup moins de nectar que la plante à une fleur. Elles Peuvent même empêcher leur travail et celui des autres insectes pollinisateurs(Paul.2011).

3.1. Définition des plantes mellifère :

Le mot mellifère provient de latin « mellis » qui signifie le miel. Les plantes mellifères ont développé des systèmes de reproductions très performantes au cours de leur évolution. Elles produisent des substances récoltées par les insectes butineurs pour être transformées en miel (Louveaux, 1958).

3.2. Types des plantes mellifères :

a. Plantes mixtes :

Sont les plantes ou les abeilles butinent le pollen et le nectar à la fois, c'est le cas de la majorité des arbres fruitiers comme : amandier, poirier.

b. Plantes nectarifères :

Sont les plantes qui produisent uniquement le nectar grâce à des organes spéciaux, les nectaires.

c. Plantes pollinifères :

Les plantes sur lesquelles les abeilles butinent seulement du pollen.

Sont mentionnées dans le tableau I quelques espèces pollinifères existantes en Algérie :

Tableau I : Espèces pollinifères en Algérie: (Dalli *et al*, 2017).

L'espèces	La famille	Le nom commun	Pollen
Prunus avium		Cerisier doux	+++
Prunus cerasus		Cerisier acide	
Fragaria sp		Fraisier	+
Rubis idacus		framboisier	+
Prunus domestica L		prunier	++
Malus pumila MILL		pommier	++
Robinia pseudo acacia	f.des légumineuses	Faux acacia	++
Melilotus altissima		Grand mélilot	+
Melilotus alba		Mélilot blanc	+
Medicago sativa		Luzerne commune	++
Onobrychis sativa		sainfoin	+++
Trefolium repens		Trèfle blanc	++
Crataegus oxyacantha		aubépine	+++
Sambucus nigra	caprifoliacées	sureau	+++
Thymus vulgaris		thym ordinaire	
Thymus serpyllum		thym serpolet	++

+++ : Très bonne en intensité butinage

++ : Bonne en intensité butinage

+ : faible en intensité butinage

III.1.Le pollen :

1. Définition :

Le mot "pollen" vient du grec "pâle" qui signifie la farine ainsi que la poussière pollinique. Le mot "palynologie", issu de la même racine désigne l'étude scientifique des pollens (**Kiared, 2015**).

Selon **Ravazzi(2007)** le pollen est un produit brut et un agent mâle de la fécondation des fleurs, se présente sous la forme d'une fine poussière dont la couleur varie selon la plante d'origine, en allant du blanchâtre au rose, du jauneau vert, du rouge au marron foncé, Lorsque ce dernier entre en contact avec la sève de la plante femelle, il grossit pour former un ovule, qui donnera naissance à une graine.

Chaque petit grain est une unité biologique riche en protéines, vitamines, sucre, lipides, hydrates de carbone, enzyme, sans oublier les sels minéraux (**Ravazzi, 2007**).

2. L'origine du pollen :

Les abeilles utilisent le pollen de deux façons : d'abord, involontairement, quand elles plongent dans la fleur pour aller puiser le nectar, la plante couvrant au passage le corps poilu de l'abeille de pollen. Ces grains de pollen sont transportés de fleur en fleur par l'abeille. C'est ce moyen efficace que 70% des plantes utilisent pour faire transporter leur semence mâle. Retournant à la ruche, chargée de nectar pour faire de miel, l'abeille continue à disséminer le pollen accroché à ses poils dans toute la ruche. C'est ainsi qu'on retrouve dans le miel des grains de pollen en suspension, permettent d'identifier l'origine florale des miels récoltés. Le pollen est essentiellement récolté pour la nourriture quotidienne de la colonie en apportant les protéines, vitamines et bien d'autres constituants indispensable à la survie de l'abeille(**Catherine ballot-flurin,2014**).

3. La structure de grain du pollen

Le grain de pollen mesure environ un millième de millimètre de diamètre (**Ravazzi, 2007**). Ce grain est constitué habituellement de deux ou trois cellules non cloisonnées qui forment deux noyaux haploïdes, le plus gros est le noyau végétatif et l'autre est le noyau reproducteur. Le grain de pollen est constitué aussi d'une paroi structurée en deux couches : une couche externe appelée l'exine, formée de la sporopollénine qui est une substance très

résistante aux influences exogènes ce qui permet au pollen de survivre durant des siècles ; et une couche interne appelée l'intine composée de cellulose et de composés pectiques délimitant le cytoplasme qui contient les organites subcellulaires incluant les noyaux (Macaluso-Galletta, 2004).

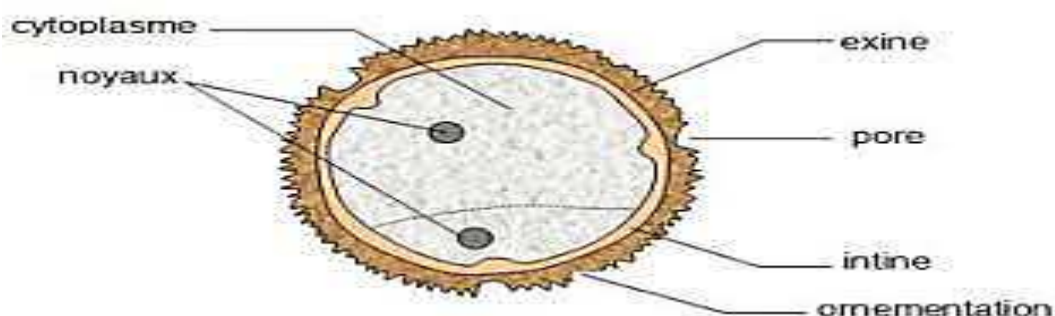


Figure 4: structure de grain de pollen(<https://tse1.mm.bing.net>)

4. Les types de pollens :

4.1. Le pollen anémophile : produit entre autres par les conifères, dont le transport est effectué de façon tout à fait naturelle par le vent(Jean-Marie, Jean-Claude, 2011).

4.2. Le pollen entomophile : dont le transport est assuré par les insectes comme l'abeille ; et c'est ce dernier qui nous intéresse ici (Jean-Marie, Jean-Claude, 2011).

5. Pelotes de pollen :

Les pelotes de pollen sont des masses de formes et de couleurs très variées. La masse des boules dépend de la durée de butinage de l'abeille et de l'étendue de la floraison des plantes visitées. Le poids moyen d'une pelote de pollen est d'environ 5 mg. A chaque vol, l'abeille rapporte à la ruche, dans ses deux paniers à pollen, entre 10 et 20 mg de pollen. Le nombre de graines de pollen constituant une pelote est très variable selon les fleurs visitées par l'abeille, compte tenu des grandes disparités entre les dimensions de ces grains. La forme des boules varie également selon les espèces végétales. Grossièrement sphérique, une boule de pollen peut avoir des formes plus arrondies ou plus anguleuses (Darrigol, 2007).



Figure 5: pelote de pollen d'abeille. ALP Forum.2006

6. La pollinisation :

6.1. Définition :

Les abeilles sont les principales pollinisatrices des cultures dans le monde entier, leur travail augmente de 30% la production agricole. Quand une région manque d'abeilles, son agriculture en souffre cruellement (**Paul, 2011**).

La pollinisation est le transport des grains de pollen depuis les anthères jusqu'au stigmate, il s'agit donc d'un phénomène physique de transport de particules. Mais aussi d'un phénomène biologique car l'objectif est bien la fécondation, pour cela ; le grain de pollen doit parvenir vivant sur un stigmate approprié c'est-à-dire réceptif, de la même espèce que celle dont il est issu, est génétiquement compatible (**Djamai, 2018**).

6.2. Le fonctionnement de la pollinisation :

La plupart des fleurs sont disposées en verticilles, d'abord les sépales et les pétales, puis les organes sexuels mâles. Le verticille interne, qui forme souvent un ensemble, est l'organe sexuel féminin (appelé gynécée ou pistil) (**paul, 2011**).

Lorsque l'abeille atterrit dans les plantes à fleurs à la recherche de pollen, une grande partie des cellules mâles des autres plantes entre en contact avec ce stigmate collant et doux, la zone la plus en avant des attributs femelles de la fleur (**Paul, 2011**).

Le pollen est la cellule sexuelle mâle des fleurs. Sur le plan biochimique, le pollen est constitué de la matière grasse et de protéines, mais ne contient pas de sucre. Dès que le grain

de pollen entre en contact avec le sucre, il développe un long tubule contenant de l'ADN à son extrémité. Cet ADN doit fusionner avec celui des ovules, situés au fond des carpelles. Une fois cette fusion est réalisée, le fruit se développe (Paul, 2011).

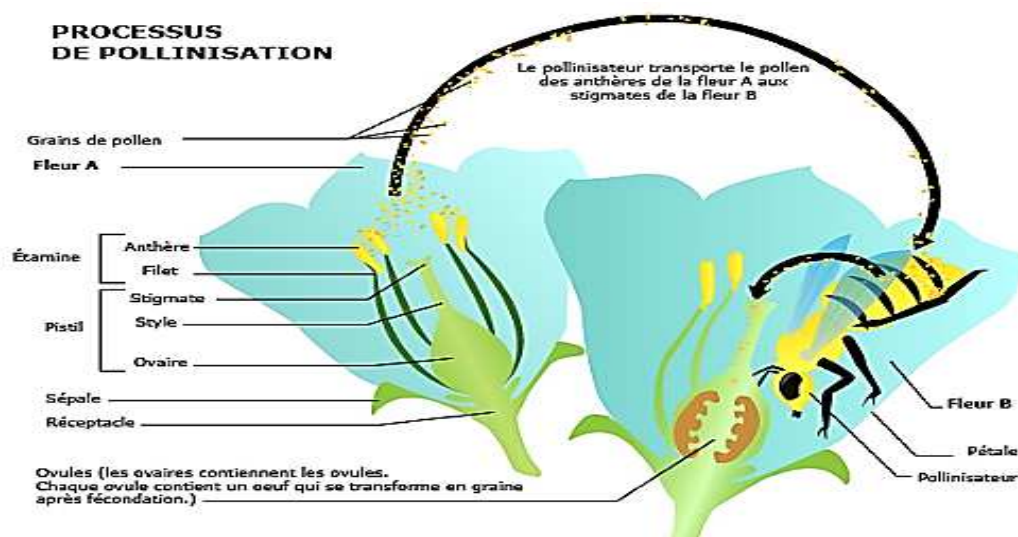


Figure 6: le processus de la pollinisation (Djamai, 2018)

6.3. Le mode de pollinisation :

Il existe trois modes de pollinisation : anémogamie, zoogamie, hiérogamie.

a. Anémogamie : correspond au phénomène de transport par le vent, ce dernier va pouvoir transporter le pollen d'une plante à l'autre ; dans 1/5 des cas, la fécondation se fait par cette voie.

b. Hydrogamie : correspond au transport du pollen par l'eau, ce phénomène ne concerne que quelques plantes dont le pollen est de forme très allongée.

c. Zoogamie : est le transport de pollen par les animaux, c'est le phénomène le plus courant ; il concerne 4/5ème de la pollinisation (Paul.2011).

Chapitre II

**Compositions
biochimiques et
propriétés
thérapeutiques du
pollen d'abeille**

I. Composition biochimiques de pollen d'abeille :

La composition biochimique de pollen en pelote est très variable selon son origine florale. Il contient des glucides 20 à 40% (glucose, fructose, cellulose et l'amidon), protides de 10 à 35%, l'eau, minéraux... (Djamai, 2018).

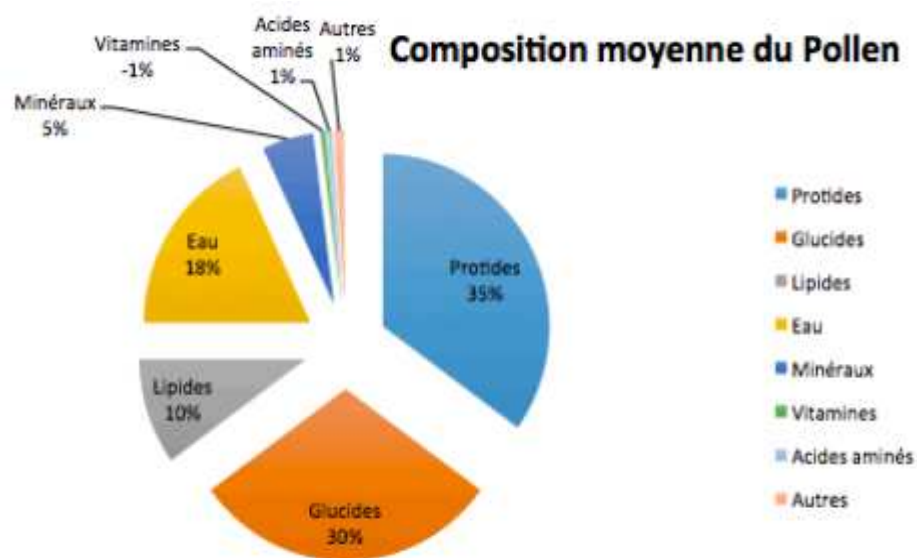


Figure 7 : Composition moyenne de pollen d'abeille

1. Teneur en eau :

La teneur en eau de la pelote de pollen récolté par les butineuses varie de 20 à 30 g/100 g pollen. Le pollen proposé sur le marché suisse ne dépasse pas une teneur en eau de 7 g / 100 g (Alp Forum, 2006).

2. Hydrates de carbone

Les hydrates de carbone sont les composants fondamentaux du pollen. Une grande partie de ceux-ci sont des polysaccharides comme l'amidon, la pectine et la cellulose. On trouve aussi du fructose, du glucose. Les sucres fructose, glucose et saccharose forment environ 90 % de tous les types de sucres à bas poids moléculaire de la pelote de pollen, bien que les proportions des différents sucres varient d'une plante à l'autre (Alp Forum, 2006).

3. Protéines et acides aminés :

Selon Wilt et Macdonald (2000), le pollen est composé de 25% à 30% de protides (protéines et acides aminés libres). La teneur en protéine de pollen varie fortement selon la

variété de la plante, seuls environ 1/10 de l'azote total est constitué d'acides aminés, on note la présence d'un très grand nombre d'acides aminés, et surtout les huit acides aminés essentiels à la vie que notre organisme ne peut pas synthétiser, et qu'il lui faut trouver souvent dans notre nourriture (Lefrançois et Ruby, 2006). Les protéines contiennent les 20 acides aminés dont les plus importants sont : leucine, méthionine, lysine, isoleucine, valine, arginine.

Tableau II : la teneur en acides aminés

Acides aminés	% des acides aminés	Acides aminés	% des acides aminés
Méthionine	1,9	Arginine	5,3
Phénylalanine	4,1	Histidine	2,5
Thérosine	4,1	Isoleucine	5,1
Tryptophane	1,4	Leucine	7,1
Valine	5,8	Lysine	6,4

4. Lipides :

La teneur en lipides varie beaucoup d'un type de pollen à l'autre, de là 20%. Les lipides forment un enduit huileux autour des grains, ils sont très importants de la niosotropie optique naturelle de la membrane pollinique, qui disparaît lorsque ces lipides sont détruits (Pons, 1970). Les grains de pollen sont constitués de 13 acides gras, les plus représentés sont :

l'acide linoléique, palmitique, oléique, myristique, caproïque, laurique et stéarique.

Le tableau au dessous montre les acides gras des différents types de pollen.

Tableau III : Les acides gras des différents types de pollen d'abeille (Percie de sert,2009 ; Feas et al. 2012)

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

5. Les minéraux :

La teneur en minéraux représente environ 5% de la composition chimique totale du pollen d'abeille. Les minéraux les plus représentés sont : potassium, calcium, soufre, magnésium, zinc, phosphore, aluminium, fer, ainsi que le sélénium. Ce dernier est un antioxydant très rare. Sa teneur élevée en minéraux fait du pollen un complément alimentaire indispensable pour l'être humain (Henri Clément et al.2002).

Tableau IV: les minéraux présents dans le pollen et leurs apports journalier (Massaux, 2016).

Minéraux	Mg/100g	Apport journalier recommandé (mg/jour)
potassium	400-2000	2000
phosphore	80-600	1000
Calcium	20-300	1100
magnisium	20-300	350
Zinc	3-25	8.5
Manganèse	2-11	3.5
Fer	1.1-17	12.5
Cuivre	0.2-1.6	1.2
Sélénium	0.005-0.05	0.005

6. Autres composants biochimiques :

6.1. Les composés mineurs

Les composés mineurs représente environ 3% du poids sec du pollen. On distingue parmi eux de nombreuses vitamines :A, B1(thiamine),B2(riboflavine), B3 (nicotinamide), B5(acides pantothénique), B6 (pyridoxine), B8 (biotine), B9 (acide folique), B12 (Cyanocabalamine), C (acide ascorbique), E, H, acide folique, rutine. Sont présents également des enzymes et coenzymes, des stérols, des flavonoïdes, des substances bactériostatiques et de croissance, des pigments des arômes et des huiles volatiles (**Henri Clément et al.2002**).

Tableau V : teneur de pollen en vitamines (Philippe, 2007).

Teneurs du pollen en vitamines	(μ G /100g)
Provitamine A ou carotène	5000 à 6000
Vitamine B1 ou thiamine	9,2
Vitamine B2 ou riboflavine	18,5
Vitamine B3 ou acide pantothénique	50
Vitamine B5 ou nicotinamide	200
Vitamine B6 ou pyridoxine	5
Vitamine b7 ou mésoinositol	Traces
Vitamine B8 ou biotine	Traces
Vitamine B9 ou acide folique	5
Vitamine B12 ou cyan cobalamine	Traces
Vitamine C ou acide ascorbique	7000
Vitamine D	Traces
Vitamine E ou tocophérol	Traces

6.2. Les carotènes et les flavonoïdes :

Le pollen à une teneur élevée en β -carotène, un précurseur de la vitamine A. Cette teneur en carotène varie fortement d'une espèce à une autre. De même, la teneur en flavonoïdes varie selon l'origine botanique des espèces dont la teneur oscille de 40 à 2500 mg/100 g(Philippe, 2007)

6.3. Les enzymes, les ferments et des levures, qui jouent un rôle important dans la respiration cellulaire. Les enzymes représentées dans les pelotes de pollen sont très nombreuses : Amylase -pepsine -trypsine- diastase -diaphorèse -phosphatase transférase - hydrolases. Des cofacteurs de ces enzymes sont retrouvés : la biotine, le glutathion, le NAD ainsi que certains nucléosides (Catherine Ballot-Flurin, 2014).

6.4. Fibres alimentaires (ballast): Il y a de grandes différences dans les diverses sources dues aux différentes méthodes de détermination.

6.5...Les pigments :

Les grains de pollen sont enrobés de substances huileuses qui contiennent des traces de pigments, tels que les caroténoïdes, les xanthophylles et un glycoside d'isorhamnétine. Ces pigments se trouvent sous forme dissoute dans ces substances huileuses.(Campos et al ,2003).

6.6. La sporopollenine :

La sporopollenine est une substance qui imprègne l'exine des grains de pollen, sa nature biochimique n'est pas encore totalement élucidée. Elle serait un polymère dérivé des caroténoïdes. Hydrophobe et surtout imputrescible, elle est résistante à l'hydrolyse enzymatique comme aux acides concentrés. Grâce à cette substance les pollens sont protégés pendant leur dissémination en milieu aérien, la couche d'exine reste même intacte après la mort du grain de pollen et se conserve au cours des temps géologiques (Sylvie et al, 2004).

II. La valeur nutritionnelle et thérapeutique du pollen d'abeille :

1. Valeur nutritionnelle :

Pollen est un aliment protéique, avec une moyenne de 20% de protéines ; le pollen est plus riche plus riche en protides et en acides aminés que la plupart des aliments réputés comme tels : viande, œuf, poisson, fromages...

100 gramme de pollen contient la même quantité d'acides aminés qu'un demi-kilo de viande de bœuf. On ne recommande pas de remplacer ces aliments par du pollen mais de les substituer partiellement par une ou deux cuillères à café de pollen par jour ; celui-ci lorsqu'il provient de plusieurs espèces de plantes, contient tous les acides aminés essentiels ; C'est-à-dire ceux que l'organisme est incapable de synthétiser pas lui-même (Jean Marie Philipe. 2007)

2. Propriétés thérapeutique et pharmaceutique :

2.1. Action digestive et anti-inflammatoire du pollen :

Riche en protéines et en AA, le pollen déclenche une forte sécrétion d'acide gastrique lorsqu'il est ingéré. Aussi, la microflore apportée par celui-ci aiderait à équilibrer la flore intestinale et assurerait le transit grâce à la présence d'amidon et de fibres alimentaires cellulosiques. De plus, il exercerait une action anti-inflammatoire selon une étude menée chez le rat (Bogdanov, 2014).

2.2. Action sur la voie respiratoire :

Le pollen c' est la source la plus riche en sélénium, la quantité d'antioxydants présents dans sa composition provoque un effet anti-inflammatoire sur les tissus pulmonaires, protégeant ainsi les voies respiratoires. Il est donc recommandé de lutter contre l'asthme (Marcucci, 1995).

2.3. Action sur le système immunitaire :

L'activité immuno-stimulatrice du pollen est due à plusieurs facteurs :les fractions polysaccharidiques du pollen sont capables de stimuler l'activité immunologique en augmentant l'activité des macrophages, de plus son rôle immunostimulant est une activité dérivé de ses propriétés probiotiques, en effet, la majorité des cellules immunitaires se trouvent dans les intestins, en entretenant la flore intestinale elle améliore l'immunité (Thibault, 2017).

2.4. Action sur la concentration et la mémoire :

Le pollen est un excellent aliment protéique et aussi c'est le traitement qui renforce le système nerveux en améliorant les fonctions cérébrales telles que la mémoire, apprentissage, compréhension, réflexion et capacité de concentration (Zoubaier, 2017).

2.5. Action cardiovasculaire :

Pour l'animal, une diminution de l'agrégation plaquettaire a été observée ;ainsi que une baisse de la cholestérolémie et la diminution de l'épaisseur de la plaque d'athérome dans les artères. Ceci est possible grâce à la présence des vitamines B6 et B9 bénéfiques dans l'artériosclérose et de la rutine qui prévient la formation de caillots sanguins. La combinaison de vitamine E ;potassium ; sa faible teneur en magnésium et en sodium contribue également à son action cardio-protectrice (Blanc, 2010).

2.6. Propriété anticancéreuse :

Le pollen d'abeille aide à augmenter les cellules immunitaires qui combattent le cancer et la production d'anticorps et de globules rouges transportant l'oxygène. Le pollen aide également à prévenir les effets secondaires de la chimiothérapie en réduisant les nausées ; chute de cheveux ; faible consommation d'énergie et presque tous ses autres symptômes et effets secondaires, sans compter qu'il aide les personnes atteintes de cancer à mieux dormir (Baudel, 2017).

2.7. Action anti-ostéoporose :

Le pollen peut être utile dans la lutte contre l'ostéoporose. Il a été démontré in vitro que lorsque le tissu osseux est cultivé pendant 48 heures dans un milieu contenant du pollen, la teneur en calcium des tissus de la diaphyse fémorale et de la métaphyse augmente significativement. Ces résultats sont renforcés par une étude in vivo qui a consisté à supplémenter les rats avec des extraits aqueux de pollen à plusieurs concentrations pendant 7 jours. La concentration en calcium était à nouveau significativement augmentée dans le fémur de ces rats. De plus, la culture de la phosphatase alcaline, marqueur de l'activité ostéoblastique, dont l'extrait de pollen provoque une nette augmentation de son activité. Cependant, cet effet est complètement inhibé par l'ajout de cycloheximide, un inhibiteur de synthèse des protéines. On en a déduit que cette augmentation d'activité était grâce à la synthèse de nouvelles protéines. En conclusion de cette étude, le pollen est reconnu comme ayant un effet anabolisant sur les os (**Thibault, 2017**).

2.8. L'effet bénéfique sur les cheveux :

Les vitamines ont un effet bénéfique sur les cheveux tout comme :

- vitamine B5 contre la chute des cheveux
- vitamine B8 aide contre la perte des cheveux et amélioré l'élasticité des cheveux.
- la vitamine B9 favorise la réparation des cellules renforce la racine des cheveux ; participe à l'hydratation et prévient des développements des pellicules.
- vitamine B12 aide à la construction des globules rouges et au maintien des cellules nerveux saines. Cela est primordiales car elles sont responsables de l'apport d'oxygène, ainsi que les cheveux poussent et sont en meilleure santé.

2.9. Action protective sur les ongles :

Riche en méthionine, cystine et vitamines B6 ; le pollen renforce de manière durable des ongles fragilisés, il favorise la fabrication de kératine et de protéines indispensable à la santé des ongles.

2.10. Action sur la peau :

Le pollen d'abeille est souvent utilisé dans des produits topiques qui visent à traiter les manifestations inflammatoires et les irritations cutanées courantes telles que le psoriasis ; eczéma et acné. Les AA et les vitamines protègent la peau et aident à la régénération cellulaire. Pour avoir tous les bienfaits du pollen d'abeille, il doit être consommé en interne et

en externe afin de rendre le traitement correct et totalitaire afin qu'il agisse sur les trois couches de la peau : l'épiderme ; le derme et l'hypoderme. (Thibault, 2017).

2.11. Effet sur le diabète :

Le régime alimentaire des personnes diabétiques de type 1 et 2 devrait être très restreint, mais cette restriction entraîne un manque de nutriments pour ces personnes. Le pollen d'abeille est donc l'idéal pour leur alimentation en raison des nutriments qu'il fournit, en plus du fait que, s'ils tolèrent le fructose, ils toléreront les glucosides que le pollen contient et sera un meilleur aliment car il contient de nombreux autres composants, permettant de réguler le glucose en raison de sa faible teneur en sucres (Luis, 2018)

2.12. Action antibactérienne du pollen :

L'effet bactériostatique et bactéricide des pollens quelle que soit leur origine géobotanique. In vitro, la croissance de certaines souches est inhibée : Pseudomonas, Staphylococcus et Escherichia coli (Apimondia, 2001).

2.13. Effets antianémiques :

Le pollen d'abeille peut réduire les effets négatifs de la carence en fer, démontrant l'effet anti-anémique. Recherche sur l'influence de pollen sur le métabolisme du fer, du calcium, du phosphore et du magnésium chez des rats présentant une carence nutritionnelle en fer, traités comme un modèle expérimental d'anémie, a démontré que la supplémentation en pollen d'abeille entraîne une diminution du nombre de plaquettes sanguines, et une augmentation de l'hémoglobine. De plus, une prise de poids a été observée, ainsi que des effets bénéfiques sur le métabolisme du magnésium, du calcium et du phosphore. De plus, cette recherche a révélé que les produits apicoles testés atténuent dans une large mesure, les conséquences négatives de la carence en fer, exerçant une influence réparatrice et améliorant l'absorption et l'utilisation du fer nutritionnel(Thibault, 2017).

Chapitre III

Récolte, séchage et conditionnement du pollen d'abeille

I. La récolte du pollen d'abeille :

Récolte :

1. La récolte par l'abeille :

Le pollen est récolté par les abeilles principalement à la fin de la saison d'hiver et au printemps. A l'âge de trois semaines, l'ouvrière peut devenir butineuse et partir en fin hors de la ruche à la recherche du nectar, du pollen et d'eau qui sont indispensables à la vie de la colonie.

L'abeille mellifère collecte du pollen sur les étamines des fleurs où elle récolte aussi le nectar. En effet, le pollen colle à ses poils et une fois le corps de cette butineuse est couvert de pollen, l'abeille le brosse en utilisant ses pattes antérieures. Le triturant avec sa salive, l'abeille en fait des pelotes qu'elle range ensuite dans les corbeilles situées sur ses pattes postérieures et ramenées à la ruche. Ces pelotes sont données aux ouvrières qui les écrasent avec leur tête dans les alvéoles des rayons. Elles y ajoutent une petite quantité de miel et de salive, elles mélangent bien l'ensemble pour en faire du pain d'abeille (Djami, 2018).

Chaque abeille peut stocker entre 10 et 15 mg de pollen, une fois de retour dans la ruche, cette dernière détache son chargement à l'aide de l'éperon de ses pattes et le dépose dans des cellules qui ne sont pas operculées comme celles contenant le miel (Ravazzi, 2007).

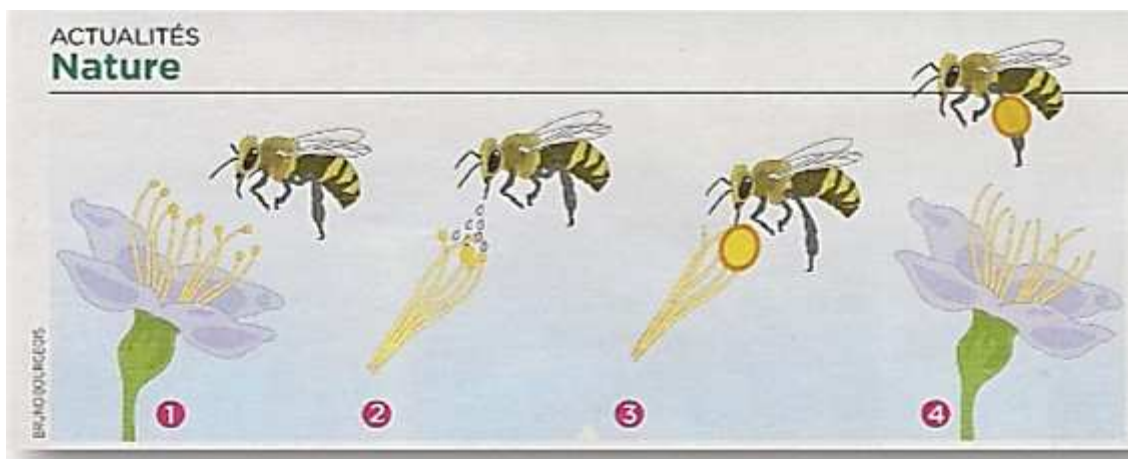


Figure 8: Confection des pelotes par l'abeille (Anonyme, 2019)

2. La récolte par l'apiculteur:

Le pollen est récolté par les apiculteurs lorsque la végétation est gorgée en fleurs riches en pollen, et pendant la saison printanière. La récolte de pollen par l'homme se fait à l'aide d'une trappe à pollen, doit donc équiper les ruches de trappes à pollen, en bois, en plastique ou même en acier inoxydable.



Figure 9 : la collecte de pollen (Djamai, 2018)

2.1. La trappe à pollen :

C'est une grille à travers laquelle les abeilles passent pour entrer dans la ruche ; les trous de l'entrée arrondis ou lobés sont si petits qu'en passant, les abeilles perdent leurs pelotes de pollen qui tombent à travers un fond grillagé, pour interdire aux abeilles de les récupérer. A signaler que les pelotes de pollen de toutes couleurs, se trouvant dans le tiroir au dessous de la ruche, il faut récupérer la récolte le soir même car c'est un produit fragile et très important à la vie, peut s'altèrent facilement et atteint des moisissures(Djamai ,2018).

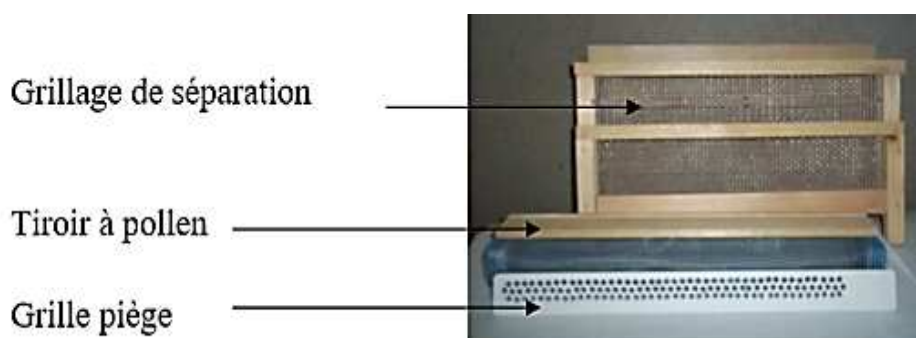


Figure 10: Une trappe à pollen

2.2. Les types de trappe à pollen :

Il existe des nombreux types de trappe à pollen, selon la position de la grille par rapport à la ruche, on distingue:

- **les trappes d'entrée** placées devant le trou de d'envol habituel.
- **les trappes de dessous** (ou inférieurs) mettre sous le corps, à la place du fond de la ruche.
- **les trappes de dessus** (ou supérieurs) installées à la place du couvre cadres sur le corps ou sur la hausse (**Prost, 2005**).

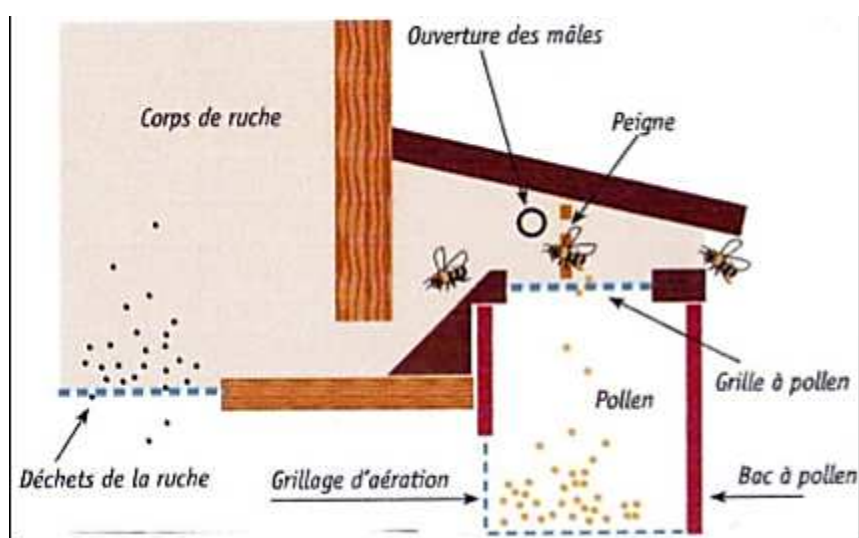


Figure 11: Trappe d'entrée (Etienne, 2011)

2.3. Description d'une trappe à pollen :

Toutes les trappes destinées à la récolte du pollen se caractérisent par trois parties principales :

Le grillage piège : grille verticale en plastique perforée ayant un diamètre 4,5 à 5mm. Correspond au diamètre de l'abdomen de l'abeille butineuse.

Un grillage de séparation : c'est un tamis horizontal en acier inoxydable à mailles de 3mm, il laisse passer le pollen dans le tiroir et évite le contact entre le pollen et l'abeille.

Tiroir : il se place sous la grille, il est destiné à recevoir les pelotes de pollen qui se séparent des pattes des abeilles. Il est en bois ou en métal, son fond plein est plat ou concave (**Prost, 2005**).

3. Le choix des colonies de récolte :

On ne peut pas installer des trappes à pollen sur toutes les colonies. Il faut absolument des colonies saines sans indice de maladie. Il est fortement déconseillé de récolter du pollen avec des lignées sensibles au couvain plâtré.

Les colonies choisies pour cette récolte doivent être de force et maintenues, dans cet état par le retrait éventuel de cadres de couvain en saison. Les colonies qu'ont des trappes sont regroupées dans des ruchers spécifiques pour éviter les phénomènes de dérive vers des colonies qui non pas une trappe surtout en début de récolte. Dès qu'une colonie présente des signes de cette maladie, elle doit être écartée car les larves momifiées sont très difficiles à éliminer du pollen par une trieuse. Il faut savoir que les peignes favorisent le passage de plusieurs agents étrangers (bactéries et virus) d'où l'importance de trier très régulièrement les peignes à pollen pour éviter la contamination des abeilles entre elles (**Bruneau, 2012**).

4. Efficacité des trappes :

Pour savoir ce qu'une trappe retient comme pollen :

- Se mettre tout près de l'entrée de la ruche légèrement sur le côté pour ne pas déranger les mouvements des butineuses.
- Vider le tiroir puis le remettre en place
- calculer le nombre des abeilles porteuses de pelotes qui vont entrer à l'intérieur de la ruche (**Prost, 2005**).

5. Les conditions influençant sur la récolte

Les mécanismes de récolte de pollen par les butineuses selon :

5.1. La structure de la fleur

Le temps consacré par une butineuse pour confectionner une pelote dépend de la structure de la fleur : ouverte, tubulaire ou fermé. Les poils qui couvrent le corps de l'insecte à un but important dans l'adhésion de pollen au corps de l'ouvrière, plus la taille de pollen est mince plus l'adhésion sur le corps est facile. Le nombre de grain de pollen qui peut adhérer sur le corps d'une seule abeille est de 250.000 à 6000.000 grains de pollen. En fonction de son origine végétale.

5.2. Les conditions climatiques :

Selon **Abbas Abdellatif (1994)**, les abeilles ne sont pas actives à la récolte de pollen à une température inférieure à 10°C. Mais elles sont actives à des températures variant entre 12 et 13°C. La densité de la colonie et l'activité de la reine et la surface de couvain sont des facteurs qui activent la récolte de pollen. Et Aussi on distingue que la luminosité est apparue comme étant un facteur affectant le plus l'activité des abeilles.

6. La quantité de pollen prélevé par an :

Étant donné que la quantité de pollen ramené dans la ruche est proportionnel à la surface de couvain chez les fortes colonies il n'est pas rare d'obtenir un tiroir de pollen plein chaque soir ; correspondant à 200 grammes de pollen humides (**J.M, Philippe.2007**)

La production journalière moyenne de pollen par ruche varie selon la période de l'année. À Hyères, par exemple, elle est d'environ 30 à 40 grammes en avril-mai et de 10 grammes entre juin et octobre. Sur une année, on estime qu'une colonie rapporte environ 40 kg de pollen à Hyères, dont 10 kg sont retenus par la trappe à pollen. Ainsi, un apiculteur peut espérer un rendement de 4 kg de pollen par ruche et par an s'il laisse ses trappes toute l'année, ou de 2 à 3 kg s'il profite seulement de la période la plus favorable en mars, avril et mai.

Dans le bassin parisien, le rendement en pollen est similaire à celui du Var, soit environ 2 à 3 kg si les trappes restent sur les ruchers pendant 2 à 3 mois. Il a été observé par les producteurs de pollen que des différences de rendement pouvaient exister, allant du simple au double, entre deux emplacements distants de quelques kilomètres.

Il est précisé que détecter les meilleures stations à pollen est difficile et que l'expérience reste le principal guide. En sélectionnant les colonies et les emplacements appropriés, il est possible d'atteindre un rendement de 4,5 ou 6 kg de pollen par ruche en seulement deux mois.

7. La variation qualitative :

Les plantes dont les abeilles récoltent le pollen est relativement faible. À cet égard les abeilles méridionales fréquentent un petit nombre d'espèces tandis que celles du bassin parisien dispersent leurs efforts sur un grand nombre de plantes déférentes.

De plus, chaque colonie d'abeilles a son propre comportement spécifique. En dehors de la période de floraison des cistes (plantes appartenant à la famille des Cistaceae), il est

facile de constater que les tiroirs des trappes à pollen d'un même rucher contiennent des pelotes de pollen différentes. Par exemple, une colonie peut récolter uniquement du pollen blanc, tan dis que sa voisine collecte des grains jaunes, et une troisième colonie rapporte principalement des boules noires. **Prost, 2005**

II. Altérations qui peuvent survenir dans le pollen :

Le pollen d'abeille frais est un aliment extrêmement nutritif, regorgeant de vitamines, de protéines et d'eau. Cependant, il est très sensible et peut être altéré ou même endommagé une fois récolté, lorsqu'il entre en contact avec différents facteurs. Trois ennemis principaux menacent la saveur, l'hygiène et la qualité nutritionnelle du pollen. Tout d'abord, l'oxygène présent dans l'air peut provoquer une oxydation du produit, altérant ainsi sa saveur et favorisant la croissance de moisissures et de bactéries nuisibles. Ensuite, les microorganismes présents dans l'environnement, les équipements, les outils et les mains de l'opérateur peuvent se propager et rendre le produit impropre à la consommation, voire dangereux pour la santé du consommateur. Enfin, l'activité enzymatique et/ou physiologique du pollen lui-même contribue à son vieillissement accéléré. Heureusement, il est possible de lutter contre ces principales causes de détérioration en modifiant l'atmosphère de manière appropriée, afin de préserver plus longtemps la couleur, le goût et la valeur nutritionnelle du pollen, préservant ainsi sa qualité et sa valeur économique (**Albitar, 2010**).

1. L'humidité et l'activité de l'eau (AW)

Le pollen frais contient un certain taux d'humidité, se présentant sous deux formes : l'eau liée et l'eau libre. L'eau liée est retenue par les substances du pollen et ne contribue pas à la dissolution des éléments solubles. L'eau libre est la forme principale d'eau dans le pollen, capable de dissoudre certains composés et sels. La teneur en eau du pollen a un impact sur sa qualité, notamment sur le goût, la texture, l'apparence et la durée de conservation. Une activité de l'eau élevée favorise la croissance microbienne, ce qui peut détériorer le pollen avant sa commercialisation. L'humidité du pollen peut varier en fonction de la méthode de production, de l'humidité atmosphérique, de l'emballage et du stockage. Un excès d'humidité peut causer des problèmes dans les machines de production, tels que la corrosion et les obstructions. Il est donc crucial de mesurer précisément la teneur en eau pour garantir la qualité, la sécurité et la rentabilité du pollen.

2. Les microorganismes

Le pollen est un produit extrêmement délicat, ayant une activité biologique importante, et il peut présenter de réels dangers alimentaires s'il n'est pas correctement conditionné. Le pollen est susceptible d'être contaminé par des micro-organismes. En réalité, la contamination du pollen peut se produire même avant sa récolte, lorsque les abeilles le collectent sur les plantes, ainsi que pendant la période où il est piégé à l'entrée de la ruche. Cette contamination peut provenir de différentes sources, telles que les abeilles mellifères, l'environnement, les insectes et les humains. Par conséquent, il est essentiel de contrôler la qualité microbiologique du pollen produit et vendu par les apiculteurs afin de détecter les micro-organismes susceptibles de se développer dans le pollen d'abeille, notamment les coliformes totaux, les coliformes fécaux, les germes aérobies mésophiles totaux, les germes anaérobies totaux, les levures, les moisissures, ainsi que les salmonelles et les staphylocoques (**Belhadj et al, 2012**). Une fois qu'ils contaminent le pollen et dans des conditions favorables telles que le pH, l'humidité et une température adéquate, ces micro-organismes commencent à se développer en dégradant les composants du pollen tels que les protéines, les vitamines, les lipides, les glucides, les minéraux, ce qui altère sa qualité nutritionnelle et sensorielle. En plus de l'impact sur la qualité nutritionnelle, la sécurité sanitaire du pollen est également compromise, car les Micro-organismes libèrent des toxines au cours de leur développement, qui peuvent avoir des effets néfastes sur la santé des consommateurs, voire être mortelles à des concentrations élevées (**Adjlane, 2017**).

➤ Les champignons :

La contamination fongique, qui est la croissance de moisissures, se produit généralement dans les champs. Pour se développer, elles ont besoin de trois éléments : de la matière organique, de l'eau et de l'oxygène. Le pollen peut leur fournir les deux premiers ingrédients. Lorsqu'il est exposé à l'air, la moisissure dispose de tout ce dont elle a besoin pour se développer dans une certaine plage de température, et cela peut se produire dans les 48 heures suivant la récolte et le stockage. La moisissure apparaît naturellement avec le temps et la dégradation des grains de pollen (**Ward, 2020**). Certains champignons peuvent produire des mycotoxines, qui sont de petites molécules nuisibles pour la santé. Le problème principal est que les traitements thermiques ou antifongiques utilisés dans l'industrie agroalimentaire éliminent les moisissures, mais pas les mycotoxines. Les mycotoxines sont très dangereuses,

car elles peuvent provoquer des réactions allergiques, des irritations, des infections, des intoxications et des problèmes respiratoires (Tozlovanu, 2008).

3. Les métaux lourds :

Les sols, les eaux et l'air contiennent naturellement des métaux lourds, mais ces derniers peuvent également se retrouver sous forme de résidus dans les denrées alimentaires en raison des activités humaines telles que l'agriculture, l'industrie et les émissions de gaz. Notre exposition à ces métaux lourds se produit principalement lorsque nous consommons des aliments ou de l'eau contaminés, et cette accumulation peut avoir des effets néfastes progressifs au fil du temps (Boisset, 2017). Les principaux contaminants présents dans le pollen sont les métaux lourds et les pesticides, qui proviennent des pratiques agricoles et apicoles. C'est pourquoi, dans le but de garantir la meilleure qualité possible de ce produit, il est nécessaire de cultiver les plantes destinées à la récolte du pollen à une distance minimale de 3 kilomètres de toute source de contamination (Thibault, 2017).

4. Les pesticides

Les produits phytosanitaires, également connus sous le nom de pesticides, regroupent les insecticides, les fongicides, les herbicides et les parasitocides, qui ont pour objectif d'éliminer les organismes considérés comme nuisibles pour les cultures agricoles, tels que les insectes ravageurs, les champignons, les mauvaises herbes et les parasites. Ces substances sont utilisées par les agriculteurs pour réduire les risques de pertes de récoltes et améliorer ainsi le rendement. Les pesticides pénètrent dans les grains de pollen des fleurs et sont transportés par les abeilles dans leurs pelotes de pollen lors de la récolte, ce qui entraîne divers effets sur la physiologie des abeilles. La durée d'exposition des abeilles aux pesticides et le stade de développement des individus exposés, qu'il s'agisse d'abeilles adultes ou de larves, sont deux facteurs déterminants du degré de dangerosité (Chauzat et al, 2006). La consommation de pollen contaminé par des pesticides peut entraîner diverses pathologies chez le consommateur, telles que la maladie de Parkinson, le cancer de la prostate, certains cancers du système lymphatique (lymphome non hodgkinien, myélome multiple) ainsi qu'une diminution de la production d'anticorps (Samuel et al, 2019). Il est essentiel pour l'apiculteur de s'assurer que les champs environnants ses ruchers sont traités avec les pesticides les moins toxiques, en respectant les doses prescrites par les fabricants. Augmenter la dose ne garantit pas nécessairement une plus grande efficacité du traitement, mais augmente généralement les risques d'exposition. En juin 2018, des Limites Maximales des Résidus (LMR) ont été établies

pour le miel, le pollen et la gelée royale concernant 400 substances actives de pesticides. Pour la plupart d'entre elles, la limite fixée correspond à la limite de détection des méthodes d'analyse. À ce jour, toutes les substances actives présentes dans le miel, le pollen et la gelée royale n'ont pas encore de LMR définies (ITSAP, 2018). La seule solution pour éviter ou réduire les dangers des pesticides est de respecter scrupuleusement les doses fixées par la réglementation ainsi que les modes d'application recommandés (Samuel et Laurent, 2001). Juste après la récolte, le pollen doit obligatoirement subir des analyses microbiologiques afin de garantir sa qualité hygiénique, sa conservation optimale et la sécurité sanitaire du consommateur.

III. Technique de conservation de pollen d'abeille :

Le pollen est un aliment complet et contient plusieurs éléments, il est plus riche en protéines que n'importe quelle source animale, et il est également très riche en vitamines et en minéraux et surtout il contient environ 20% à 30% d'eau (FAO, 2018).

Pour mieux préserver la qualité du pollen d'abeille, deux principales techniques sont utilisées : le séchage et la congélation.

1. le triage :

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 :

a. un tri grossier à l'aide d'un tamis : éliminer les abeilles, larves mycoses, larves de fausse teigne, morceaux de plantes, poussières qui sont récupérés dans le tamis avec les grosses pelotes (Thibault, 2017).

b. 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. Les 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.

c. un tri manuel à la pince à épiler dans un bac à fond clair pour éliminer ce qui est passé à travers les mailles de 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 (Thibault, 2017).



Figure 12: Tarare pour pollen

2. Séchage :

Dans le premier cas on commence par le séchage.

Le pollen a une composition variable qui permet à un grand nombre de micro-organismes de se développer. Les conditions de récolte et de conditionnement doivent être adaptées pour éviter le développement des infections provoquées par les champignons. Cette phase est considérée par les services d'hygiène comme une transformation du produit, qui nécessite dès lors d'un changement de statut de Producteur primaire en producteur secondaire avec la mise en place d'une analyse des risques spécifiques (HACCP).

Le séchage du pollen est difficile car il ne suffit pas de sécher l'extérieur mais aussi l'intérieur des grains qui n'est accessible que par les pores (Mosbah Asma, 2019).

Le séchage ne peut pas être trop rapide parce qu'il faut laisser du temps pour un équilibre hydrique de se mettre en place dans tout le pollen. Son humidité devrait chuter en dessous de 6 %. L'activité de l'eau de pollen sec est de 0,286 (0,261-0,280) correspond à une teneur en eau de 4,93 % (4,68-5,87). De plus, si on ne veut pas dénaturer le pollen, l'idéal est de rester sous 40°C (ne pas chauffer à plus de 45°C) afin de ne pas dégrader un grand nombre de ses constituants. Un air sec sera donc préféré à un air chaud. Ici aussi, le pollen doit être réparti sur des claies en couche mince pour faciliter le séchage, Plus le séchage sera réalisé en

douceur, moins les pelotes seront croquantes. Tout le matériel en contact avec le pollen ainsi que le dispositif de conditionnement d'air doivent résister aux acides (Mosbah Asma, 2019).

Il est essentiel de pouvoir contrôler l'humidité du pollen. L'idéal est d'utiliser un testeur de céréales également calibré pour le pollen. La mesure d'humidité par chauffage n'est pas assez précise.

Le séchage est très important pour garantir une bonne conservation de pollen sans dégradation excessive (Henri Clement et al 2002).



Figure 13: séchoir à pollen <http://www.inko-apiculture.com>

2.1. Séchage à l'énergie solaire :

Les séchoirs solaires peuvent être classés en séchoirs solaires directs, indirects et solaires hybrides. Le but de fonctionnement des séchoirs dépend de la méthode de collecte de l'énergie solaire et de sa conversion en énergie thermique utile pour le séchage. Un séchoir solaire améliore le séchage au soleil traditionnel de quatre façons fondamentales (Dadda et al, 2008).

- Le séchoir solaire est plus rapide, les aliments peuvent être séchés dans une période de temps plus courte.
- Il est plus efficace et peut réduire les risques de détérioration
- La qualité nutritionnelle est améliorée. Dans les conditions optimales, le séchage
- Le séchage solaire permet de garantir la valeur nutritionnelle du pollen telle que la vitamine C ;



Figure 14 : une pilote de séchage solaire

2.2. Séchage industriel :

Egalement appelé séchage forcé, il s'effectue par une circulation permanente d'air sec ou réchauffement de l'air de manière artificielle (onde infra rouge ou tout type de chauffage de l'air). Au niveau industriel, le séchage se fait à des très grandes quantités et à l'aide des machines sophistiquées, chaque industrie selon la qualité et la quantité de sa matière première et également le coût de production. Cette technique de séchage se fait par :

2.2.1. Le séchage dans les étuves : repose sur l'utilisation de l'air forcé, qui est préalablement déshumidifié et chauffé avant d'être introduit dans l'appareil. Le pollen est réparti en couche mince sur des tamis ou des tiroirs pour permettre une distribution uniforme de la chaleur sur tous les grains. La température de séchage est réglée entre 40°C et 45°C, et la durée de séchage doit être minimisée afin d'éviter la perte des composants volatils. Un air sec favorise un séchage plus rapide, et à 40% d'humidité relative, le séchage s'effectue rapidement. L'humidité du pollen après le séchage ne doit pas dépasser 6%. Les matériaux en contact avec le pollen et le dispositif de conditionnement d'air doivent être résistants aux acides. Cette technique présente l'avantage d'un processus opératoire simple, d'un équipement peu coûteux. Cependant, il est important de noter que l'opération peut entraîner une perte considérable du produit, surtout au début, ainsi qu'une diminution notable de la qualité nutritionnelle à la fin de l'opération en raison du temps de séchage généralement prolongé. (Levac et Marceau, 1991 ; Bruneau, 2012).

2.2.2. La technique de séchage à chariots à claies : fonctionne en deux étapes. Tout d'abord, l'air est chauffé à l'aide de faisceaux de vapeur ou d'électricité, puis il est circulé à travers des chariots équipés de claies. Sur ces claies, le pollen humide est étalé en fines couches. Ensuite,

l'air chargé d'humidité est extrait de la chambre de séchage et passe à travers des condenseurs qui le déshumidifient. Il est ensuite renvoyé par un système de ventilation forcée pour être réutilisé.

La configuration des claies dépend de la taille du séchoir et en particulier de la vitesse de l'air. Il est recommandé d'avoir une surface d'environ 0,8 m² par claie pour assurer un séchage homogène. Dans tous les cas, les claies ne doivent pas dépasser 1,5 m² pour des raisons de manipulation et de durabilité. Si du bois est utilisé comme support, il doit être de bonne qualité et traité pour éviter toute déformation en milieu humide. Maintenir les claies propres est essentiel d'un point de vue hygiénique, et l'utilisation d'une toile amovible facilite un nettoyage fréquent sans endommager le support. Cette technique a plusieurs avantages :

- Le produit est séché de manière rapide tout en préservant l'environnement.
- Le débit de séchage est de 15 à 20 kg/h, permettant de réduire la teneur en humidité de 35% à 10%.
- Il présente une efficacité énergétique élevée même lors d'une utilisation prolongée.



Figure 15 : Chambre a séchage chariots à claies (Meot et al, 2021)

2.2.3. Le sécheur à tambour rotatif : est une méthode de séchage utilisant un tambour en rotation. Ce sécheur de type cascade utilise un flux d'air chaud à passage unique pour sécher les boues jusqu'à obtenir des solides secs à un taux de 90 ou 95 %. L'aliment est délicatement séché lorsqu'il traverse le flux d'air chaud en cascade. L'idée principale de cette technique est d'alimenter en continu une bande rotative sans fin avec du pollen humide et de lui fournir de l'air chaud en contre-courant. Le tambour de séchage est légèrement incliné (à un angle de 5°) et tourne lentement afin de favoriser le mélange entre le pollen et le gaz, ainsi que l'évacuation du pollen sec. Il convient de noter que l'air utilisé pour le séchage n'est pas hermétique (Jouve, 2007).

Le flux d'air chaud est généré par un brûleur à gaz à allumage direct, qui fonctionne généralement au gaz naturel ou au biogaz. Ce brûleur produit des températures élevées à l'entrée du sécheur, assurant ainsi un chauffage rapide de la surface et une destruction immédiate des pathogènes. Le processus permet de maintenir une atmosphère sécurisée à faible teneur en oxygène à l'intérieur de la boucle de séchage. De plus, grâce à un échangeur thermique à condensation indirecte unique, la recirculation des gaz de processus chauds est possible, ce qui permet de réduire la consommation d'énergie thermique et de minimiser le retraitement des effluents dans les Stations de Traitement des Eaux Usées.

- **Les avantages de cette technique sont :**

- Économie d'énergie
- Élimination des risques de feu et d'explosions ;
- Amélioration possible de la qualité du produit

- **Les inconvénients de cette technique sont :**

Selon **CETIAT (2017)**, cette méthode présente plusieurs inconvénients, notamment : la difficulté de traiter des produits thermosensibles, le coût plus élevé de l'équipement (lié à la conformité aux normes de sécurité pour les systèmes à haute pression) et la nécessité de disposer de dispositifs d'entrée et de sortie étanches à la vapeur pour le produit.

2.2.4. La technique du séchage à convection tunnel : repose sur l'utilisation d'une bande transporteuse pour acheminer du pollen humide à travers une vanne rotative à écluses. Dans ce processus, de l'air chaud circule à contre-courant du pollen dans un tunnel constitué généralement de caissons de forme rectangulaire (**Jouve, 2007**).

La technique offre plusieurs avantages (Nguyen, 2015) :

- Elle permet de préserver la structure originale du produit.
- Le produit peut être conservé sous vide et dans un emballage opaque pendant plusieurs années, sans perte de vitamines et sans altération de ses caractéristiques organoleptiques. Sa valeur nutritive est pratiquement identique à celle du produit frais après congélation.
- La conservation peut se faire à température ambiante.

Les inconvénients de la technique (Nguyen, 2015) :

- Méthode coûteuse: frais d'investissement et d'exploitation élevés à cause de la forte consommation d'énergie
- Nécessité d'un emballage étanche car le produit est très hydrophile.

3. Avantages et inconvénients de séchage :**3.1. Les avantages de séchage :**

Le séchage de pollen présente plusieurs avantages tels que :

- La simplicité de la méthode pour avoir un bon rendement,
- Une durée de conservation de plusieurs mois ;
- La désactivation des enzymes responsables de l'altération ;
- L'inhibition de développement des micro-organismes grâce à la réduction de l'activité d'eau (Gauthier, 2014).

3.2. Les inconvénients de séchage :

Le séchage peut conduire notamment à pertes d'arômes ; de vitamines et de pigments, des réactions de brunissement ; des durcissements superficiels ; des modifications réversibles de texture et donc de capacité à la réhydratation ; également des pertes de constituants volatils et la modification de la répartition de l'humidité dans le produit. Le séchage de pollen reste encore une méthode de conservation très répandue.

4. La surgélation :

La congélation, est une alternative au séchage. Dans ce cas, les services d'hygiène ne considèrent pas qu'il y ait de transformation du produit (Bruneau, 2012). La congélation ne nécessite pas de séchage, mais le nettoyage du pollen est tout de même nécessaire. Pour éviter d'endommager les pelotes, elles sont triées à l'état congelé (Tremblay, 2016). Le principe de la congélation consiste à abaisser la température du pollen à environ -18°C , ce qui permet à l'eau qu'il contient de se solidifier. La cristallisation de l'eau présente dans les grains réduit la quantité d'eau disponible pour les réactions biologiques, ralentissant ainsi ou stoppant l'activité microbienne et enzymatique (Dgccrf, 2019).

Si le nettoyage n'a pas été effectué correctement, la congélation à une température inférieure à -10°C est une excellente technique pour éliminer toutes les formes de fausses teignes (adultes, larves et œufs). Le pollen supporte la décongélation pendant quelques heures et peut ensuite être recongelé sans risque si sa teneur en humidité est faible (8% d'eau).

Cependant, certains pollens peuvent contenir beaucoup plus d'eau (jusqu'à 20%), surtout s'ils sont restés trop longtemps dans les trappes. Une fois décongelé, le pollen se conserve environ une semaine au réfrigérateur (**Gauthier, 2014**).

- Avantages de cette technique (**Tremblay, 2016**):
 - Permet une conservation optimale des propriétés nutritionnelles du pollen.
 - Préserve la qualité sensorielle du pollen, notamment sa couleur et sa saveur.
 - Elle est considérée comme la meilleure technique pour conserver les propriétés antioxydants du pollen.
 - La congélation est une technique simple qui nécessite généralement moins de temps et d'énergie que le séchage.
 - Contrairement au pollen sec, le pollen congelé ne subit aucune transformation.
 - Le pollen congelé présente une meilleure absorption et une meilleure digestibilité que le pollen séché.
- Inconvénients de cette technique (**Gauthier, 2014**):

La congélation n'est pas recommandée pour la conservation d'un pollen ayant une teneur élevée en humidité, car elle peut entraîner l'éclatement des cellules et la perte de certains nutriments contenus dans celles-ci, ainsi que l'altération de son apparence.

La congélation ne contribue pas à améliorer la qualité du pollen, mais elle permet de la préserver intacte. Pour congeler le pollen, il est nécessaire de respecter des conditions spécifiques et de maintenir des températures adéquates lors de son transport et de son entreposage.

5. Le conditionnement sous vide :

Une fois séché, le pollen est placé dans des pots hermétiques (bouchon twist-off), équipé de parois anti-UV. Aujourd'hui, il existe des pots transparents de ce type. Certains producteurs importants travaillent sous vide ou sous azote. Si l'on ne valorise pas des pollens spécifiques, il est conseillé de travailler sur des mélanges de pollens récoltés durant la saison.

Le conditionnement sous vide est une méthode de conservation à long terme associée au froid. Elle implique de placer un produit dans un emballage souple et de créer le vide autour de celui-ci à l'aide d'une machine appropriée. L'emballage se colle étroitement au produit, le rendant hermétique aux gaz et empêchant ainsi toute entrée d'air ultérieure. Cela prive les bactéries aérobies d'oxygène, inhibant leur croissance. En moyenne, un produit sous vide se conserve trois fois plus longtemps qu'un produit exposé à l'air libre.

Cependant, il est important de prendre des précautions sanitaires lors du conditionnement sous vide. L'absence d'oxygène ne signifie pas qu'aucune bactérie pathogène ne peut se développer. Certaines bactéries anaérobies, telles que *Clostridium Botulinum* ou *Clostridium Perfringens*, sont hautement pathogènes et peuvent prospérer dans un environnement sous vide. Par conséquent, il est essentiel de mettre en place les mesures préventives suivantes :

- Respecter strictement la chaîne du froid pendant le conditionnement et la conservation du produit.
- Maintenir une hygiène générale rigoureuse des locaux et du matériel afin de réduire au maximum la charge microbienne initiale. La machine sous vide doit être installée dans une pièce dont la température est inférieure à 12°C.
- Assurer que la température du produit au moment de son conditionnement sous vide est inférieure à 6°C pour éviter la formation excessive de jus dans les sacs.
- Suivre un bon protocole de nettoyage et de désinfection de la machine de conditionnement.
- Effectuer régulièrement la maintenance de la machine, notamment la vidange et le remplacement des filtres à air et à huile au moins une fois par an.
- Faire valider les dates limites de conservation.

La réussite du conditionnement sous vide dépend de plusieurs facteurs, tels que l'efficacité et la fiabilité de la machine de conditionnement, les matériaux d'emballage utilisés et les caractéristiques de l'aliment qui sera conditionné.

Les produits granulaires et poreux, tels que le pollen, ont une structure qui leur permet de contenir et de retenir une petite quantité d'air dans les espaces entre les particules ou les pores. Afin de faciliter l'évacuation de leur emballage de manière efficace, il peut être nécessaire de prolonger la durée de conditionnement ou de disposer les produits de manière à faciliter l'extraction de l'air (**Bureau et Multon, 1989**).

Lorsqu'un produit humide, comme le pollen frais contenant de l'eau libre, est conditionné sous vide, il est impossible d'atteindre une pression sous vide très basse, car l'évacuation du conteneur entraîne l'évaporation d'une petite quantité d'eau présente. La vapeur ainsi libérée génère sa propre pression (pression de vapeur), qui peut varier en fonction de la température. Ce phénomène naturel n'affecte pas l'efficacité du conditionnement sous vide. L'air peut être complètement extrait malgré une pression absolue relativement basse

(jusqu'à 20-30 mm de mercure) et un faible niveau de vide. La pression résiduelle est exclusivement due à la pression de la vapeur libérée pendant l'extraction de l'air (et donc de tout l'oxygène qu'il contient) (**Sauvage, 2015**).

- **Les avantages du conditionnement sous vide :**

- Éviter les contaminations lors du stockage
- Augmenter la durée de vie des produits ;
- Permet d'éviter les pertes d'eau par évaporation et bloquer le séchage ;(**Sauvage, 2018**).

6. Le conditionnement sous atmosphère modifiée :

Elle offre plusieurs avantages par rapport au conditionnement sous vide. Tout d'abord, il peut être considéré comme une technologie plus délicate car il n'y a pas de pression exercée sur l'aliment lors de l'évacuation de l'air. Une évacuation violente et rapide de l'atmosphère peut entraîner la perte de substances volatiles précieuses et importantes pour préserver la saveur du produit. De plus, cela peut provoquer l'évaporation d'une partie de l'humidité, ce qui entraîne la migration des graisses à la surface du produit (**Floros et Matsos, 2005**).

7. La mise en pots du pollen :

Qui se fait après son traitement, dépend de la technique de conservation utilisée. Pour le pollen sec, il est généralement conditionné dans des pots en verre en raison de plusieurs caractéristiques avantageuses (**Gauthier, 2014**). Tout d'abord, le verre est imperméable aux gaz, aux vapeurs et aux liquides, ce qui le rend exceptionnel en termes de barrière, empêchant les échanges d'humidité entre le pollen et l'environnement extérieur. De plus, le verre est chimiquement inerte vis-à-vis des liquides et des produits alimentaires, ce qui élimine tout problème de compatibilité. Il est également hygiénique et inerte sur le plan bactériologique, ne favorisant pas le développement de bactéries ou de microorganismes à sa surface. Le verre est facile à laver et à stériliser, ne possède pas d'odeur et ne modifie pas les goûts, préservant ainsi les propriétés organoleptiques et la saveur du pollen. Sa transparence permet un contrôle visuel du pollen, et il peut même être coloré pour offrir une protection contre les rayons ultraviolets nocifs. Enfin, le verre possède une résistance mécanique suffisante pour supporter les chocs sur les chaînes de conditionnement à haute cadence, ainsi que des empilements verticaux importants lors du stockage.

- Le pollen frais congelé est emballé dans des sacs ou des barquettes en plastique HDPE (polyéthylène haute densité) qui sont idéales pour la congélation. Le HDPE possède des caractéristiques telles qu'une faible clarté, une excellente imperméabilité à l'eau, une perméabilité faible à l'oxygène et moyenne au CO₂, ainsi qu'une densité de 0,96 (Tremblay, 2016).
- Lors du conditionnement sous vide du pollen, le choix du matériau d'emballage est crucial pour assurer son efficacité. Il est important de sélectionner soigneusement le film plastique ou le type de barquette utilisé pour le conditionnement. Étant donné que les plastiques ont des degrés de perméabilité différents aux gaz, le vide dans l'emballage a tendance à permettre un retour d'air plus rapide de l'environnement. Pour une conservation à long terme des effets du conditionnement sous vide, il est nécessaire d'utiliser des matériaux "barrières" qui empêchent l'entrée d'oxygène pendant la durée requise. Il est également important de noter que plus le matériau est épais, plus la pénétration de l'oxygène est lente (proportionnellement), et une surface de conditionnement réduite entraîne une perméabilité aux gaz également plus lente. De plus, la vitesse de pénétration de l'oxygène varie en fonction de la température : plus celle-ci est basse, plus le phénomène est lent (Sauvage, 2015).
- L'utilisation de l'emballage sous atmosphère modifiée pour conditionner le pollen repose sur plusieurs éléments clés, et la définition de l'atmosphère idéale n'est qu'un aspect de cette réussite. En plus de cela, la sélection des matériaux et des techniques de conditionnement revêt une grande importance. Les matériaux flexibles utilisés dans l'emballage ont une perméabilité variable aux gaz. Ainsi, il est essentiel de prendre en compte les caractéristiques de ces matériaux et l'efficacité du scellage pour maintenir l'atmosphère protectrice à l'intérieur de l'emballage. Dans cette optique, il est crucial d'utiliser des machines de conditionnement appropriées qui permettent un remplacement complet de l'air par l'atmosphère souhaitée, avec une mesure précise, tout en réduisant au minimum la présence d'oxygène résiduel dans l'emballage (Luis et Krochta, 2005).



Figure 16 : Mise en pots (anonyme, 2017)

8. Etiquetage :

L'étiquetage est une étape primordiale qui identifie le produit final, ce qui permet son acheminement dans les bonnes conditions de producteur jusqu'au consommateur. Donc le producteur doit mentionner sur l'emballage toutes ces informations (Thibault, 2017).

- Origine de pollen c'est il est destiné à la consommation,
- Teneur en eau et les compositions des principaux nutriments,
- Carbohydrates totaux + sucres simples, lipides totaux + AGS, protéines, fibres, sel) ;
- Origine géographique ;
- Date limite de consommation DLUO
- Nom du producteur et numéro de lot.

Pour satisfaire les contrôles des autorités compétentes et aussi pour une bonne traçabilité des lots, le producteur doit conserver les échantillons de chacun et indiqué les informations suivantes :

- La date de préparation du lot et le poids net du produit
- La teneur en AGS ;
- D'autres informations peuvent être ajoutées selon la volonté du producteur tel que la composition en vitamines, en polyphénols, en minéraux, ou encore en 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.

- Analyse de la composition par la technique de Karl Fischer pour l'eau, par CPG ou CLHP, pour les carbohydrates et par CPG pour les fibres brutes, les protéines, AA, lipides, minéraux, vitamines et contaminants.



Figure 17 : type de l'étiquetage du pollen

9. Stockage :

Le stockage du pollen sec doit se faire dans un endroit sec et frais (moins de 15°C), à l'endroit de la lumière.

Le pollen congelé doit être maintenu à une température basse ou égale à -18°C.

Après décongélation, il doit être conservé au frigo et consommé rapidement (idéalement dans les 5 jours). En se brossant avec leurs pattes, les abeilles forment des pelotes avec le pollen. Elles y incluent un peu de miel et de salive ce qui active la fermentation et en améliore ainsi la conservation et l'assimilation. Elles fixent ces pelotes sur leurs pattes postérieures à un endroit que l'on appelle les corbeilles à pollen. Ainsi qu'elles le rapportent à la colonie.

De retour, ces pelotes sont posées dans les alvéoles à proximité du couvain afin de le nourrir. En effet, le pollen est très important à la production de gelée royale qui est indispensables à la survie des œufs et au nourrissage des larves.

Une ruche consomme environ 50 kilogrammes de pollen par an (Bruneau, 2012).

Chapitre IV

Management de la qualité sanitaire du pollen d'abeille

I. Qualité du pollen récolté par les abeilles :

1. Définition de qualité :

La qualité se réfère à la mesure dans laquelle quelque chose répond aux exigences, normes ou attentes spécifiées. C'est une évaluation de l'excellence, de la performance ou de la valeur d'un objet, d'un produit, d'un service ou d'un processus.

Selon Rivera Vilas, L.M. (1995) : « la qualité est la mesure dans laquelle les niveaux de l'ensemble des caractéristiques offertes par un produit ou un service satisfait les besoins exprimés ou implicites des consommateurs ». Gestion de la qualité organoleptique. D'après **Deming** : « Contribution à la satisfaction des besoins des clients ».

En se référant à la norme ISO 8402, (1986) : La qualité est un ensemble des caractéristiques d'une entité qui lui confèrent la capacité de satisfaire des besoins réels, explicites ou implicites.

Selon la norme afnor (2010) : « la qualité est défini comme étant tout produit ou service dont les caractéristiques lui permettent de satisfaire les besoins exprimés (4S ; satisfaction, service, santé, sécurité) ou implicites des consommateurs. »

2. Critères de qualité de pollen d'abeille :

Basé sur les résultats d'analyses de la composition chimique du pollen obtenu par des expériences effectuées dans différents pays et sur des publications récente proposent des critères et des procédures comme standards pour analyser la qualité du pollen récolté par les abeilles (**Campos et al. (2008)**).

Tant pour le producteur que pour le consommateur, il est bon de connaître les caractères liés à la qualité de pollen. Les critères de qualité sont chimiques, microbiologiques et sensoriels.

2.1. Critères chimiques

Comme critères chimiques de qualité, Bogdanov (2004) propose le contenu en protéines, lipides, minéraux, fibres, hydrates de carbonnes et en vitamines.

Chapitre IV : Management de la qualité sanitaire du pollen d'abeille

Tableau V : Critères de qualité du pollen collecté par l'abeille (Manuel Suisse des Denrées Alimentaires (MSDA, 2004)

Composant	Quantité Min - Max
Principaux Eléments	g/100g
Hydrates de carbone	13-55
Protéines	10-40
Lipides	1-10
Fibres	0,3-20
Composants mineurs	mg/100g
Minéraux	500-3000
Vitamines	20-100
Flavonoïdes	40-3000

2.2. Critères microbiologiques et hygiéniques

Du point de vue hygiénique, l'aspect microbiologique est le principal critère de qualité. Il est donc, essentiel de contrôler la qualité microbienne du pollen en particulier l'absence des germes pathogènes et fongiques (Bogdanov, 2004). La charge bactérienne doit être dans les limites hygiéniques légales. Les pratiques d'hygiène relatives à la préparation du produit doivent respecter. Les réglementations sanitaires requises pour un produit dans l'industrie alimentaire (Campos *et al.* 2008).

Chapitre IV : Management de la qualité sanitaire du pollen d'abeille

Tableau VII : normes des germes pathogènes dans le pollen (Campos et al, 2008).

Les germes	Nombre des germes autorisés
Salmonella	Absent /10g
Staphylococcus aureus	aureus Absent /1g
Enterobacteriaceae	Max 100/g
Escherichia Coli	Absent /g
Germes aérobies totaux	<100 000 /g
Levures et moisissures	<50 000 /g

2.3. Critères sensoriels

La couleur, l'aspect, l'odeur et le goût diffèrent selon l'origine botanique du produit. La couleur change du blanc au noir. Cependant, dans la plupart du temps elle est jaune, orange ou jaune-brune. Le goût du pollen est spécifique : doux, aigre, amer ou épicé. Une mauvaise odeur et goût, fermenté, présence des moisissures ou impuretés visuelles, sont considérés comme critères de défauts.

Tableau VIII : Critères de la qualité du pollen récolter par l'abeille (Stefan Bogdanov, 2004).

Analyses	Critères de qualité
Examen sensoriel	Odeur et gout typique, aucun contaminant visible
Tests microbiologiques	La charge bactérienne doit être dans les limites d'hygiènes légales
Examen chimique	- Teneur en eau : maximum 6g/100g de pollen

Contamination

- Teneur en ingrédients principaux : glucides, protéines, et lipides, si étiquetée en conséquence : Pesticides, métaux

3. La qualité sanitaire du pollen d'abeille :

3.1. La condition préalable à la production apicole

Pour s'assurer des rendements élevés en miel et en pollen, l'apiculteur doit suivre quatre grandes règles fondamentales :

a. Choix d'un climat et microclimat favorables : Il est important d'installer le rucher dans un environnement qui offre un climat propice à l'activité des abeilles. Un climat doux et tempéré, avec une bonne disponibilité des ressources florales, est favorable au développement des colonies d'abeilles.

b. Sélection de reines de haute qualité : Les reines jouent un rôle crucial dans la production de couvain, c'est-à-dire les cellules où les abeilles se développent. Des reines de haute qualité génétique et sélectionnées pour leur productivité permettent d'avoir un couvain régulier et volumineux, ce qui favorise la croissance et la production des colonies.

c. Abondance de sources de nectar et de pollen : Les abeilles ont besoin de sources abondantes de nectar et de pollen pour se nourrir et produire du miel. Il est important de s'assurer que la diversité des environs du rucher offre des espèces végétales florales qui fournissent des ressources tout au long de la saison. Cela garantit une récolte de miel et de pollen plus importante.

d. Maintien d'un état sanitaire optimal des colonies : La santé des colonies d'abeilles est primordiale pour leur productivité. Les apiculteurs doivent prendre des mesures pour prévenir et contrôler les maladies, les parasites et les ravageurs qui peuvent affaiblir les colonies. Cela implique des pratiques de surveillance régulières, des traitements appropriés et des mesures d'hygiène pour maintenir un état sanitaire optimal **J.M.Philipe.2007.**

3.2. Les contaminants du pollen d'abeille : sources de danger et les mesures préventives

La consommation mondiale croissante de produits naturels met en avant l'importance de la sécurité alimentaire. Le pollen d'abeille, riche en nutriments et en composés bioactifs bénéfiques pour la santé, suscite un intérêt croissant. Cependant, il présente des risques potentiels pour la santé humaine en raison de la possibilité de contamination par des micro-organismes et de la présence de substances nocives. Ainsi, et afin de garantir la sécurité du pollen et de protéger la santé humaine, il est nécessaire de mettre en place des mesures préventives. Cela comprend des traitements préalables tels que le séchage, ainsi que l'adoption de bonnes pratiques apicoles, d'hygiène et de fabrication. Ces mesures visent à minimiser les risques de contamination et à assurer la qualité sanitaire du pollen destiné à la consommation humaine.

Trois principales sources de dangers (physiques, chimiques, biologiques, les allergènes) sont recensées dans le pollen, et qui peuvent provenir de plusieurs sources de contamination.

1. Contaminants physiques : présence éventuelle des insectes ou de morceaux de ruche.
Mesures préventives : choisir un matériel de bonne qualité et facile à nettoyer ; utiliser une trappe à pollen solide et efficace pour une bonne récolte ;

2. Contaminants chimiques : le pollen doit être exempt de contaminants chimiques tels que des résidus de pesticides. Certains pesticides utilisés pour lutter contre les maladies des abeilles peuvent être toxiques pour les consommateurs s'ils sont accumulés dans le pollen.
Mesures préventives : Eloigner les ruches de toutes sources de pollution ; ne pas utiliser de produits chimiques toxiques ou de peintures toxiques pour les ruches ; utiliser l'enfumoir de manière respectueuse du bien-être des abeilles ; utiliser uniquement des médicaments enregistrés pour les abeilles, en suivant les instructions et les directives.

3. Contaminants Biologiques : La contamination microbienne du pollen peut provenir de diverses sources, telles que les abeilles elles-mêmes, le miel, le nectar ou des sources externes. Les bactéries, les champignons, les levures, les virus et les protozoaires peuvent contaminer le pollen, et si les pratiques de collecte, de stockage et de commercialisation ne sont pas adéquates, des bactéries pathogènes peuvent se développer.

Chapitre IV : Management de la qualité sanitaire du pollen d'abeille

Mesures préventives : Choisir des zones non humides, à l'abri des vents froids et sans sources de pollution ; contrôler l'état de santé des essaims, des colonies et des reines; ne laissez pas le pollen dans les trappes la nuit pour éviter toute contamination et les altérations ; nettoyage des trappes après chaque récolte et assuré l'hygiène du personnel et du matériel de la récolte ; appliquer un nettoyage suivi d'une conservation directement après la récolte ; assurer l'hygiène des matériaux et locaux pendant le nettoyage et la conservation pour éviter toutes contaminations du pollen ; choisir le type et la matière d'emballage qui convient à la technique de conservation ; réaliser le conditionnement dans des chambres aseptiques ; respecter les conditions de stockage (la température, l'aération, l'humidité...) ; respecter la DLC du pollen.

De plus, la présence d'allergènes dans le pollen, tels que des glycoprotéines solubles dans l'eau, des acides et des protéases, peut provoquer des réactions allergiques chez certaines personnes lors de sa consommation.

3.3. La traçabilité :

La traçabilité joue un rôle crucial dans l'industrie alimentaire, y compris dans le secteur des produits de la ruche tels que le miel, la gelée royale et le pollen. Ces produits sont soumis à des réglementations et des contrôles en raison de leur statut alimentaire, et la traçabilité est un outil essentiel pour assurer leur sécurité et leur qualité. La traçabilité consiste à suivre un produit tout au long de son processus de production, depuis sa source jusqu'à sa destination finale. Cela permet de connaître l'origine des ingrédients, les étapes de transformation, les conditions de stockage et de transport, ainsi que les différents acteurs impliqués dans la chaîne d'approvisionnement.

Dans le cas de l'apiculture, le système d'analyse des dangers et des points de contrôle critique (SCPC) est une approche préventive visant à identifier, évaluer et maîtriser les risques phytosanitaires liés à la production de produits apicoles. Le SCPC repose sur l'application de bonnes pratiques de fabrication pour garantir la sécurité des produits. Ces pratiques permettent de prendre en compte les différents aspects de la production et des dangers potentiels.

L'optimisation des systèmes traçabilités, y compris l'implémentation de la SCPC, offre plusieurs avantages. Elle permet une gestion plus efficace des incidents, des crises ou des alertes de sécurité, en identifiant rapidement les sources de problèmes et en prenant les

Chapitre IV : Management de la qualité sanitaire du pollen d'abeille

mesures appropriées pour y remédier. Cela contribue à assurer la sécurité alimentaire et la qualité des produits de la ruche. Ce système de traçabilité prend en considération :

1. Identification du rucher : Chaque emplacement de ruches doit être identifiable en apposant un numéro NAPI (Numéro Apicole Permanent d'Identification) à l'entrée du rucher ou sur au moins 10 % des ruches présentes.

2. Vente des produits de la ruche : Si l'apiculteur vend des produits de la ruche, il doit posséder un numéro de Siret, qui est un identifiant d'entreprise. De plus, une déclaration des ruchers doit être effectuée auprès des autorités compétentes.

3. Registre d'élevage : L'apiculteur est tenu de tenir un registre d'élevage où toutes les opérations effectuées sur les ruches sont consignées. Cela inclut les visites, les réunions, les transhumances, les traitements, le nourrissage, les récoltes, etc. Ce registre permet de suivre l'historique des interventions sur les ruches.

4. Cahier de miellerie : Un cahier de miellerie doit également être tenu pour enregistrer toutes les opérations liées aux récoltes des ruches répertoriées dans le registre d'élevage. Cela inclut le numéro de la ruche productrice, le nombre de cadres extraits, la quantité produite, le stockage, le conditionnement, l'étiquetage et la date limite de consommation. (**Hummel et Feltin, 2017**).

Conclusion générale

Conclusion Générale

Le pollen d'abeille est l'un des produits de la ruche le plus recherché par le consommateur pour ses vertus thérapeutiques. Une colonie d'abeille peut produire une quantité qui peut varier de quelques centaines de grammes à quelques kilogrammes par colonie et par saison. Cette quantité peut être économiquement rentable, d'où l'opportunité d'exploiter les espaces naturels disponibles en abondance dans notre pays.

Le pollen d'abeille est un aliment utilisé pour ses propriétés thérapeutiques. Cet aliment est constitué principalement de protéines, fournissant les huit acides aminés essentiels, contient aussi des sucres simples (glucose, fructose, saccharose), et des glucides principalement de la cellulose, des minéraux, en particulier le sélénium, les composés mineurs (les vitamines du groupe B, des antioxydants phénoliques...etc.).

Le pollen d'abeille peut constituer un milieu favorable au développement des micro-organismes, et peut s'altérer si les conditions de conservation ne sont pas respectées, et peut même être à l'origine du risque sanitaire sur la santé du consommateur.

La réglementation relative à la sécurité sanitaire des consommateurs, imposerait aux producteurs et aux conditionneurs de la mise en place de système de gestion de la sécurité sanitaire, par la mise en place des bonnes pratiques apicoles, des bonnes pratiques de conservation et de la traçabilité.

Références bibliographiques

Ouvrages :

- ✓ **ADJLANE Nouredine, Hadj Ali. L.M, Benamara. M, Bounadi.O, Haddad.N ; 2017 ;** qualité microbiologique du pollen produit par les apiculteurs et commercialisé en Algérie ; Rev. Microbiol. Ind. San et Environn. Vol 11, N°1, p : 31-39.
- ✓ **Albitar Nsren ; 2010 ;** Etude comparative des procédés de séchage couplés à la texturation par Détente Instantanée Contrôlée DIC, en termes de cinétique et de qualité nutritionnelle. Applications à la valorisation des déchets agro-industriels ; Thèse de doctorat ; Université de La Rochelle ; France.
- ✓ **Almeida-muradian.2005.**chemical composition and botanical évaluation of dried bee pollen pellets.journal of food composition and analysis.p105-111
- ✓ **ALP forum, 2006,** N°41F, produits apicoles et santé, suisse, département fédéral de l'économie DFE /issn1661-0814(online) p20.21
- ✓ **BAUDEL Mathilde ; 2017 ;** l'apithérapie ; diplôme d'état de docteur en pharmacie ; université Picardie jule verine ; amiens ; France.
- ✓ **BENARD.G ; 1973 ;** quelques aspects de la lyophilisation du pollen de cocotier.
- ✓ **BLANC. M; 2010 ;** Propriétés et usage médical des produits de la ruche ; diplôme d'état de docteur en pharmacie ; université le limoge ; limoge ; France.
- ✓ **BOISSET.M. 2017 ;** les « métaux lourds dans l'alimentation » : quels risques pour les consommateurs ? Heavy metals in food :what risks for consumers ?; Médecine des Maladies Métaboliques ;
- ✓ **Boukanouche.S, Boulchfir.N, 2009,** thèse de mémoire, la source de l'alimentation des abeilles pollen
- ✓ **Catherine Ballot-Flurin, 2014,** l'apithérapie, éditions eyrolles 61, bd
- ✓ **CHAUZAT Marie-Pierre, Jean-Paul FAUCON, Anne-Claire MARTEL, Julie LACHAIZE, Nicolas COUGOULE et Michel AUBERT ; 2006 ;** les pesticides, le pollen et l'abeille. -
- ✓ **Compos, M. G., Lourenco, C., Cunha, A., Rauter, A. 1994.**Portuguese bee pollen as a source of flavonoids. Acta Horticulturae. 429-447.
- ✓ **Dadda.B, Serir.L, Kherrou.S, 2008,** réalisation d'un séchoir solaire indirect, revue des énergies p127
- ✓ **Darrigol, Jean-Luc.2007.**apithérapie : miel, pollen, gelée royale, propolis. Édition escalquens, Dangeles p260

Références bibliographiques

- ✓ **DEGRANDI-HOFFMANA Gloria, L.GAGEASTéphanie, CORBY-HARRISA Vanessa, CARROLLA Mark, CHAMBERSA Mona, GRAHAMA Henry, WATKINS DEJONGA Emily, HIDALGOA Geoffrey, CALLEA Samantha, AZZOUZ-OLDENB Farida, MEADORA Charlotte, SNYDERA Lucy, ZIOLKOWSK Nick ; 2018 ;** connecting the nutrient composition of seasonal pollens with changing nutritional needs of
- ✓ **DjamaiAbdlhadi, 2018,** l'apiculture à la portée de tous, Editions Talantikit-bejaia, ISBN : 978-9947-67-176-4 p.118-166
- ✓ **DOYMAZ Ibrahim ; 2004 ;** Convective air drying characteristics of thin layer carrots ; Journal of Food Engineering
- ✓ **DrMOSBAH Asma, 2019,** Diversification Des Produits De La Ruche «pollen», Mentouri Constantine1, p 6-9
- ✓ **Etienne BRUNEAU, 1-2012,** conditionnement du pollen, fiche technique, p15.16
- ✓ **Etienne BRUNEAU, 6-2021,** | n°205 |, Abeilles & Cie, Récolte Du Pollen P12
- ✓ **FAO (Food And Agriculture Organization Of The United Nations), 2016.**les bonnespratiques apicoles.p1.2.www.fao.org
- ✓ **FAO. (Food And Agriculture Organization Of The United Nations). 2018.** Comment traiter et intégrer le pollen frais de la ruche dans l'alimentation humaine. TECA.Italy. p2
- ✓ **FLOROS John D., MATSOS Konstantinos I ; 2005 ;** Introduction to modified atmosphere packaging ; Food Science and Technology
- ✓ **G.Ravazzi, 2007,** abeilles et apiculture. 2 éme édition paris : édition de vecchi S.A. p19. 177- 118.
- ✓ **Ghuathier, 2014,** la récolte du pollen : un débouché supplémentaire à la portée de tous, abeille de France.
- ✓ **GHUATHIER.Ch ; 2014 ;** La récolte du pollen : un débouché supplémentaire à la portée de tous ; abeille de France.
- ✓ **Henri Clément, Etienne Bruneau, Jean-Marie Barbançon, Paul Bonnaffe, Roch Domerengo, Gilles Fert, Yves Le Conte, Gilles Ratia, Catherine Reeb, Bernard Vaissiere, 2011.**Le Traité Rustica De L'apiculture. Editions Rustica.France.ISBN :978-2-84038-421-3, p365-368
- ✓ **Hummel. R, Feltin. M ; 2017 ;** règles et principes pour la bonne conduite d'un rucher sédentaire, syndicat des apiculteurs de Thann et environs.
- ✓ **Jean Marie Philipe, 2007,** le guide de l'apiculture. Editions Edisud.France.ISNB :978-2-7449-0705-0 p1023-1027

Références bibliographiques

- ✓ **Jean Riondet**, 2010, l'apiculture mois par mois. Les éditions Eugen Ulmer.France .ISBN ; 978-2-84138-544-7
- ✓ **Jean-Marie Frérés, Jean-Claude Guillaume**, 2011, L'apiculture Ecologique De A à Z, Nouvelle Edition : Résurgence Médecines Naturelles Au Quotidien P359
- ✓ **Jeanne f**, 1983.la maturation du miel bulletin technique apicale.Opida, 10(1) p40-44
- ✓ **JOUVE Nicolas** ; 2007 ; cours de séchage – entraînement.
- ✓ **KIARED.GH (Ould-Amara)** ; 2015 ; pollen du nord d'Algérie : méthodes de piégeage, classification et identification.
- ✓ **Lefrancois, Ruby**, 2006.pollen d'abeilles. Société canadienne de recherche sur les PNS p 7-15
- ✓ **LEVAC Bernard, MRCEAU Jocelyn** ; 1991 ; Québec ; séchoir à pollen.
- ✓ **LOUVEAUX, J.** 1990. Les relations abeilles-pollens. Bulletin de la société botanique de France. Actualités Botaniques, 137(2), 121-131
- ✓ **Luis, G.D, Georgina, T, Ananias, P, Andleticia, M, Estevinho.**2018.Effecr Of Processing Conditions On The Bioactive Compounds And Biological Properties Of Bee Pollen. Journal Of Apicultural.357-365.
- ✓ **MACALUSO-GALLETTA Anna** ; 2004 ; étude des niveau de contamination en HAP et des différentes variables biologiques dans les grains de pollen de pin et de frêne (fraxinus Excelsior) du sillon mosellan ; grade de docteur en sciences mention toxicologie de l'environnement université de METZ-UFR sci F.A ; Metz ; France.
- ✓ **MarcucciM.C** ; 1995 ; Propolis : chemical composition, biological properties and therapeutic activity ; Apidologie ; vol26(2) p. 83-99.
- ✓ **Massaux**, 2016 pollen : une composition nutritionnelle d'intérêt, l'abeille and cle, volum 5N°174 p29
- ✓ **MEOT Jean-Michel, RIVIER Michel, DEPLECH Charlotte** ; 2021 ; séchoir à claies ; plateforme de technologie agroalimentaire.
- ✓ **NGUYEN Thu Ha** ; 2015 ; Étude expérimentale et modélisation du procédé de séchage des végétaux ; thèse de doctorat ; université de Bretagne sud ; Lorient ; France.
- ✓ **Paul Peacock, Marabout**, 2011, l'apiculture mode d'emploi, Grande Bretagne, ISBN : 978-2-501-07274-8 p15.35
- ✓ **Peter D.Paterson**, 2008, L'apiculture (Agricultures Tropicales En Poche), Quae, Cta, Presses Agronomie, Gembloux p117-118
- ✓ **-Philippe J. M.**, 1988. Le guide de l'apiculture. Edisud. Paris.

Références bibliographiques

- ✓ **Pierre Jean -Prost, 2005.**L'apiculture. connaître l'abeille .conduire le rucher.7^{ème} Edition. Lavoisier : 429-437
- ✓ **Pons A, 1970.**le pollen 2^{ème} édition. Presses universitaires de France p 8-40
- ✓ **Rémy Bacher, 2006,** L'ABC du rucher BIO, Edition terre vivante. France. ISBN 978-2-36098-023-9
- ✓ **Robert D, Roland J. C ,1998.** Organisation cellulaire, initiative santé.2^{ème} éditions p : 3-125
- ✓ Saint-germain 75240 paris. ISBN : 978-2-212-55901-9 p56
- ✓ **SAMUEL Onil, LAAURENT Louis St, VALCKE Mathieu, CHAPADOS Maude, MARIE-EVE ; 2019 ;** Les risques sanitaires des pesticides : des pistes d'action pour en réduire les impacts ; mémoire ; Québec ; Canada.
- ✓ **SAUVAGE Jean-Pierre ; 2018 ;** technique et outils de transformation- fiche technique.
- ✓ **Stefan .Bogdanov 2004.** Quality and Standards of Pollen and Beeswax APIACTA .38,
- ✓ **Stefan. Bogdanov 2004.**Contaminants Of Bee Products.Apidologie.p18.
- ✓ **Sylvie m, catherine r, robin b.2004,** botanique et physiologie végétale.maloine.paris .p 239
- ✓ **Thibault Marion. Hal. 2017.** Open Science. Pollen Apicole , ses propriétés et ses utilisations thérapeutiques et Sciences pharmaceutiques. France.P32.44
- ✓ **TOZLOVANU Mariana ; 2008 ;** Évaluation du risque de contamination alimentaire en mycotoxines néphrotoxiques et cancérogènes (notamment l'ochratoxine A) : validation de biomarqueurs d'exposition et d'effet. PhD ; thèse de doctorat ; Institut National Polytechnique de Toulouse ; Toulouse ; France. -
- ✓ **Tremblay Nicolas ; 2016 ;** production du pollen ; apiculture101.
- ✓ **WARD Jhon ; 2020 ;** les moisissures sur les aliments
- ✓ **Wilt.t, Macdonald R.2000.**cernilton for benign prostatique hyperplasia. Cochrane data base. P15
- ✓ **ZOUBAIER. H ; 2017 ;** pollen d'abeille : vertus, bienfait, compositions, posologie, méfaits et effets indésirables.
- ✓ **عباس عبد اللطيف.1994.**عالم النحل.دار المعرفة الجامعية .السكندرية.ص269.510

Sites internet :

- ✓ <https://apiculture.net>
- ✓ <https://wikipédia.org>
- ✓ <http://rustica.fr>

Références bibliographiques

- ✓ <http://cari.be>
- ✓ <http://culture.gouv.fr>
- ✓ <http://www.inko-apiculture.com>
- ✓ <http://www.abeillesentinelles.net>
- ✓ <https://tse1.mm.bing.net>

Table des matières

Remerciements

Dédicaces

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Sommaire

Introduction générale..... 1

Chapitre I : Généralité sur l'abeille et son pollen

I. L'abeille	3
1. Aperçu sur l'abeille	3
2. Anatomie de l'abeille	3
2.1. Tête	3
2.2. L'abdomen	3
2.3. Thorax.....	4
3. Caste de la colonie	4
II. La fleur et sa structure	5
1. Définition	5
2. Morphologie de la fleur	5
3. Types des plantes mellifères	6
3.1. Définition	6
3.2. Types des plantes mellifères	7
III. Le pollen	8
1. Définition	8
2. L'origine du pollen	8
3. La structure de grain du pollen	8
4. Les types du pollen	9
5. Pelotes de pollen	9
6. La pollinisation	10
6.1. Définition	10

6.2. Le fonctionnement de la pollinisation	10
6.3. Le mode de pollinisation	11

Chapitre II : compositions biochimiques et propriétés thérapeutiques du pollen d'abeille

I. Composition biochimiques du pollen	13
1. Teneur en eau	13
2. Hydrates de carbone	13
3. Protéines et acides aminés.....	13
4. Lipides	14
5. Les minéraux	15
6. Autres composants biochimiques	16
6.1. Les micros éléments	16
6.2. Vitamines et flavonoïdes	17
6.3. Les enzymes	17
6.4. Fibres alimentaires (ballast)	17
6.5. Les pigments	18
6.6. La sporopollenine	18
II. La valeur nutritionnelle et propriétés thérapeutique du pollen d'abeille	18
1. Valeur nutritionnelle	18
2. Valeurs thérapeutique et pharmaceutique	18
2.1. Action digestive et anti-inflammatoire du pollen	18
2.2. Action sur la voie respiratoire	19
2.3. Action sur le système immunitaire	19
2.4. Action sur la concentration et la mémoire	19
2.5. Action cardiovasculaire.....	19
2.6. Propriété anticancéreuse	19
2.7. Action anti-ostéoporose	20
2.8. L'effet bénéfique sur les cheveux	20
2.9. Action protectrice sur les ongles	20
2.10. Action sur la peau	20
2.11. Effet sur le diabète	21
2.12. Action antibactérienne du pollen	21

2.13. Effets anti-anémiques	21
-----------------------------------	----

Chapitre III : récolte, séchage et conditionnement du pollen d'abeille

I. La récolte du pollen d'abeille	23
1. La récolte Par l'abeille	23
2. La récolte Par l'homme.....	24
2.1. La trappe a pollen	24
2.2. Les types de trappe à pollen	25
2.3. Description d'une trappe a pollen	25
3. Le choix des colonies de récolte	26
4. Efficacité des trappes	26
5. Les conditions influençant sur la récolte	26
5.1. La structure de la fleur	26
5.2. Les conditions climatiques	27
6. La quantité de pollen prélevé par an	27
7. variation qualitative	27
II. Altérations qui peuvent survenir dans le pollen	28
1. L'humidité et l'activité de l'eau (AW)	28
2. Les microorganismes	29
3. Les métaux lourds.....	30
4. Les pesticides.....	30
III. Technique de conservation de pollen d'abeille	31
1. le triage	31
2. Séchage	32
2.1. Séchage à l'énergie solaire	33
2.2. Séchage industriel	34
2.2.1. Le séchage dans les étuves	34
2.2.2. La technique de séchage à chariots à claies	34
2.2.3. Le sécheur à tambour rotatif	35
2.2.4. La technique du séchage à convection tunnel	36
3. Avantages et inconvénients de séchage	37
3.1. Les avantage du séchage	37
3.2. Les inconvénients du séchage	37

4. La surgélation	37
5. Le conditionnement sous vide	38
6. Le conditionnement sous atmosphère modifiée	40
7. Mise en pots	40
8. Etiquetage	42
9. Stockage	43

Chapitre IV : Management de la qualité sanitaire du pollen d'abeille

I. Qualité du pollen récolté par les abeilles	45
1. Définition de qualité.....	45
2. Critères de qualité de pollen d'abeille.....	45
2.1. Critères chimiques	45
2.2. Critères microbiologiques et hygiéniques	46
2.3. Critères sensoriels	47
3. Qualité sanitaire de production de pollen d'abeille	48
3.1. Les conditions préalables à la production apicole.....	48
3.2. Les contaminants du pollen d'abeille	49
3.3. La traçabilité.....	50
Conclusion générale	53

Références bibliographiques

Table des matières

Résumé

Résumé

Le pollen d'abeille est classé dans la catégorie des compléments alimentaires. Il est de plus en plus consommé pour ses vertus diététiques dû à sa composition biochimique riche et équilibrée (huit acides aminés essentiels, glucides, acides gras, vitamines B) en plus de ses propriétés pharmacologiques, mises en évidence par de nombreuses recherches *in vitro* et *in vivo*. L'Algérie possède un vaste territoire riche et varié en plantes apicoles capables de produire des variétés de miel et de pollen. Le pollen produit peut constituer un milieu favorable au développement des micro-organismes qui peuvent mettre en danger la santé du consommateur. Ceci nécessite une stratégie de gestion de la qualité sanitaire par la mise en place des bonnes pratiques apicoles qui doit prendre en charge en premier lieu l'état sanitaire des colonies, le choix des emplacements mettant en abri du risque des pesticides, les conditions de récoltes, de triage, de conservation et de conditionnement.

Mots clés : Le pollen d'abeille, récolte, qualité, triage, altération, séchage, BPA (bonne pratique apicole)

Abstract

Bee pollen is categorized as a dietary supplement. It is increasingly consumed for its dietary virtues due to its rich and balanced biochemical composition (eight essential amino acids, carbohydrates, fatty acids, B vitamins) in addition to its pharmacological properties, highlighted by numerous *in vitro* and *in vivo*. Algeria has a vast territory rich and varied in beekeeping plants capable of producing varieties of honey and pollen. The pollen produced can constitute a favorable medium for the development of micro-organisms which can endanger the health of the consumer. This requires a health quality management strategy through the implementation of good beekeeping practices which must first of all take care of the health status of the colonies, the choice of locations sheltering the risk of pesticides, the harvesting conditions, sorting, conservation and packaging.

Keywords: Bee pollen, harvest, quality, sorting, alteration, drying, BPA (good beekeeping practice)