

**République Algérienne Démocratique et Populaire Ministère de  
l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique**

**Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou  
Faculté des Sciences Biologique et des Sciences Agronomiques  
Département d'Agronomie**



## **Mémoire de fin d'études**

**En vue d'obtention du diplôme de Master en Science Alimentaire**

**Spécialité : Sécurité Agroalimentaire et Assurance de Qualité**

### **Thème**

**Pain d'abeille : compositions, propriétés, production et  
qualité**

**[recherches bibliographiques]**

**Réalisé par :**

**M<sup>r</sup> Remal Menad dit Tahar**

**M<sup>elle</sup> Lebbah Lydia**

**M<sup>elle</sup> Mohamedi Djamila**

**Devant le jury :**

**Promoteur : M<sup>r</sup> BENGANA M.**

**M. C. B.**

**UMMTO.**

**Présidente : Mme REMANE Y.**

**M. C. B.**

**UMMTO.**

**Examinatrice : Mme ALLANE T.**

**M. C. B.**

**UMMTO.**

**Année universitaire : 2021-2022**

## Remerciements

Aux premiers lieux, nous exprimons nos profonds remerciements au bon Dieu qui nous a donné le courage et la volonté de réaliser ce travail.

Nous adressons tout nous s'insère remerciement à notre promoteur **M<sup>r</sup> BENGANA** qui a accepté de nous encadrer et de nous donner son temps pour nous aider et donner des conseils et des informations pour bien rédiger et terminer ce travail.

Tous nous s'insèrent remerciement **Mme REMANE** d'avoir accepté d'évaluer ce travail.

Nous tenons à remercier vivement **Mme ALLANE** pour avoir accepté d'examiner et de juger ce travail.

Nos remerciements aux apiculteurs et aux chercheurs apicoles qui nous offrent des informations pour bien profiter des bien fait des produits de la ruche et pour bien faciliter notre travail.

## **Dédicace**

Je dédie ce modeste travail à **mes très chers parents** pour leur soutien moral et matériel tout au long de mon parcours d'études que dieu vous bénisse et vos gardes avec une bonne santé.

**A mes frères et toute ma famille.**

**A mes chers amis que je ne peux pas les citer.**

A tous les personnes qui m'ont bien aidé à atteindre mon objectif et à tous ceux que j'aime et qui m'aime.

Je vous souhaite de bons succès et beaucoup de bonheur dans votre vie.

**MENAD DIT TAHAR**

## **Dédicace :**

Je dédie ce mémoire :

**A ma chère mère**

**A mon cher père**

Qui n'ont jamais cessé de croire en moi de me soutenir de m'épauler pour que je puisse atteindre mon objectif à eux qui ont sacrifié leur vie pour ma réussite et m'éclairer le chemin grâce à leur conseil judicieux a eux qui m'ont donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance. J'espère qu'ils trouveront dans ce travail toute ma reconnaissance et tout mon amour

**A mes chères sœurs : AMEL ET SONIA**

**A mon cher frère : SALIM**

Qui ont partagé avec moi tous les moments d'émotions lors de la réalisation de ce travail et m'ont chaleureusement soutenue et encourager tout au long de ce parcours

**A mes cher amies : LOUIZA, DAMIA, CELIA,**

**FERHAT, HAMZA, MOHAND SAID**

C'est le hasard qui fait la famille mais c'est le cœur qui fait des amies ..... À ceux qui m'ont aidé et encourager dans les moments difficile et avec qui j'ai partagé les plus beaux moments de mon parcours universitaire

**LYDIA**

**Dédicace :**

Je dédie ce mémoire :

**A ma chère mère**

**A mon cher père**

Qui n'ont jamais cessé de croire en moi de me soutenir de m'épauler pour que je puisse atteindre mon objectif

**A ma chère sœurs : MALIKA**

**A mes chers frères : RAMDANE ET SOFIANE**

Qui ont partagé avec moi tous les moments d'émotions lors de la réalisation de ce travail

**A mes cher amies : NASSIM, NAWAL**

Qui m'ont aidé et encourager dans les moments difficile

**DJAMILA**

## Liste des abréviations

**AA** : Acide aminé

**AME** : Acide aminé essentiel

**AGS** : acide gras saturé

**AGI** : Acide gras insaturé

**AG** : Acide gras

**CRP** : protéine C-réactive

**CPG** : chromatographie en phase gazeuse

**CCM** : chromatographie en couche mince

**BB**: Bee Bread (pain d'abeille)

**BBM**: Bee Bread machine

**RUV**: Rayon ultraviolet

**ML**: Métaux Lourds

**MO** : Microorganismes

**OGM** : Organisme génétiquement modifié

**HAP** : Hydrocarbures aromatique polycyclique

**LMR** : limite maximale des résidus

**SSA** : sécurité sanitaire des aliments

**BPA** : bonnes pratiques apicoles

## Liste des figures

<b>Figure 1 :</b> pollen récolté par l'abeille.....	3
<b>Figure 2 :</b> la structure de grain de pollen.....	5
<b>Figure 3 :</b> grain de pollen myosotis.....	6
<b>Figure 4 :</b> grain de pollen de cucurbita.....	6
<b>Figure 5:</b> pain d'abeille.....	14
<b>Figure 6:</b> processus de production de pain d'abeille dans la ruche.....	16
<b>Figure 7 :</b> les propriétés pharmacologie de pain d'abeille.....	27
<b>Figure 8 :</b> schéma du processus technologique d'extraction du pain d'abeille à partir de nids d'abeille.....	29
<b>Figure 9 :</b> fragment de rayon de pain d'abeille.....	32
<b>Figure 10 :</b> machine de récolte de pain d'abeille.....	32
<b>Figure 11 :</b> machine à sécher le pollen d'abeille.....	32
<b>Figure 12 :</b> pain d'abeille purifiée, prêt à être vendu.....	32
<b>Figure 13 :</b> les sources de contamination de la ruche.....	36

## La liste des tableaux

<b>Tableau I</b> : la composition moyenne du pollen frais.....	7
<b>Tableau II</b> : le pourcentage des acides aminés dans le pollen .....	8
<b>Tableau III</b> : les minéraux présent dans le pollen.....	10
<b>Tableau IV</b> : les vitamines qu'on trouve dans le pollen.....	11
<b>Tableau V</b> : la composition de pollen d'abeille en acide organique.....	11
<b>Tableau VI</b> : la composition chimique du pain d'abeille.....	17
<b>Tableau VII</b> : les sucres présent dans le pain d'abeille.....	18
<b>Tableau VIII</b> : la composition minérale du pain d'abeille.....	19
<b>Tableau IX</b> : les acides organique présent dans le pain d'abeille.....	20
<b>Tableau X</b> : la concentration des vitamines dans le pain d'abeille.....	21
<b>Tableau XI</b> : les maladies de la colonie et leur traitement.....	39





## **Sommaire**

# Sommaire

**Remerciements**

**Dédicaces**

**Liste des abréviations**

**Liste des figures**

**Liste des tableaux**

## Synthèse bibliographique

**L'introduction.....1**

### **Chapitre 1 : pollen et pain d'abeille**

#### **I. 1. Pollen**

I. 1.1. Historique.....3

I. 1.2. Définition.....4

I. 1.3. La structure de pollen.....4

I. 1.4. Les types de pollen.....5

I. 1.5. La collecte du pollen par l'abeille.....6

**I. 1.6. La composition de pollen d'abeille .....7**

I. 1.6.1. L'eau.....7

I. 1.6.2. Les lipides.....8

I. 1.6.3. Les protéines.....8

I. 1.6.4. Les glucides.....9

I. 1.6.5. Les caroténoïdes.....9

I. 1.6.6. Les minéraux.....9

I. 1.6.7. Les vitamines.....	10
I. 1.6.8. Les acide organiques.....	11
<b>I. 1.7. Aspect microbiologique : .....</b>	<b>12</b>
I. 1.7.1. Les microorganismes présents dans le pollen.....	12
I. 1.7.2. Microorganismes associé au pollen et pain d’abeille.....	12
I. 1.7.3. Le rôle des microorganismes dans le pollen.....	13
<b>I. 2. Pain d’abeille.....</b>	<b>14</b>
<b>I. 2.1. Définition.....</b>	<b>14</b>
<b>I. 2.2. Du pollen au pain d’abeille.....</b>	<b>14</b>
<b>I. 2.3. La composition biochimique du pain d’abeille .....</b>	<b>16</b>
I. 2.3.1. Les protéines.....	17
I. 2.3.2. Les acides aminés.....	18
I. 2.3.3. Les sucres.....	18
I. 2.3.4. Les acides gras.....	18
I. 2.3.5. Les minéraux.....	19
I. 2.3.6. Les acides organiques.....	20
I. 2.3.7. La composition poly-phénolique.....	20
I. 2.3.8. Les vitamines.....	21
<b>I. 2.4. La flore microbienne du pain d’abeille.....</b>	<b>22</b>
I. 2.4.1. Les Micro-organismes.....	22
I. 2.4.2. Les Enzymes.....	22
<b>I. 2.5. Les propriétés thérapeutiques de pain d’abeille.....</b>	<b>23</b>
I. 2.5.1. Détoxifiant du corps.....	23
I. 2.5.2. Un effet hépato protecteur.....	23
I. 2.5.3. Antianémique.....	24
I. 2.5.4. Stimule le système digestif.....	24
I. 2.5.5. Un effet antioxydant et immunisante et énergisante.....	24
I. 2.5.6. Amélioration des performances athlétique.....	25
I. 2.5.7. Cholestérol sanguin.....	25

I. 2.5.8. Effet dyslipidémie antiathérogène.....	26
I. 2.5.9. Renforce l'activité visuelle.....	26
I. 2.5.10. Antidiabétique.....	26

## **Chapitre II : production et commercialisation**

<b>II .1. Production de pain d'abeille .....</b>	<b>28</b>
II. 1.1. La technologie d'extraction du pain d'abeille.....	28
II. 1.2. Le Processus de production de pain d'abeille par la BBM.....	31
II. 1.3. Autre méthode de production de pain d'abeille.....	32
<b>II. 2. Conditionnement du pain d'abeille.....</b>	<b>33</b>
<b>II. 3. Pain d'abeille : qualité commerciale et leur réglementation.....</b>	<b>33</b>
II. 3.1. La qualité commerciale.....	33
II. 3.2. La réglementation du pain d'abeille.....	34

## **Chapitre III : la qualité sanitaire de pain d'abeille.**

<b>III. 1. Aspect sanitaire.....</b>	<b>35</b>
<b>III. 2. Définitions.....</b>	<b>35</b>
III. 2.1. La sécurité sanitaire des aliments.....	35
III. 2.2. Les contaminants.....	35
<b>III. 3. Les sources de contaminations des produits apicoles.....</b>	<b>36</b>
III. 3.1. Contamination par l'environnement.....	36
III. 3.2. Contamination issue de l'agriculteur.....	37
III. 3.3. Contamination à partir des pratiques apicoles.....	37
<b>III. 4. La présence des pesticides dans le pain d'abeille.....</b>	<b>38</b>
<b>III. 5. Mode d'introduction des contaminants.....</b>	<b>38</b>
<b>III. 6. Les maladies de la ruche.....</b>	<b>38</b>
<b>III. 7. Les contaminants du pain d'abeille.....</b>	<b>40</b>
a) Microbiologique.....	40
b) Chimique.....	41

c) Physique.....	41
<b>III. 8. Les dangers liés aux contaminants.....</b>	<b>42</b>
III. 8.1. Dangers biologiques.....	42
III. 8.2. Dangers chimiques.....	43
III. 8.3. Dangers physiques.....	43
<b>III. 9. Les mesure de maitrise des contaminants.....</b>	<b>43</b>
III. 9.1. Définition.....	43
III. 9.2. Mesure de maitrise des contaminants biologiques.....	44
III. 9.3 Mesure de maitrise de la contamination physique.....	44
III. 9.4. Mesure de maitrise des contaminants chimique.....	45
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>46</b>
<b>Résumé.</b>	

L'apiculture est l'une des activités les plus anciennes dans le monde (**Louveaux, 1985**). Depuis l'Antiquité les produits apicoles comme le miel, pollen et la propolis ont été utilisés comme remèdes traditionnels pour soigner plusieurs maladies (**Pelka et al., 2021**).

Le pain d'abeille est issu d'une biotransformation, à l'intérieure de la colonie, du pollen stocké dans les alvéoles par l'intervention des microorganismes (*Pseudomonas*, bactéries lactiques, et les levures). Ce processus biologique durera environ 15 jours (**Bakour et al., 2022**)

Le pain d'abeille est fortement demandé en raison de ses vertus pharmacologiques. En effet, le pain d'abeille est utilisé comme un remède pour soigner plusieurs maladies : les maladies de foie, le diabète, anémie... le pain d'abeille est actuellement classé dans la catégorie des compléments alimentaires (**Aosan, 2015**).

Les apiculteurs, de part le monde, sont réticent à la production du pain d'abeille en raison que cette production est une forme de privation de la colonie de ses provision en protéines, avec un risque de ralentir son développement et apparition des maladies. Cependant, de nombreuses études ont montré la possibilité de production du pain d'abeille sans danger sur la colonie, seulement en respectant certaines précautions, dont les principales sont liées à la force et la santé de la colonie, ainsi que la période de production et la quantité prélevée (**Semkiw et skubida, 2021**).

De nombreuses techniques ont été développées pour extraire le pain d'abeille de leurs alvéole : La technique Bee Bread machine (BBM) est l'une des méthodes les plus utilisée. Le pain d'abeille produit doit être conservé par réfrigération pour éviter son altération (**Aosan, 2015**).

La qualité sanitaire des denrées alimentaire a été toujours une préoccupation majeure des législateurs dans le but de protéger la santé du consommateur. Le pain d'abeille issu de la biotransformation du pollen par la colonie d'abeille, peut véhiculer certains contaminants : tels que les résidus de pesticides (pollen contaminé sur le champ), les molécules d'acaricides utilisées pour traiter le varroa, et aussi d'autres tel que les antibiotiques, les métaux lourds et le pollen OGM (**Bruneau, 2012**).

## L'introduction

---

Dans la présente recherche bibliographique, nous avons fait passé en revue, la composition biochimiques et les propriétés pharmacologiques du pain d'abeille, ainsi que les principales techniques de son extraction des rayons, et enfin nous avons abordé l'aspect sécurité sanitaire du pain d'abeille, en abordant les différents contaminants qui peuvent s'y trouver, leurs dangers sur la santé, ainsi que les moyens de prévention et de maîtrise de la qualité sanitaire.

## I. 1. Le Pollen

### I. 1. 1. L'historique :

Le pollen est un fertilisant qu'est connu depuis l'Antiquité comme en témoignent les gravures sur pierre du palais assyrien d'Assourbanipal. Représentant des personnels qui secouent les spathes mâles de dattiers pour recueillir le pollen et féconder artificiellement les spathes femelles. Hérodote mentionne également cette pratique dans l'Égypte antique où la fécondation du dattier est assurée en introduisant des rameaux chargés d'étamines dans les spathes des fleurs femelles. D'après les historiennes, Joseph Gottlieb Kolreuter c'est le premier qui a réalisé une expérience sur la pollinisation par des insectes qu'il publie entre 1761 et 1766, c'est Linné qu'a exigé en 1762 le terme de pollen dans son acceptation scientifique de « matière fécondante des végétaux » alors qu'il désignait jusque-là poudre blanche très fine. Le premier qui a représenté les pores et les sillons des grains de pollen c'est Christian Konrad Sprengel dans son ouvrage sur la structure et la fécondation des fleurs 1793. Le botaniste Franz Andreas Bauer représente les formes essentielles de pollen qui accompagnent l'illustration d'espèces botaniques. En 1883 le premier traité sur les pollens avec une classification basée sur ces pores et sillons. Au 20<sup>ème</sup> siècle c'est l'essor de la palynologie avec l'ouvrage majeur de Roger Philip et de Gunnar Erdtman. Marcello Malpighi et Nehemiah Grew remarquent des grains de pollen avec un microscope optique mais ne parviennent pas à définir leur rôle dans la reproduction sexuée des plantes (**Anonyme 1, 2022**).



**Figure 1 : pollen récolté par l'abeille, (anonyme 2, 2017)**

## I. 1. 2. Définition :

Le mot pollen dérive du grec « palé »: farine ou poussière constituée chez les plantes à graines, c'est un élément ambulant mâle produit par la fleur, ce sont des grains minuscules avec un diamètre varié de 20 à 55  $\mu\text{m}$  et d'une forme plus ou moins ovoïde, initialement contenus dans l'anthere à l'extrémité des étamines. Dont la couleur varie selon la plante d'origine en allant du blanchâtre au rose, du jaune au vert et du rouge au marron foncé (**Ravazzi, 2003**). Le pollen est la seule source naturelle en matière azotée de la ruche. C'est l'organe mâle de la fleur, que les abeilles récoltes sous forme des petites pelotes (**Prost, 1987 ; Prost, 2005**).

## I. 1. 3. La structure de grain de pollen :

Le pollen est la cellule fécondante d'une taille microscopique invisible à l'œil nu des plantes à fleurs, libérée par déhiscence des sacs polliniques après l'arrivée des anthères à la maturation. Grâce à sa composition complexe il peut résister aux différents facteurs de dégradation comme : l'oxydation, rayon UV, la pluie. La paroi pollinique de pollen protège le gamétophyte mâle pendant son voyage de l'anthere jusqu'au stigmate. Il contient deux couches : une interne (intine) et l'autre externe (exine) (**Thibault, 2017**).

**L'exine** : c'est une couche de protection qui empêche la dégradation des grains de pollen, sa forme (aspect) différent d'une espèce à l'autre, c'est une caractéristique très importante pour déterminer son origine. Cette couche externe contient principalement de la sporpollénine (un bio-polymère extrêmement résistant). L'exine et leur anfractuosités ils sont comblés par une substance lipidique (manteau pollinique), C'est elle qui favorise l'adhésion du pollen au corps des pollinisateurs et assure la cohésion des pelotes de pollen (grâce à sa forme elle facilite son accrochement aux poils d'une abeille. Malgré la présence de la cire sur la surface de grain de pollen, les abeilles peuvent le digérer pour faire du pain d'abeille et de la gelée royale pour nourrir les jeunes larves (**Charlotte, 2015 ; Thibault, 2017**).

**La couche interne (intine)** : c'est une membrane fine, semi-perméable, entourée de cytoplasme qui contient des enzymes nécessaires à la germination du tube pollinique (**Dajoz, 1993 ; Laurian et al., 2004**). La couche interne elle est très fragile, c'est elle qui contient la plupart des propriétés qu'on doit au pollen puisqu'elle est constituée de matières grasses très

riches en caroténoïdes, polyphénol, flavonoïdes et les vitamine anti-oxydantes liposolubles (Thibault, 2017).

C'est au niveau des apertures que germe le tube pollinique, et que se font les échanges avec l'extérieur. Les apertures ont également une fonction mécanique, dans la mesure où elles permettent l'accommodation des variations de volume, ou harmomécatie (Payne, 1972). En effet, la rigidité de l'exine n'autorise que peu de déformations et les apertures forment des zones plus souples capables d'ajuster la paroi face aux déformations. Les apertures sont donc un élément clé de la paroi pollinique (Charlotte, 2015).

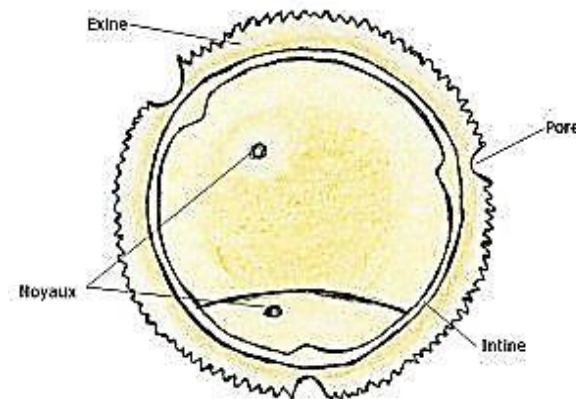


Figure 2 : la structure de grain de pollen (Domi, 2017)

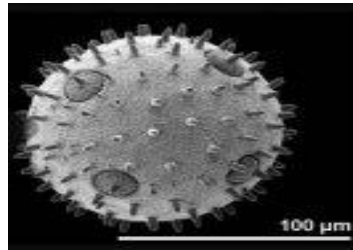
#### I. 1. 4. Les types de pollen :

Selon Frédérique (2018). Il existe deux principaux types de pollen : **Les pollens anémophiles** (du grec anemos=vent) sont dispersés par le vent, et **Les pollens entomophiles** (du grec entomon = insecte), sont transportés de fleur en fleur par des insectes comme les abeilles. Bien souvent il faut une étude fine en microscopie pour aboutir à la détermination des grains de pollen, mais une classification approximative peut être utilisée. Elle est basée sur :

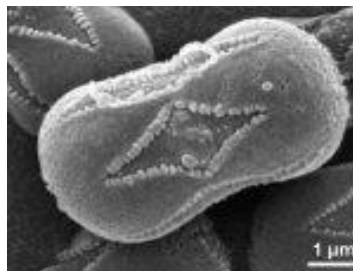
- La taille, les plus petits sont ceux du myosotis (7  $\mu\text{m}$ ) et les plus gros, ceux de la courge (150  $\mu\text{m}$ ).
- La forme.
- La présence de pores ou de sillons en surface.

- L'ornementation de l'exine.

Dans les grains de pollen l'enveloppe la plus externe est faite de sporopollénine. Cette molécule est produite par les cellules au niveau des anthères (partie terminale des étamines produisant les grains de pollen), elle est indestructible sauf par l'oxydation (**Frédérique, 2018**).



**Figure 3 : Grain de pollen de Myosotis Sylvatica (Frédérique, 2018)**



**Figure 4 : Grain de pollen de Cucurbita (Frédérique, 2018)**

## I. 1.5. La collecte du pollen par les abeilles :

La collecte du pollen est effectuée par les jeunes abeilles butineuses. Elle butine d'une fleur à une autre de la façon suivante :

- Les abeilles entre en contact avec les fleurs. C'est grâce à ce contact que le pollen se trouve sur le corps entier de l'abeille.
- Une fois le corps plein de pollen, elle utilise sa première paire pour réunir le pollen. L'abeille brosse le pollen et le pollen déplace de l'avant à l'arrière de son corps grâce à sa deuxième paire de pattes.
- Une fois les corbeilles chargé, l'abeille réalise un vole qui va hydrater ses pelotes de pollen en régurgitant à nouveau du nectar mais également de les compacter. Cette

opération provoque l'ensemencement du pollen par les ferments lactiques et les levures.

- Elle exerce cette méthode sur chaque fleur jusqu'à ce que les pelotes de pollen soient suffisamment grosses pour être ramené à la ruche (**Thibault, 2017**).

## I. 1. 6. La composition de pollen d'abeille

Le pollen frais fait des aliments crus et vivant, aliment que l'on dit « bioactif ». Très complet et complexe. Qui renferme dans sa composition chimique l'ensemble des composés indispensable à la vie des organismes (protéines, glucides, eau, cellulose, minéraux) et sa composition moyenne est présentée dans (tableau I) ci-dessous.

**Tableau I : la composition moyenne du pollen frais (Alexandra, 2022)**

La composition	Pourcentage %
Protéine	25 à 30 %
Glucides	30 à 50 %
Eau	18 %
Cellulose	18 %
minéraux	5 %
Lipides	1 à 10 %

### I. 1.6.1. L'eau

La teneur en eau de pollen frais peut atteindre jusqu'à 30 % et une teneur de 8 % est habituellement autorisé après séchage même si certains pays exigent un contenu inférieur pour assurer une bonne conservation (4 % en Brésil, 6 % en Pologne et en suisse). La composition moyenne de pollen frais selon Alexandra elle est estimée à 18 %. La teneur en eau est déterminée par la méthode de Karl Fisher (**Campos *et al.*, 2008**)).

### I. 1.6.2. Les lipides

Le pollen possède également des lipides entre 1 à 10 %. On trouve dans le tube pollinique et le cytoplasme de la cellule végétative. Les corps gras d'origine végétale ou animale sont des triesters du glycérol et d'acide acyclique à longue chaîne linéaire ce sont les acides gras. Ces acides gras sont importants pour la reproduction, le développement et la nutrition des abeilles. Les plus représentés sont par ordre décroissant : l'acide linoléique (W 3), l'acide palmitique (AGS) et l'acide linoléique (W 6). Les pollens ayant les taux les plus élevés, notamment en acide gras linoléiques, linoléique, myristiques et dodécanoïques interviendraient dans l'inhibition de microorganismes pathogènes (**Human et Nicolson, 2006 ; Massaux, 2016**).

### I. 1.6.3. Les Protéines :

Le pollen contient également 25 à 30 % de protéines. Elles sont représentées par les acides aminés comme l'hydroxy-proline, la proline ou les acides aminés essentiels (**Donadieu, 1983**). Et on trouve tous les acides aminés essentiels. Les protéines représentent un second groupe majoritaire dans la composition de pollen (**Masseaux, 2016**). Le taux de protéine est variable d'une plante à une autre, elle dépend également des conditions climatiques (cette variation explique pourquoi les abeilles se dirigent préférentiellement vers certaines plantes (**Almeida et al., 2005**)). Les acides aminés qu'on trouve dans le pollen ils sont représentés dans le tableau II :

**Tableau II : Le pourcentage des acides aminés dans le pollen (Thibault., 2017)**

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

## I. 1.6.4. Les glucides

On trouve des polysaccharides comme l'amidon et les éléments de parois cellulaires. Sa teneur en hydrate de carbone est calculée selon cette formule : teneur de carbone = 100 – (teneur en eau + teneur en protéines + teneur en cendres + la teneur en lipides) on exprime les valeurs en gramme par 100 g de pollen. Des études montrent que le pollen riche en sucre monomère et dimère (**Qian et al., 2008**). Les glucides représentent de 13 à 55 gramme pour 100 gramme de pollen sec et ils sont en partie ajoutés par l'abeille elle-même lors de la récolte. En effet, elle utilise du sucre pour agglutiner les grains de pollen sur ses pattes et ainsi les transporter. On retrouve en grande quantité le fructose, le glucose, le sucrose et des fibres mais également la cellulose, lévulose ou encore des gommages (**Thibault, 2017**).

## I. 1.6.5. Les caroténoïdes

Le pollen contient des dérivées des tétraterpènes, les caroténoïdes représentés par les carotènes (sont des composés terpéniques) et les xanthophylles. On retrouve aussi de la sporopollénine dans l'exine. On trouve aussi des flavonoïdes comme des flavones et isoflavones donnant une couleur jaune et des anthocyanes donnant une couleur rouge ou violette (**Blanc, 2010**). Les xanthophylles sont également de couleur jaune. 25 g de pollen d'abeille sec fourniraient 162 mg de rétinol (**Melo et Almeida, 2010**).

## I. 1.6.6. Les minéraux

Les principes minéraux présents dans le pollen sont repris dans (tableau III). Qui représente le potassium comme un élément le plus abondant suivi de phosphore puis calcium et le magnésium. La présence de cuivre, zinc et de fer. La concentration des minéraux dans le pollen dépend également de son origine botanique et géographique. Le rapport potassium/sodium élevé est également important pour les régimes nécessitant une balance électrolytique définie (**Blanc, 2010 ; Massaux, 2016**).

Tableau III: les minéraux présents dans le pollen (Campos et al., 2008 ; Bogdanov, 2014)

Minéraux	mg/100g	Apport journalier recommandé (mg/jour)
Potassium	400-2000	2000
Phosphore	80-600	1000
Calcium	20-300	1100
magnésium	20-300	350
Zinc	3-25	8.5
Fer	1,1-17	12,5
Cuivre	0,2-1,6	1,2
sélénium	0,005-0,05	0,005

#### I. 1.6.7. Les vitamines :

Le pollen est également une source intéressante de vitamines et de polyphénols qui est représenté dans (tableau IV). Les plus abondantes sont de groupe B et de la provitamine A, des très faibles quantités de vitamine C, on a trouvé aussi des vitamines D et E. la lyophilisation diminue de manière importante les teneurs en vitamine C et provitamine A par contre la congélation conservent bien sa teneur en vitamine (Sauvager, 2012 ; Massaux, 2016).

**Tableau IV : Les vitamines qu'on trouve dans le pollen (Campos et al., 2008 ; Bogdanov, 2014)**

Vitamines	mg/100 g	Apport journalier (mg/jour)
B-carotène (provitamine A)	1-20	0,9
B1 (thiamine)	0,6-1,3	1,1
B2 (riboflavine)	0,6-2,6	1,3
B3 (niacine)	4-14,4	15
B5 (acide panthoténique)	0,5-2	6
B6 (pyroxidine)	0,2-0,7	1,4
C (biotine)	0,05-0,07	0,045
Acide folique	0,3-1	0,4
E (tochophérols)	4-32	13

#### I. 1.6.8. Les acides organiques:

Selon Kalaycioglu et ses collaborateurs en 2017 ont analysé la teneur en acides organiques de six échantillons de pollen d'abeille multif floraux et quatre monofloraux prélevés dans des différentes régions de la Turquie, les résultats obtenus sont rapportés dans (le tableau V) :

**Tableau V : la composition de pollen d'abeille en acide organique (Bakour et al., 2022).**

Les acides organiques	mg/kg
Acide gluconique	5,9-32
Acide lactique	0,72-1,2
Acide tartrique	0,17-0,30
Acide succinique	0,092-0,40
Acide citrique	0,19-0,3

## I. 1.7. Aspect microbiologique

Chaque grain de pollen est une unité biologique parfaite et complète possède des enzymes, coenzymes et d'autres microorganismes (**Ravazzi, 2003**). On trouve dans le pollen des enzymes comme l'amylase, transférase, invertase. Le pollen d'abeille contient une activité bactérienne appartenant au genre de *Lactobacillus*, *Pseudomonas* et des levures de genre de *Saccharomyces* (**Blanc, 2010 et al ; Campos et al., 2010**).

### I. 1.7.1. Les micro-organismes présents dans le pollen :

On trouve plusieurs micro-organismes dans le pollen, la présence des moisissures et des germes sporulés dus aux mauvaises pratiques de la chaîne de stockage. La flore microbienne est constituée de trois groupes, selon **Pain et Maugenet (1966)** :

- Le premier groupe contient des bactéries aérobies, Gram négatif non sporulées
- Le deuxième groupe contient des bactéries qui sont représentées par des fins bâtonnets, Gram positif, micro-aérophiles ces bactéries appartiennent au genre de *Lactobacillus*.
- Le dernier groupe comprend des levures qui appartiennent au genre *Saccharomyces*.

### I. 1.7.2. Les microorganismes associés au pollen et pain d'abeille :

Quand l'abeille récolte du pollen sa valeur biochimique et microbiologique change. Les abeilles humidifient le pollen avec le nectar ou le miel qu'elles régurgitent pour faciliter leur tassement dans les alvéoles. Les moisissures, les levures, et *Bacillus* Spp sont les microorganismes les plus abondants dans le pollen et le pain d'abeille (**Gilliam, 1997**).

On a également d'autres espèces qui sont présentes dans le pollen : la levure *T. magnoliae*, les bactéries de genre *Bacillus* et les moisissures *Aureobasidium pullulans*, *P. corylophilum* et *P. crustosum*. La majorité des micro-organismes isolés du pollen et du pain d'abeille sont également associés à des colonies d'abeilles mellifères, en particulier dans les entrailles des abeilles adultes (**Gilliam, 1979 ; Gilliam et Prest, 1987 ; Gilliam et al., 1988 ; Gilliam et al., 1989**).

La seule espèce de *Bacillus* associée au pollen floral était *B. subtilis*, leur nombre augmente dans le pain d'abeille stocké dans des rayons pendant une semaine (**Gilliam et Taber, 1991**). Et en plus le pollen corbiculaire contient de *B. cirulans*, *B. licheniformis* et des souches atypique de *B. subtilis*, *Bacillus spp*, ce pollen contient seulement 2 % des microorganismes dans le pollen floral qui augmente à 20 % dans les pelotes de pollen puis leur nombre diminue jusqu'à 11 % dans le pain d'abeille (**Gilliam, 1997**).

La plupart des moisissures appartient aux genres : *Penicillium*, *Mucorales* et *Aspergillus*. Le pollen floral, le pollen corbiculaire et le pain d'abeille stockés diffèrent en fonction des moisissures prédominantes (**Gilliam et al., 1989**). Le pollen floral avait aussi un grand nombre d'espèce de levure qui diminuaient dans les pelotes de pollen et le pain d'abeille. Les microorganismes prédominants étaient *Cryptococcus albidus*, *Kloeckera apiculata* et *candida guilliermondi var.* (*guilliermondii* dans le pollen floral, *guilliermondi* et *T. magnoliae* dans les pelotes de pollen, *T. magnoliae* dans le pain d'abeille (**Gilliam, 1979**).

### I. 1.7.3. Le rôle des microorganismes dans le pollen :

Les microorganismes présent dans le pollen et le pain d'abeille entrent dans les métabolismes actifs qui produisent des composants tels que les enzymes, vitamines, substances antimicrobiennes, des acides organiques et des lipides qui contribuent à la transformation du pollen et la stabilisation de pain d'abeille (**Gilliam, 1997**). Comme les moisissures qui fabriquent des enzymes participant dans le métabolisme des protéines, lipides. (**Gilliam et al., 1989**). 80 % des levures de pain d'abeille participe à la fermentation du glucose et du saccharose. Les levures influencent sur la transformation biochimique de pollen.

Les levures c'est une source importante de vitamines et d'enzymes, *Bacillus spp* du pollen et de pain d'abeille qui produit des substances antimicrobiennes, des enzymes protéolytiques et des carbohydrates, elles peuvent également de sécréter une grande quantité des enzymes, (elles sont reconnues par la capacité de produire des antibiotiques) (**Gilliam, 1997**).

En plus, les *Penicilliums*, les *Aspergillus* et *Mucorales* sont utilisés pour produire des antibiotiques, enzymes et des acides organiques. Les *Pseudomonas* possédant des métabolismes bien particuliers et c'est une bactérie très répandue dans le règne végétal (**Gilliam, 1966**).

## I. 2. Le pain d'abeille :

### I. 2.1. Définition :

C'est une réserve de pollen fermenté, elle est essentielles pour le développement du couvain et le maintien de la colonie en bonne santé. Les ferments lactiques viennent des enzymes contenus dans le nectar que régurgitent les abeilles de leur jabot pour élaborer ce ferment « pain d'abeille » (Gilles, 2017). Le pain d'abeille est un mélange de pelote de pollen, de miel et des ferments lactiques. C'est un produit vital pour la colonie car il constitue son unique source de protéine notamment lors des périodes de production de la gelée royale ou lors de l'élevage du couvain. Il présente également de nombreuses propriétés et est souvent utilisé en apithérapie (Mutsaers *et al.*, 2005 ; Aosan, 2015).



Figure 5 : pain d'abeille (Jean-Baptiste, 2017)

### I. 2.2. Du pollen au pain d'abeilles :

Le processus de fabrication du pain d'abeille commence par la collecte du pollen des fleurs, qui est ensuite mélangé par les abeilles avec le nectar ou le miel et la salive contenant des enzymes digestives. A ce stade, le pollen des fleurs est transformé en pollen d'abeille, qui est stocké dans les corbeilles des pattes postérieures de l'abeille, et transporté jusqu'à la ruche, où les abeilles non volantes remplissent les cellules de la ruche avec un mélange de pollen d'abeille et Miel. Ensuite, une fine couche de miel est ajoutée pour protéger le mélange de l'oxygène. Un processus de fermentation lactique anaérobie a lieu et le pain d'abeille est

produit (Figure 1). Ce type de fermentation lactique rend le pain d'abeille plus digeste et enrichit de nouveaux nutriments (**Bakour et al., 2022**).

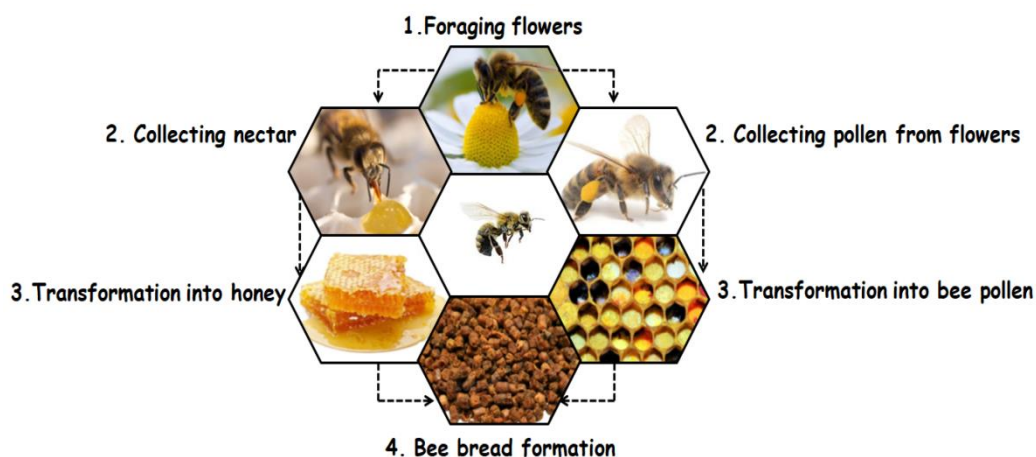
Selon certains auteurs : les abeilles ne dépendent pas de l'origine botanique du pollen lors de ce processus (Mateescu, 2005). Pour d'autre « le pain d'abeille déposé dans une alvéole de cire provient d'une seule espèce de plante, tout comme une pelote de pollen récolté par l'abeille » les deux situations sont possibles. En fait de déposer un ou plusieurs types de pollen dépend de la richesse des sources florales au moment de butinage. Cela expliquerait la variation des couleurs dans les alvéoles, la couleur des alvéoles dépend de leurs origines géographiques et botaniques, parfois on trouve des alvéoles qui contiennent du pollen d'une seule couleur (pollen mono-floral).

Les abeilles déposent le pollen collecté dans des alvéoles en le tassant avec leurs têtes puis le couvrent d'une mince couche de miel, contrairement aux alvéoles contenant du miel, les alvéoles du pain ne sont pas couverts de cire. Les 12 premières heures qui suivent le placement du pollen, les bactéries du genre *Pseudomonas* streptococcus selon Chevtchik. (1950), *Lactobacillus* et les levures *Saccharomyce* se développent fortement (**pain et maugenet, 1966**). Le mécanisme de transformation du pollen en pain d'abeille se fait en trois étapes qui faisant intervenir trois types de micro-organismes, ces étapes sont les suivantes :

- La première étape, qui dure environ 12 heures, est réalisée par une association de bactéries et de levures dans lequel les bactéries *Pseudomonas* dominent le milieu avec un développement partiel des levures. Les *Pseudomonas* consomment le stock d'oxygène présent dans le pollen. Cette consommation entraîne l'asphyxie du milieu et provoque la disparition de ces microorganismes.
- Durant la deuxième étape : en l'absence d'oxygène (un milieu anaérobie) provoque le développement des *Streptococcus* et *Lactobacillus*, qui utilisent les glucides comme une source d'énergie et fabriquent de l'acide lactique. La concentration en acide lactique augmente graduellement jusqu'à 3%. Ce qui provoque la diminution du pH du milieu garantissant la stérilisation du pain d'abeille.
- La troisième étape : c'est le développement des levures aérobies du genre *Saccharomyces* qui consomment les restes des glucides produisant la fermentation finale du pollen et finalisent sa transformation en pain d'abeille (**Aosan, 2015 ; Bakour et al., 2022**).

L'alternance entre aérobie et anaérobie est rendue possible par la fine couche de miel qui recouvre l'alvéole. Cette couche empêche l'air de passer jusqu'à son épuisement par les bactéries. A la fin du processus de transformation, le pain d'abeille est exposé à l'air ambiant. Quand les trois processus d'évolution microbienne prennent la fin au bout de 15 Jours, le pain devient un produit totalement stérile.

En outre, l'acide lactique libéré et combiné, qui se comporte comme un conservateur naturel, (le pain d'abeille peut être conservé longtemps à température ambiante sans subir des modifications qualitatives et de ses propriétés thérapeutiques. « Stocké dans un endroit frais et sec le pain d'abeille peut être conservé pendant une longue durée » (Aosan, 2015)



**Figure 6: le processus de production de pain d'abeille dans la ruche.**

(Bakour *et al.*, 2022)

### I. 2.3. La composition biochimique du pain d'abeilles :

Le pain d'abeille est composé de 70% de pollen auxquels sont ajoutés 25% de miel, et les 5% restant est un mélange de cire d'abeille, de la gelée royale, de la propolis, et des enzymes issus de la salive des ouvrières. La composition chimique du pain d'abeilles est complexe et variable selon les sources de pollen récolté par l'abeille (Pavelkova *et al.*, 2020), elle est proche de celle de pollen dont elle provient avec certaines modifications : l'exine est détruite, le contenu en glucide (en particulière les polysaccharides) baisse, la quantité de vitamines augmente ainsi que les enzymes et les diversités des composants bioactifs ; les glucides et les protéines sont partiellement hydrolysés, ce qui les rend plus rapidement absorbables par

l'intestin. La vitamine K apparaît aussi dans le pain d'abeille (Aosan, 2015). Selon **Andelkovic et ses collaborateurs (2012)**, le pain d'abeille est plus riche en protéine et en minéraux par rapport au pollen avec une moindre quantité de cellulose (Tableau VI).

D'un point de vue nutritionnel, le pain d'abeilles a la même valeur nutritive que le pollen dont il provient (Gilliam, 1979), mais moins pourvu en potassium et riche en protéine et fournit tous les acide aminés essentiels, non synthétisés dans l'organisme. Il contient aussi des vitamines du groupe B, le potassium et de nombreuses enzymes. L'activité biologique du pollen diminue après 2 ou 3 mois de stockage, cependant, le pain d'abeille conserve son activité plus longtemps (Bogdanov, 2011). Le tableau VI illustre la composition chimique moyenne du pain d'abeille.

**Tableau VI : la composition chimique du pain d'abeille (Andelkovic *et al.*, 2012)**

<b>Composant</b>	<b>Moyen</b>
Cendre brute %	3,05
Protéine brutes %	29,93
Cellulose brute %	2,64
Matière grasse brute %	4,92
NEM %	65,26

### **I. 2.3.1. Les protéines :**

Le pain d'abeilles constitue la base de la nourriture protéique, il renferme essentiellement des protéines de 5 à 27 % suivant l'origine florale, notamment lors des périodes de production de la gelée royale ou lors de l'élevage du couvain. Une cellule de pain d'abeille va contenir le stock de protéines pour l'élevage d'une larve. Les abeilles n'en consomment qu'au début de leur vie adulte pour la fabrication des sécrétions comme la gelée royale, les ferments salivaires ou encore de la cire et ceci avant de quitter la ruche pour butiner, et ne consomme que du miel par la suite (Gilles, 2017).

### I. 2.3.2. Les acides aminés :

Selon les analyses par la chromatographie liquide à ultra haute performance (UHPLC) de ces échantillons a montré la présence d'aspartate, glutamate, asparagine, sérine, glutamine, histidine, glycine, thréonine, arginine, alanine, acide  $\gamma$ -aminobutyrique, tyrosine, cystéine, valine, méthionine, tryptophane, phénylalanine, isoleucine, leucine, lysine et proline (**Donkersley *et al.*, 2017**). L'origine des acide aminés de pain d'abeille est généralement attribuée à la fois à des origines florales (nectar, miel et pollen) et animales (sécrétions d'abeilles). Etant donné que la source principale est le pollen, le profit des acides aminés peut être très important pour la classification botanique de certains produits apicoles, par exemple le tryptophane qui est considéré comme un biomarqueur prometteur des produits apicoles (**Bakour *et al.*, 2022**).

### I. 2.3.3. Les sucres :

Plusieurs études ont été menées sur la teneur en sucre de pain d'abeille. Les ouvrières des abeilles ont besoin d'environ 4 mg/jour de sucre pour couvrir leur énergie quotidienne. Selon **Bakour et ses collaborateurs (2022)**, la teneur en sucres libres dans le pain d'abeille est la suivantes : fructose (11,8%) ; glucose (5,7%) et le tréhalose (0,92%). Une autre étude réalisé par Dranca et ces collaborateurs révèle que la teneur en fructose est plus élevée par rapport aux autres sucres, le (tableau VII) décrit leurs teneurs (**Dranca *et al.*, 2020**).

**Tableau VII : Les sucres présent dans le pain d'abeille (Dranca *et al.*, 2020).**

Les sures	mg/100 g
Fructose	19,73
Glucose	8,82
Mélézitose	0,97
Raffinose	0,96

### I. 2.3.4. Les acides gras :

Les acides gras sont parmi les composés les plus importants du pain d'abeille. Dans une étude réalisée par **Bakour *et al.*, (2019)** sur le pain d'abeille marocain, en utilisant la

chromatographie en phase gazeuse couplée à la détection par ionisation (GC-FID), le profil en acides gras a été identifié et quantifié, dans lequel (profil) sont répertoriés :14 acides gras saturé et 11 insaturés dans lesquels les niveaux les plus élevée étaient représentés par l'acide linoléique et arachidonique,  $25 \pm 1 \%$  et  $23,2 \pm 0,5 \%$  respectivement. Dans une étude récente publiée par **Dranca et ses collaborateurs (2020)**, l'analyse GC-MS du pain d'abeille roumain a trouvé 37 acides gras, avec un pourcentage de 23,13 % pour les acide gras saturés et 76,87 % pour les acides gras insaturés.

### I. 2.3.5. Les minéraux

Le pain d'abeille est l'un des produits de la ruche les plus riches en macro et microéléments. Dans le cas des minéraux, le potassium est le minéral le prédominant dans le pain d'abeille, suivi par le phosphore, le calcium, le magnésium, le fer, le sodium, le zinc, et de manganèse, (tableau VIII). La composition minérale du pain d'abeille peut varier en fonction des conditions agro-climatiques, des plantes mellifères spécifiques, du site de croissance et de la saison de récolte. Les méthodes de collecte et de stockage peuvent par ailleurs influencer sur la concentration et la composition minérale du pain d'abeille (**Andelkovic et al., 2012 ; Bakour et al., 2022** ).

**Tableau VIII : La composition minérale du pain d'abeille (Bakour et al., 2022)**

Minéraux	Mg/ 100 g
Potassium	338
phosphore	251
calcium	198
Magnésium	61
Fer	27
Sodium	14
zinc	3,31
Manganèse	2,6

### I. 2.3.6. Les acides organiques

Ils sont responsables des propriétés microbiennes et digestives des produits apicoles, ils sont également utilisés comme conservateurs alimentaires. Les données disponibles sur la composition des acides organiques du pain d'abeille restent limitées. Dans une étude réalisée par **Dranca et ses collaborateurs (2020)**, par l'analyse HPLC-DAD du pain d'abeille roumain, a révélé la présence des acides organiques suivants : acide gluconique, acide formique, acide acétique, acide propionique et acide butyrique (le tableau IX). L'acide gluconique et l'acide organique du pain d'abeille présentant une activité antibactérienne contre les bactéries anaérobies, Gram négatif (*E. coli*) et Gram positif. L'acide acétique a montré une activité antifongique.

**Tableau IX : Les acides organiques présent dans le pain d'abeille (Dranka *et al.*, 2020)**

Les acides organiques	mg/kg
Acide gluconique	79,2 mg/kg
Acide formique	6,75 mg/kg
Acide acétique	10,7 mg/kg
Acide propionique	1,3 mg/kg
Acide butyrique	0,33 mg/kg

### I. 2.3.7. La composition poly-phénolique :

Grâce au développement de techniques de séparation et de purification des molécules, telles que la chromatographie en phase gazeuse (GC) et la chromatographie liquide à haute performance (HPLC), et d'autres techniques telles que la spectroscopie de masse (MS), chromatographie en couche (CCM) qui ont participé à l'identification de plusieurs composants bioactifs dans le pain d'abeille. Les composants poly-phénoliques sont des métabolites secondaires produits par les plantes en réponse à différentes conditions de stress biotique. Ces composants chimiques sont divisés en deux groupes : les antioxydants hydrophiles tels que la vitamine C et les acides phénoliques, et les antioxydants lipophiles tels

que les caroténoïdes et les tocophérols. La teneur élevée en antioxydants du pain d'abeille est responsable de ses bio-activité (Eva *et al.*, 2015).

#### **I. 2.3.8. Les vitamines :**

Les vitamines sont des composés organiques qui ont plusieurs rôles biochimiques dans la croissance, la régulation du métabolisme minérale et la différenciation cellulaire. Certaines possèdent également une activité antioxydante et d'autres jouent le rôle de précurseurs de cofacteurs enzymatiques. La teneur en vitamines est fortement dépendante de l'origine végétale (Arès *et al.*, 2018). Selon Loper et ses collaborateurs (1980), ont constaté que la teneur en vitamines diminuait en passant de pollen des fleurs au pain d'abeille tout au long des 42 jours de stockage. Cependant, il y a peu d'études qui ont été menées sur la composition vitaminique du pain d'abeille. Le (tableau X) révèle une teneur moyenne en vitamines dans le pain d'abeille (Bakour *et al.*, 2022).

**Tableau X : la concentration des vitamines dans le pain d'abeille (Bakour *et al.*, 2022)**

<b>Vitamine</b>	<b>Concentration : mg/100 g</b>
Vitamine C	11,52
γ-tocophérol	10,5
Vitamine A	146,27
Vitamine E	46,27
Thiamine	6,20
Riboflavine	1,50

## I. 2.4. La flore microbienne du pain d'abeille

### I. 2.4.1. Les Micro-organismes :

Le pain d'abeille est un produit complexe qui contient différents microorganismes, tels que les bactéries et les champignons, impliqués dans le processus de production du pain d'abeille pour l'enrichir avec des nutriments nouvellement produits.

Les microorganismes présents dans le pain d'abeille proviennent de la salive de l'abeille, ajoutée au pollen comme première matière du pain d'abeille. Ce micro-biote joue un rôle important dans la nutrition des larves et la santé des abeilles adultes, notamment en rendant les glucides digestibles et en apportant différents nutriments ayant une valeur ajoutée. De plus la richesse du pain d'abeille en micro-organismes peut lui conférer les propriétés d'un produit probiotique. Une étude réalisée par **Dimov *et al.*, (2021)** met en évidence la flore dominante dans le pain d'abeille : *Cladosporium*, *pseudopithomyces*, *Camarosporium*, *Paraconiothyrim*, *Podosphaera*, *Golovinomyces*, *Paraphaeosphaeria*, *Periconia* et *Septoriella*. De plus, il a constaté que le pain d'abeille était riche en bactéries lactique, telles que *Lactobacillus delbrueckii*, *Lactobacillus musae*, *lactobacillus crustorum* et *Lactobacillus delbruecki*.

### I. 2.4.2. Les Enzymes

Plusieurs enzymes sont présentes dans le pain d'abeille : l'amylase, l'invertase, les phosphatases, les transférases et le glucose oxydase sont les plus importantes, l'invertase et le glucose oxydase sont principalement produites dans les glandes hypo-pharyngées et sont ajoutées par les abeilles pour compléter le processus de maturation du miel. Certaines enzymes telles que la catalase et la phosphatase, provient du nectar, du miellat ou du pollen. Des cofacteurs enzymatiques, tels que la biotine, le glutathion et le NAD, ont également été trouvés dans le pain d'abeille. Ces enzymes peuvent transformer des composés de poids moléculaires élevés en d'autre molécules de faible poids moléculaire, telles que des polysaccharides et des protéines. Cela rend le pain d'abeille plus digestive que le pollen. Dans le pain d'abeille on a découvert une enzyme digestive pour le lait qui n'existe pas dans le pollen (**Bakour *et al.*, 2022**).

## I. 2.5. Les propriétés thérapeutiques du Pain d'abeille :

### I. 2.5.1. Détoxifiant du corps :

La détoxification est un processus naturel d'élimination des toxines dans le corps. Elle est bénéfique pour les organes impliqués dans la digestion et améliore le nettoyage du côlon. C'est un allié efficace à intégrer dans une cure détox. Grâce à sa teneur élevée en sélénium, il favorise le maintien d'un foie en bonne santé, participe à l'élimination des toxines et à régulé la digestion (Mirela, 2014).

Il est très demandé pour les personnes souffrant de trouble digestifs comme la constipation ou les maladies de côlon. Il est également utilisé avec succès lors de cures de désintoxication dans des centres spécialisés par ce qu'il permet une purification en profondeur avec une action douce. Qu'est très recommandée pour les personnes envisageant de suivre un régime amaigrissant (Aosan, 2015).

Le docteur et expert international en Apithérapie, api nutrition et api-phytothérapie, M Stangaciu dévoile : « les bienfaits se produisent généralement après quelque semaines, si les produits sont correctement administrés, car les produits issus des abeilles, par divers mécanismes, peuvent bloquer les toxines ou les éliminer plus rapidement ».

### I. 2.5.2. Un effet hépato protecteur :

Le foie est l'organe le plus complexe de notre corps, avec plus de 500 fonctions. Il analyse chaque aliment ingéré et détermine les composants pouvant être utilisés (oligo-éléments et vitamines), tout en éliminant, les éléments inutiles (les toxines). Il participe au bon fonctionnement du foie et contribue à sa régénération. Des études qui confirme que le pain d'abeille empêche les maladies du foie et facilite leur traitement, avec des résultats remarquables dans le cas de stéatose (stéatose hépatique), d'hépatite aigue et chronique. Il est très demandé de consommer les produits de la ruche ; le pollen, pain d'abeille, gelée royal... car elles sont riche en protéines, acides aminés, graisse végétales, glucides, minéraux et polyphénols (Bogdanov, 2015 ; Khalifa *et al.*, 2020). Chez les patients atteints d'hépatite chronique, le résultat cliniquement pertinent était une amélioration significative des paramètres sanguins, y compris le nombre d'érythrocytes, l'hémoglobine, les

leucocytes, la protéine C-réactive (CRP), la glycémie, l'aspartateaminotransférase (AST) (Ceksteryté *et al.*, 2012).

### I. 2.5.3. Antianémique :

Pour les personnes souffrant d'anémie et de manque d'énergie, le pain d'abeille fournit au corps tous les acides aminés essentiels, les oligo-protéines et les oligo-éléments nécessaires à la production d'hémoglobine. La normalisation de l'hémoglobine entraîne à long terme la disparition de l'anémie (Aosan, 2015).

Dans une étude qui a été menée sur 20 patients adultes et enfants atteints d'anémie, traités par le pain d'abeille sous forme de médicament unique trois fois par jour pendant un mois, il a été constaté que leur santé s'était améliorée au cours de la thérapie : disparition des maux de tête, de la faiblesse, des vertiges, et de la fatigue. La muqueuse et l'épiderme sont devenus moins pâle et la quantité de globules rouges et d'hémoglobine ont augmenté. Le pain d'abeille est un excellent traitement pour l'anémie (Pavelkova *et al.*, 2020).

### I. 2.5.4. Stimule le système digestif

Le pain d'abeille a des effets bénéfiques sur les troubles digestifs comme la constipation chronique, l'entérocolite ou la colite due à la fermentation, le désordre du transit intestinal ou encore la maladie du côlon. Le pain d'abeille diminue l'acidité gastrique, régule le transit intestinal et assure le bon fonctionnement du côlon. Les pro-biotiques présent dans la composition du pain d'abeille aident la flore intestinal. Qui joue un rôle important dans le processus de digestion et d'assimilation des nutriments et représente une partie importante de notre système immunitaire (Smati, 2022). Il est très recommandé pour ceux qui souffrent de la maladie de l'appareil digestif tel que la dérégulation de l'intestin, les trouble intestinaux, constipation chronique, l'entérocolite, la colite (fermentation ou putréfaction dans le côlon) (Mirela, 2014).

### I. 2.5.5. Un effet antioxydant, immunisant et énergisante

Sa forte teneur en antioxydants contribue à l'élimination des radicaux libres dans le corps, au maintien de la santé à la longévité. Son complexe de vitamines et de minéraux, associé à des composants antibiotiques, antimicrobiens et pro-biotique, contribue à renforcer le système immunitaire et à prévenir les maladies virales et bactériennes. Il augmente aussi le

niveau d'énergie du corps, diminuant la fatigue, et en améliorant la bonne humeur (**Pavelkova et al., 2020**). Il est également un produit précieux pour les sportifs, pour le soutien de la masse et de la force musculaire, l'augmentation de la vitalité et de la résistance à l'effort (**Aosan, 2015**).

## I. 2.5.6. Amélioration Des performances athlétiques

**Chen et al., (2018)** ont examiné les effets de la supplémentation en pain d'abeille pendant la récupération sur les performances sportives. Douze athlètes ont été choisis pour l'étude. Au cours des essais expérimentaux, les participants ont couru sur un tapis roulant pendant 90 min puis se sont reposés pendant 4 heures durant cette période de récupération les participants ont consommé 30 g/h de pain d'abeille. La fréquence cardiaque et la température tympanique ont été mesurées à des intervalles de 20 minutes pendant cette période des échantillons de sang ont été prélevés pour déterminer le glucose plasmatique, l'hémoglobine et l'hématocrite. Les participants ont ensuite effectué un essai de 20 min. la distance parcourue dans l'essai du pain d'abeille elle est plus longue que dans l'essai placebo ( $3,45 \pm 0,4$  km contre  $3,24 \pm 0,4$  km). Les niveaux de glucose plasmatique dans l'essai du pain d'abeille étaient plus élevés que ceux de l'essai placebo pendant la récupération. Ces résultats ont montré que le pain d'abeille améliore les performances sportives des athlètes pendant la récupération (**Bakour et al., 2022**).

## I. 2.5.7. Cholestérol sanguin

Un taux de cholestérol élevé est souvent responsable du dépôt de sédiments sur les parois internes des vaisseaux sanguins. Ce processus pathologique appelée athérosclérose. Lorsque ces dépôts se détachent sous l'effet du flux sanguin, des caillots peuvent provoquer un accident vasculaire cérébral (AVC). Des études ont montré que le pain d'abeille joue un rôle bénéfique dans la réduction du cholestérol sanguin. En 2010, le docteur Kassaynko a mené une étude clinique de 12 semaines au cours de laquelle, elle utilisait du pain d'abeille pour traiter des patients adultes atteints de dyslipidémie. Le résultat ne s'est pas fait attendre. On a ainsi constaté une diminution du cholestérol de 11.4 %. Le pain d'abeille a également permis de faire baisser les taux de triglycérides de 12.5 % Il est utile pour les patients souffrant de dyslipidémie, à travers la réduction des concentrations sanguines de mauvais cholestérol et de triglycérides (**Anonyme 6, 2019**).

## I. 2.5.8. Effet dyslipidémie antiathérogène :

L'efficacité du traitement des patients atteints de dyslipidémie athérogène avec un mélange (miel, pollen et pain d'abeille). Les paramètres de la dyslipidémie athérogène ont été examinés chez 157 patients : 93 femmes et 64 hommes. Ont été divisé en 4 groupes : 1 traité uniquement avec un régime hypolipémiant ; traité avec un régime hypolipidémiant et du miel ou de pollen ; 3 traité avec du pain d'abeille uniquement ; 4 traité avec du miel et de pollen. Les résultats obtenus ont montré qu'un effet hypolipidémiant significatif était enregistré chez les patients prenant du miel en association avec du pollen (cholestérol total diminué de 18,3 % et LDL-C diminué de 23,9 %) et de pain d'abeille (cholestérol total diminué de 15,7 % et LDL-C a diminué de 20,5 %) (**Kas'ianenko et al., 2011**).

## I. 2.5.9. Renforce l'activité visuelle :

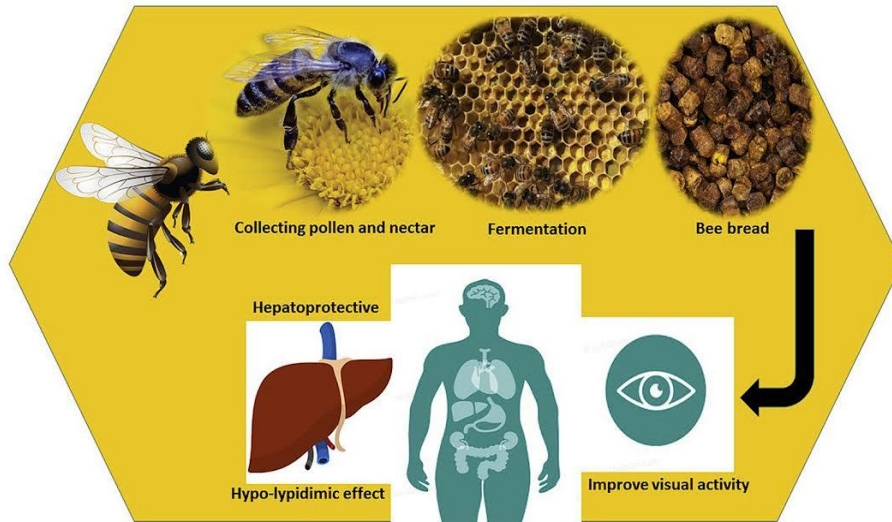
L'activité visuelle et la prophylaxie oculaire chez 34 enfants âgés de 6 à 17 ans atteint d'une thyroïdienne avant et après la prise de pain d'abeille. Les résultats de cette étude montrent une augmentation de l'acuité visuelle chez les sujets qui utilisaient du pain d'abeille (**Jarusaitiene et al., 2012 ; Khalifa et al., 2020**).

## I. 2.5.10. Antidiabétiques :

Le pain d'abeille c'est un remède naturelle pour les personnes qui souffrent de diabète type 1, comme elle témoigne l'étude de pain d'abeille marocain qu'a été évalué chez les rats Wistar diabétiques de types 1 ; l'échantillon a été extrait à l'acétate d'éthyle et administré par voie orale à la dose de 100 mg/kg pendant 15 jours. Les résultats ont montré que le pain d'abeille était efficace pour diminuer la glycémie, et lutte contre la perte de poids induite par le diabète, (**Bakour et al., 2022**).

Le pain d'abeille il soutient également l'activité des glandes surrénales par l'amplification de la sécrétion d'hormone qui règle le métabolisme, et il permet aussi de protéger et régénérer la peau, ce qui le rend utile dans le traitement du lupus érythémateux, de l'érythème facial, dans l'amélioration de la vascularisation tégumentaire, dans la prévention des rides prématurés. Ses propriétés antibiotiques sont deux ou trois fois plus importantes que celle du pollen. Il contient des bactériocines, nommés aussi l'antibiotique qui lui confère des propriétés bactéricides, bactériostatique et germicide. Ces propriétés très ajoutées à son pH

réduit, empêchent le développement de certains germes sur le substrat nutritif constitué par les nutriments du pain d'abeille (Aosan, 2015 ; Khalifa *et al.*, 2020).



**Figure 7: les propriétés pharmacologie de pain d'abeille (Khalifa *et al.*, 2020)**

## II. 1. Production de Pain d'abeille :

Actuellement dans la Russie et d'autres pays, seule une petite quantité de pain d'abeille est utilisée, et la majeure partie est gaspillée lors de la fonte des nids d'abeilles. Dans le même temps, 1 Kg de perga (pain d'abeille bio) coûte 1500-2000 roubles et 3,4 Kg peuvent être prélevés à partir d'une colonie.

En raison de la forte demande de pain d'abeille, l'Université agro-technologique d'Etat de Riazan dans la Russie a développé une technologie et un système de machine pour l'extraction des rayons d'abeille, qui comprenant :

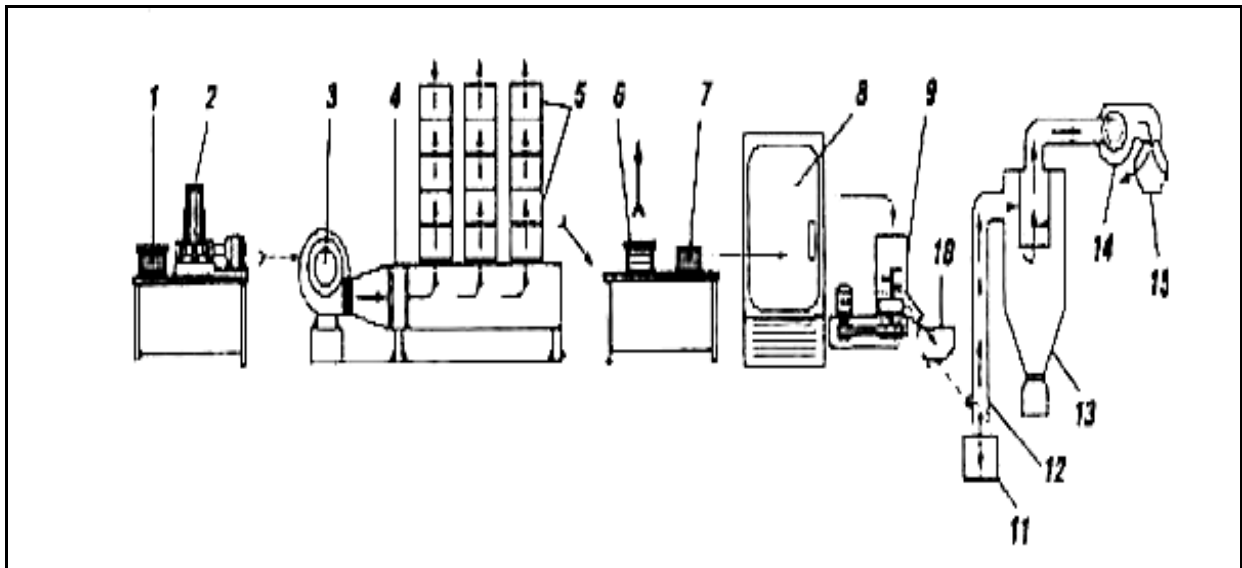
- La récolte des rayons d'abeille avec séchage des résidus de miel,
- Scarification et séchage des nids d'abeille,
- Séparation de la masse Wax-pergo des cadres,
- Refroidissement et broyage de la masse de cire-pergo

Séparation de la masse de pain d'abeille de cire broyée en matière premières de cire et pain d'abeille (**Golden, 2015**).

### II. 1.1. La technologie d'extraction du pain d'abeille :

La technologie d'extraction du pain d'abeille consiste à rassembler des rayons de miel, à sécher, refroidissement, segmentation, séparation en granule de pain d'abeille et en cire. Lors de la collecte des rayons de miel, il est nécessaire de les avoir complètement vides de miel pour permettre un processus de segmentation en douceur et moins d'adhérence à l'appareil de segmentation, des traces de cire inférieures dans le pain d'abeille obtenu. Les nids d'abeilles moisies ne sont pas acceptés. Il existe plusieurs technologies connues pour séparer le pain d'abeille du nid d'abeille : trempage dans l'eau, extraction manuelle par vibration, séchage ; séchage et séparation des granulés par séchage sous vide; séchage, congélation, segmentation et filtrage des particules de cire (**Akhmetova et al., 2012**).

Toutes les méthodes mentionnées présentent de sérieux inconvénients : le trempage dans l'eau entraîne des pertes considérables de nutriments ; d'autres méthodes sont très inefficaces et nécessitent un travail manuel important. Par conséquent, les méthodes mentionnées ne peuvent pas être appliquées dans la production industrielle de pain d'abeille (**Ivanovoy, 1991 ; Stalker, 2000**).



**Figure 8 : schéma du processus technologique d'extraction du pain d'abeille à partir de nids d'abeille (Akhmetova *et al.*, 2012)**

La technologie d'extraction des granules de pain d'abeille :

- (1) couche externe des granules de pain d'abeille.
- (2) machine à gratter.
- (3) ventilateur, (4) chauffage, (5) ruches, (6) cadres, (7) cire et pain d'abeille.
- (8) congélateur, (9) machine de segmentation, (10) machine de dosage.
- (11) récipient, (12) puits de ventilation, (13) cyclone, (14) ventilateur, (15) bac à poussière.

L'une des technologies industrielles d'extraction du pain d'abeille consiste plusieurs étapes : la couche externe des granulés de pain d'abeille 1 (Fig. 8) est détruite dans la machine à gratter 2. Ensuite, les nids d'abeilles sont séchés par la méthode de convection. Le ventilateur 3 aspire l'air, qui passe par le réchauffeur 4, et à 42° C est passé dans les ruches 5 avec les cadres. Il est sorti de la construction avec l'humidité excessive. Le pain d'abeille est séché jusqu'à 14-15%.

- La substance séchée ( la cire et le pain d'abeille) 7 est séparée des cadres 6 et placée dans le congélateur 8, où elle est maintenue pendant 50-60 minutes à 0-2 ° C.

Ensuite, il est décomposé à la machine de segmentation 9 et à travers la machine de dosage 10 est pris en pneumo-séparation dans le puits de ventilation 12. À travers lui, les granulés tombent dans le conteneur 11, la cire est prise dans le cyclone 13 et les particules de poussière dans le conteneur de poussière 15.

- L'appareil de séchage se compose d'un radiateur électrique, placé sur le châssis. Avec la partie supérieure du cadre, où sont placées douze ruches encadrées, le chauffage est relié via une tente. Sous les ruches, un filet métallique dense est placé pour empêcher la cire de tomber sur les éléments électriques. Le réchauffeur est fourni avec le régulateur de température.
- Avant le processus de séchage, l'équipement est vérifié et les paramètres de chauffage sont définis. Puis 12 cadres à pain sont placés dans chaque ruche.
- Le pain d'abeille et la cire séparés sont congelés pendant 30 minutes à  $-5^{\circ}\text{C}$ . La machine de segmentation 9, la machine de dosage 10 et l'équipement de séparation pneumatique 12-15 composent une seule ligne. Il se compose d'un châssis où est placée la machine de segmentation. Au-dessus se trouvent le bunker de chargement, le puits de ventilation, le cyclone et le panneau de commande. L'arbre de ventilation, le cyclone et le bac à poussière sont connectés.
- L'équipement fonctionne de la manière suivante : La segmentation et la ventilation sont activées au niveau du panneau de commande. Ensuite, les nids d'abeilles sont chargés dans le bunker où ils sont brisés en petits morceaux par les tiges. Après cela, les granulés sont déplacés dans le puits de ventilation où la cire et les petites particules de pain d'abeille sont transférées dans le cyclone et les granulés de pain d'abeille tombent dans le récipient. Les plus petites particules sont retenues dans le bac à poussière. (Akhmetova *et al.*, 2012).

Les inventeurs proposent un procédé d'extraction des granulés de pain d'abeille, qui a une efficacité de production élevée, est rentable et écologiquement propre, et elle peut maintenir les caractéristiques du produit. L'équipement d'extraction comprend un broyeur des nids d'abeilles, un lanceur qui projette le matériau broyé sur le module de séparation d'air. Le débit d'air est assuré par le ventilateur placé horizontalement sur le cyclone.

Le cyclone capte les particules de pain d'abeille. Le broyeur est un cylindre placé latéralement à l'intérieur duquel se trouve un rouleau à tiges allongées. A l'extrémité

inférieure du broyeur se trouve une grille. Le lanceur est un disque avec des pelles placées sur un entraînement à rouleaux. Le séparateur comprend plusieurs cuillères et espaces pour créer des flux divisés. la ligne technologique de traitement du pain d'abeille avec le séchoir acoustique qui est également très efficace. L'appareil fonctionne comme suit : Les nids d'abeilles sont chargés dans le séchoir. Une source d'ondes acoustiques basse fréquence est activée. L'appareil fonctionne pendant des heures. L'air humide est évacué du séchoir. La fréquence est maintenue à 25 hertz, les infrasons et les ondes harmoniques se propagent dans le conteneur pour avoir un bon processus de séchage, après cette démarche la cire se sépare et les granules de pain d'abeille peuvent être récupérés (Akhmetova *et al.*, 2012).

### II. 1.2. Le processus de production de pain d'abeille par la Bee Bread Machine :

Les rayons de pain d'abeille ont été collectés sur les colonies justes avant de déplacer le rucher vers le site de miellée. Ensuite, l'état initial de la disposition des cadres a également été rétabli. Les rayons de pain d'abeille (figure 9) ont été marqués pour permettre une identification ultérieure (colonies/groupes), puis congelés. Le pain d'abeille a été extrait des rayons congelés, puis séché, purifié, et pesé afin de déterminer les qualités de pain d'abeille récoltées dans la colonie et groupe individuel. La cire et le pain d'abeille ont été séparés mécaniquement à l'aide d'un dispositif de haute efficacité, fabriqué commercialement à cet effet. Le dispositif fonctionne de la manière suivante : écrasement des rayons de pain d'abeille congelés à -18° C (sans endommager le pain), puis vannage de la cire d'abeille et des petites impuretés à deux reprises (figure 10).

Le pain d'abeille a été séché à 39 °C pendant environ 3 jours dans un séchoir utilisé habituellement pour le pollen. Séchage des charges (figure 11).

Le processus suivant c'est-à-dire la purification final, consistait à utiliser un tamis dont la taille des mailles était légèrement inférieure à celle des cellules du pain d'abeille et si nécessaire à éliminer manuellement les impuretés restantes et les résidus. Le produit purifié était pesé, emballé, étiquette et destiné à la vente (figure 12) (Semkiw et Skubida, 2021).



Figure 9



Figure 10



Figure 11



figures 12

**Figure 9 : fragment de rayon de pain d'abeille ; 10 machine à récolte de pain d'abeille (bee bread machine); 11 machine à sécher le pollen d'abeille ; 12 pain d'abeille purifié, prêt à être vendu (Semkiw et Skubida, 2021).**

### **II. 1.3. Autres méthode de production de pain d'abeille :**

La récolte de pain d'abeille peut se faire de deux façons différentes. La première consiste à faire stocker le pollen dans des cadres spéciaux, qui contient des alvéoles en plastique dont le font est transmissible. On peut alors extraire le pain d'abeille avec une pièce spécifique. La seconde technique consiste à découper la partie des cadres qui contient le pain d'abeille. On installe ces morceaux de cadre au congélateur. Une fois congelée on passe les cadres dans une machine qui va les déchiqueter. Le pain d'abeille va conserver sa forme et la cire va se déchirer et elle permet aussi d'éliminer la cire de pollen avec un tamis. Le pain d'abeille sera congelé en petits morceaux pour une bonne conservation (Aosan, 2015).

## II. 2. Conditionnement du pain d'abeille.

Le pain d'abeille peut être stocké dans des pots hermétiques dans un endroit frais, sombre et sec.

Réfrigération : Le pain d'abeille est conservé comme la plupart des produits de la ruche, dans un endroit frais (+4° C) et sec. Il doit être gardé à l'abri de toute lumière et rayon U.V (Greuse, 2012).

La congélation : une technique de conservation biologique dans le but d'augmenter sa durée de vie. La conservation de pain d'abeille dans un congélateur est la meilleure façon d'assurer leur conservation.

L'acide lactique contenu dans le pain d'abeille permet sa conservation plus d'une dizaine d'années sans subir de modification qualitatives. (Gilles, 2017).

## II. 3. Pain d'abeille : qualité commerciale et leur réglementation :

### II. 3.1. La qualité commerciale

La récolte du pain d'abeille peut être une solution intéressante et lucrative bien qu'elle soit encore peu connue et rare dans les ruchers. Cependant, il s'agit d'une solution très prometteuse parce que la sensibilisation des consommateurs dans le domaine des aliments fonctionnels (les aliments ayant une influence bénéfique pour la santé humaine). Les autres facteurs liés à la demande qui sont importantes pour la réussite de cette entreprise, le développement de la production de pain d'abeille est également favorisé par les prix du marché qui sont au moins trois fois plus élevés que ceux du miel (Kieliszek *et al.*, 2018).

Selon une étude qui a été réalisée par Semkiw et Skubida (2021), la quantité du pain d'abeille récoltée varie de 0,51 à 1,23 kg par colonie, et une production moyenne d'environ 0,7 kg par ruche. Sur un rucher de 30 colonies la production annuelle est estimée à 20 kg de pain d'abeille. Les coûts annuels liés à la production du pain d'abeille s'élevaient à 679,5 EUR, tandis que le revenu estimé des ventes s'élevait à 1110 EUR. Le bénéfice était donc de 430,5 EUR, soit 21,5 euros par kilo de pain récolté. Les coûts les plus élevés sont liés à la main-d'œuvre et ils peuvent potentiellement constituer un facteur limitant le développement de la production de pain d'abeille dans les ruches.

Toutefois, la production du pain d'abeille est restée marginale malgré tant de facteurs favorables à la production. Plusieurs facteurs dissuadent la production du pain d'abeille :

- en premier, la plupart des apiculteurs sont convaincus que les réserves de pain d'abeille des colonies d'abeille domestique ne doivent pas être réduites afin d'éviter de supprimer le développement des colonies et d'abaisser leur condition biologique **(Konopacka, 1981)**.
- 2<sup>ème</sup> il y a un manque de connaissance du volume de production, des méthodes de gestion des colonies, des dates de récoltes et des coûts potentiels **(Brovarskyi et al., 2017)**.

### II. 3.2. La réglementation du pain d'abeille

Le pollen et le pain d'abeille sont réglementairement classés dans la catégorie des compléments alimentaires qui vise à compléter le régime alimentaire. La Pologne ainsi que l'UE ne disposant d'aucun document normatif concernant le pain d'abeille destiné à la vente le seul pays disposant d'une telle réglementation est la Russie. Selon la norme russe définissant les paramètres physico-chimiques du pain d'abeille :

- la teneur en eau ne doit pas dépasser 15 %
- la cire résiduelle ne doit pas dépasser 5 %
- la teneur en autres impuretés mécaniques ne doit dépasser 0,1 %.
- Les pesticides ne doivent pas dépasser les 50 mg/g.
- Abaisser la teneur en eau du pain d'abeille à une quantité indiquée par cette norme permet un stockage sûr pendant 1 an à 0 -15° C **(Semkiw et skubida, 2021)**.

### III. 1. L'aspect sanitaire :

En France chaque année les apiculteurs doivent faire face à des taux de mortalité supérieurs aux bénéfiques, ce qui entraîne une perte économique depuis le début des années 80, en 2010 le taux de mortalité hivernale moyen était supérieur à 20 %. Les causes de ces pertes sont l'objet de plusieurs préoccupations scientifiques et politiques. Parmi les nombreuses causes de mortalité et de contamination des produits de la ruche sont les pesticides, les nouveaux parasites, la dégradation globale de l'environnement et le changement climatique. Il faut donc à l'apiculteur faire face à ces facteurs qui troublent leur production (**Inter Api, 2019**).

### III. 2. Définitions :

#### III. 2.1. La sécurité sanitaire des aliments :

C'est un déterminant de la santé humaine et qui est considéré comme allant de soi (tout le monde a le droit d'une alimentation saine, nutritive et disponible en quantité suffisante). On peut aussi le considéré comme un facteur clef du développement agricole et de la sécurité alimentaire, les aliments insalubres et contaminés sont impropres à la consommation et contribuent à accroître les pertes et le gaspillage, ce qui permet d'aggraver l'insécurité. Environ 30 % des denrées alimentaires produites dans le monde sont perdus ou gaspillées. Ce risque a favorisé un programme de développement durable à l'horizon 2030 dans le but d'assuré la sécurité sanitaire pour bien atteindre la sécurité alimentaire (**ONU, 2020**).

#### III. 2.2. Les contaminants :

Sont des substances qui se retrouvent involontairement dans les aliments et qui exercent un risque sur la santé de consommateurs. Ses contaminants peuvent être de la nature : microbiologique, physique, chimique, qui peuvent contaminer nos aliments à plusieurs étapes de la chaîne de production : la récolte, transport, préparation, entreposage, emballage. La contamination des aliments peut avoir des conséquences économiques extrêmement sérieuses et nuire au commerce international, et pour éviter toutes les sources de contamination des aliments, les producteurs mettent en place des systèmes d'assurance pour garantir la qualité sanitaire des aliments durant la chaîne de production comme le système de management de la qualité sanitaire (PRP, PRPO, HACCP) (**Food Facts for healthychoices, 2022**).

### III. 3. Les sources de contaminations des produits apicoles:

Les contaminations des abeilles et des produits de la ruche par des substances toxiques proviennent principalement de l'environnement, de l'agriculture et des pratiques apicoles. La figure 13 illustre les différentes sources de contamination.

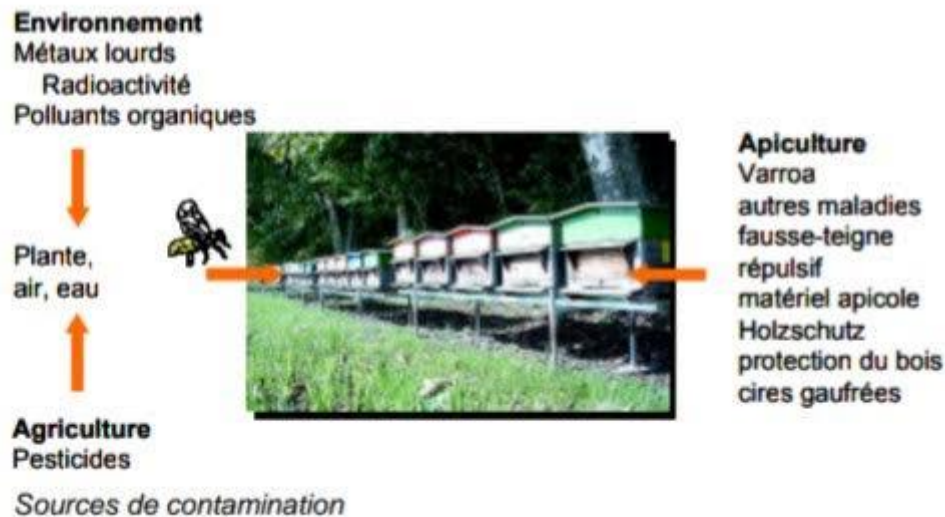


Figure 13 : les sources de contamination de la ruche (Bogdanov *et al.*, 2003)

#### III. 3.1. Contamination par l'environnement

Les contaminants provenant de l'environnement peuvent parvenir par différentes voies dans la colonie. L'abeille transporte les polluants par le biais de l'eau et de l'air jusqu'à la colonie. Les plantes peuvent se charger de substances toxiques par l'air, l'eau ou le sol, et après avoir butiné le nectar ou le pollen, l'abeille les ramène dans la ruche. Cette source de contamination indirecte est la plus importante du point de vue de la qualité du miel, du pollen, et du pain d'abeille. Toutefois, la santé de la colonie dépend de l'ensemble des polluants (Devillers *et al.*, 2002 ; Bogdanov *et al.*, 2003).

Les abeilles peuvent ramener les contaminants dans la ruche par le biais du pollen, du nectar, de l'eau, du miellat et/ou de la propolis qu'elles collectent, parmi ces contaminants on trouve des résidus de pesticides, des métaux lourds, des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), des dioxines, des polychlorobiphényles (PCB), des retardateurs de flamme bromés ou des résidus d'antibiotiques (Michel, 2018).

Dans une étude effectuée en Allemagne dans des zones très polluées par les métaux lourds, a montré l'ordre suivant de contamination : abeille > cire de rayon > miel. Il faut relever que les résidus de métaux lourds ne sont pas éliminés lors de la fonte de la cire (il faut bien maîtriser la qualité de la cire pour éviter la contamination de pain d'abeille, miel). Aujourd'hui la contamination par le plomb s'est considérablement abaissée en suisse grâce à l'utilisation de catalyseurs (**Hoffel, 1982 ; Altmann, 1983 ; Porrini *et al.*, 2002**).

### III. 3. 2. Contamination issue de l'agriculture

Dans un essai effectué en Allemagne : des pesticides qui sont vaporiser sur le champ de colza en fleur et qui sont rapportés par les abeilles à la ruche. Il s'agit de l'insecticide Mavrikflo (substance active : tau-fluvalinate) utilisé contre la méligethe du colza et le fongicide Ronilan EG (substance active : vinclozine) pour lutter contre la sclérotiniose du colza. Pendant six jours après la vaporisation, des abeilles revenant des champs de colza ont été faites prisonnières au trou de vol et le contenu de leur jabot analysé quant aux résidus de pesticides. On a décelé dans le contenu du jabot des butineuses des résidus des deux produits phytosanitaires en cause. La teneur en pesticides s'élevait de 0,1 à 30 mg/kg. Les concentrations relevées dans le miel centrifugé variaient de 2 à 18 microgrammes/kg, c'est-à-dire des teneurs plus faibles, on peut attribuer ce phénomène à l'effet de filtre exercé par l'abeille (**Bogdanov *et al.*, 2003**).

### III. 3.3. Contamination à partir des pratiques apicoles :

Le traitement des colonies à l'aide des médicaments vétérinaires comme : les produits répulsifs pour éloigner les abeilles (contaminants présents dans la fumée de l'enfumoir), produits pour lutter contre la fausse teigne ou varroa, produits de protection de bois, contaminants dans les produits de pourrissement, produits de désinfection des ruches et des cadres. Parmi les produits présentant une toxicité aigüe pour les abeilles, on trouve le thymol (utilisé dans la lutte contre le varroa et présent comme un médicament bio : Apiguard, Thymovar, Apilife var). Le tau-fluvalinate (Apistan), il est aussi utilisé pour lutter contre le varroa, la matière active est lipophile, c'est-à-dire elle peut avoir une forte concentration dans la cire (**Bogdanov *et al.*, 2003 ; Michel, 2018**).

**III. 4. La présence des pesticides dans le pain d'abeille :**

Dans une étude réalisée par **Zarrouk (2020)** a mis en évidence la présence de 53 pesticides dans les échantillons de pollen piégé (22 insecticide/acaricide, 29 fongicides et deux herbicides), et de 17 pesticides dans les échantillons de pain d'abeille (9 insecticide/acaricide et huit fongicide). Tous les échantillons testés contenaient au moins l'un de ces pesticides.

**III. 5. Mode d'introduction des contaminants :**

L'intoxication des abeilles par les insecticides, les métaux lourds, OGM peut survenir en différentes circonstances (**Christine, 2013**):

- Des abeilles butinent sur la culture au moment de la pulvérisation.
- Les abeilles récoltent le nectar, pollen et l'eau contaminée après l'application d'un pesticide sur une culture et les transportent à la ruche (contamination de la colonie)
- Les dérivés d'un insecticide se déposent sur des plantes en fleurs, sur les ruches, sur les sources d'eau des abeilles à proximité de la culture visée par l'application.
- Application directe dans la ruche pour traiter certaines maladies.

**III. 6. Les maladies de la ruche :**

Selon le code sanitaire pour les animaux terrestres de l'OIE, six maladies sont inscrites dans la catégorie des maladies des abeilles (**Fanny et al., 2015**) :

- Loque américaine,
- Loque européenne,
- Infestation par le petit coléoptère des ruches (Aethinatumida)
- Infestation des abeilles mellifères par l'acarien *Tropilaelaps*
- Varroas (le plus connue le *varroa destructor*).
- Le développement des virus dans la colonie elle est liée à la présence du varroa

Le tableau XII résume les principales maladies des colonies d'abeille et leur traitement.

Tableau XII : les maladies de la colonie et leur traitement (Paul, 2017 ; Anonyme 3, 2019)

Les maladies	Traitements
<p>La varroase : c'est une maladie parasitaire très sérieuse causée par un acarien « varroa destructor ». son caractère nuisible provient d'une part de sa prédation parasitaire et d'autre part de son rôle de vecteur viral</p>	<p>Privilégier l'utilisation des produits biologique (huiles essentielles, thymol, eucalyptol, menthol)</p> <p>Organophosphorés (Coumaphos = périzin), pyréthrinoides (Fluvalinate = apistan), formamidines (Amitraz = Apivar)</p>
<p>La loque américaine : est une maladie bactérienne du couvain operculé très contagieuse, se transmet à travers les spores de la bactérie, et contamine tous les éléments de la ruche.</p>	<p>Utilisé la tétracycline selon le standard EOS, elle est interdite.</p> <p>L'oxytétracycline : le seul antibiotique autorise comme un traitement au printemps,</p> <p>La tylosin son utilisation est autorisé à l'automne mais pas au printemps (risque de contaminer les produits de la ruche).</p>
<p>La fausse teigne : un papion redoutable, qui se nourrit de la cire des cadres et de leurs contenus. il pond des œufs sur les cadres de cire et dès l'augmentation des températures les larves détruisent les alvéoles et même le bois.</p>	<p>Bien désinfecter les ruches et le matériel d'exploitation.</p>
<p>Loque européenne : peut survenir lorsque les colonies sont stressées ou ont une alimentation inadéquate.</p>	<p>Procéder au remérage ou remplacer les rayons infestés par des feuilles gaufrées ou des rayons non infestés.</p>

➤ **Exemple d'une voie de contamination par l'acaricide anti varroa**

Un paquet d'acaricides contient 10 lanières (chaque lanière contient 500 mg de matière actif) qui peut traiter jusqu'à cinq ruches. Donc 1000 mg d'amitrazé pour chaque ruche. La dispersion de la matière active se fait de la manière suivante :

- Les abeilles se frottent à la lanière se chargeant de la molécule d'amitrazé, l'amitrazé migre depuis l'intérieur de la lanière jusqu'à la surface au fur et à mesure pour être en contact avec les abeilles.
- L'amitrazé est distribué parmi les abeilles par contact.
- Les varroas phorétiques sont ainsi exposés à l'amitrazé entraînant une paralysie puis à une mort par inanition.
- Les acariens tombent au fur et à mesure au fond de la ruche, et cela sur quelque génération (**anonyme 4, 2016**).

### **III. 7. Les contaminants du pain d'abeille :**

Le pain d'abeille c'est un produit apicole qu'est produit à partir de la fermentation de pollen durant 15 jours par trois genres de microorganismes : Pseudomonas, lactobacillus, saccharomyces, après le stockage de pollen dans les alvéoles. Ce produit est riche en propriété biochimique et microbiologique. Grâce à leur richesse nutritionnelle il est très utilisé dans l'apithérapie pour soigner plusieurs maladies comme l'anémie, les problèmes digestifs. (**Mirela, 2014**).

Mais malheureusement sa qualité sanitaire elle s'échappe pas de la présence des contaminants : microbiologiques, chimiques et physiques, qui peuvent être issue de l'agriculture intensive et des industries ou des pratiques apicoles qui utilisent des traitements chimiques pour lutter contre les maladies de la ruche. Et parmi ces contaminants on peut trouver des contaminants:

- a) **Microbiologique** comme : les moisissures et les champignons (*Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*) qui produit des mycotoxines et des aflatoxines (**Bruneau, 2018**). On peut également trouver des levures dans le pain d'abeille comme les *candidoses spp*, les *cryptocoquessp*. Et d'autre microorganisme comme l'E. Coli qui

provient de la mauvaise hygiène corporelle durant le processus de récolte et de production (**Semati, 2021**).

- b) Chimique** : la plupart des contaminants chimiques viennent de l'agriculture intensive ou des pratiques apicoles comme les pesticides (acaricide, Glyphosate, mandipropamide, tau-fluvalinate (**Bergero et al., 2021**)). les antibiotiques appliquaient pour lutter contre la loque américaine (tétracycline). Les métaux lourds : plomb, cadmium, mercure et l'argon sont les principes métaux lourds présents dans le pollen et le pain d'abeille (**Bogdanov, 2006**). on peut également trouver des biotoxines qui sont principalement présentées par les alcaloïdes, et des produits de combustion (hydrocarbures polycyclique aromatique (**Bruneau, 2012**)).
- c) Physique** : la contamination physique elle se présente sous forme de poussière, des morceaux de verre, des fragments de bois, des morceaux d'abeille, des petits cailloux et d'autres impuretés (**ANSES, 2012**).

On peut également trouver d'autres contaminants comme les additifs et les radioéléments (rayon x, césium) (**Bruneau, 2012**). Et de pain d'abeille OGM issue de pollen génétiquement modifié collecté par l'abeille ouvrière durant quel butine dans des champs de culture transgénique (**Thibault, 2017**). Et pour bien protéger la santé de consommateur et préserver la qualité sanitaire de pain d'abeille. La réglementation fixe des règles et des seuils pour éviter la contamination de nos produits. Et parmi ces règles on a :

- La commission européenne qui fixe des nouvelles normes alimentaires, sur les pesticides qui ne doivent pas dépasser les 50 mg /g dans le pollen. et on a la même limite pour le pain d'abeille qu'est déterminée par la norme Russe (**Thibault, 2017**).
- Des produits interdits pour la lutte contre le varroa : organophosphoré (coumaphos = périzine), pyréthrinoides (fluvalinate = apistan), formamides (amitraze = apivar). Interdit d'utiliser les médicaments chimiques de synthèse comme la tétracycline. (**anonyme 3, 2019**).
- Les métaux lourds ne doivent pas dépasser le 0,03 mg/kg de Cd, 0,5 mg/kg de Pb, 0,5 mg/kg d'As, 0,01 mg/kg d'Hg dans le pollen et le pain d'abeille (**Thibault, 2017**).  
Aucun additif n'est autorisé dans le pollen (**Thibault, 2017**).
- Les réseaux d'alertes sanitaires RASFF (Rapid Alert System For Food AND feed) ont mis en évidence durant ces dernières années de nombreux problèmes liés à l'usage d'antibiotique dans les ruches. Dans l'Union européenne, aucun antibiotique ne dispose d'une autorisation de mise sur le marché et de ce fait, aucune LMR n'est

établie. Dès que l'on peut retrouver un antibiotique dans un produit celui-ci est interdit de vente. C'est ainsi que les crises ont porté en 2003 sur la streptomycine, en 2005 sur le chloramphénicol avec la fermeture du marché chinoise en 2007 sur les sulfonamides présents dans les miels provenant d'Amérique du sud. Heureusement, le nombre de notifications diminue au fil des ans suite à une sensibilisation des producteurs **(Bruneau, 2012)**.

- La présence des mycotoxines comme les aflatoxines B 1 ne doivent pas dépasser les 2 mg/ kg et l'aflatoxine B 1 + B 2 + G 1 + G 2 ne doivent pas dépasser les 4 mg/ kg **(Thibault, 2017)**.
- Les OGM elles doivent être mentionnées sur l'étiquetage de pain d'abeille s'elle dépasse les 1 % **(Bruneau, 2012)**.
- Et pour la contamination physique la teneur en impureté mécanique ne doit pas dépasser les 0,1 % et la cire résiduelle ne doit pas dépasser les 5 % **(Skubida, et Semkiw, 2021)**.

### III. 8. Les Dangers liés aux contaminants :

#### III. 8.1. Dangers biologiques

La consommation des aliments contaminés par l'E. Coli (pollen, pain d'abeille) provoque une intoxication alimentaire avec des diarrhées qui sont dans certains cas évolue vers diarrhées sanglantes et il peut également avoir de la fièvre et des vomissements **(OMS, 2020)**.

Certaines mycotoxines transmises par les aliments peuvent avoir des effets aigus qui entraînent des symptômes de maladies graves survenant rapidement après la consommation des produits contaminés. Et d'autres peuvent causer des effets à long terme, comme l'induction de cancer ou de déficiences immunitaires. Ils ont également montré une génotoxicité des aflatoxines produites par les moisissures, ce qui signifie qu'elles peuvent abîmer l'ADN et provoque des cancers comme le cancer hépatique chez l'homme.

L'ochratoxine A est produits par plusieurs espèces d'Aspergillus et de Penicillium. Cette toxine peut également agir sur le développement fœtal et le système immunitaire **(OMS, 2022)**.

D'autres effets des mycotoxines sur la santé ont été relevé: hépatotoxique, neurotoxique, mutagène, cancérigènes, immunosuppresseur **(Bayard, 2015)**.

### III. 8.2. Dangers chimiques :

L'utilisation des antibiotiques contaminent les produits de la ruche, et qui provoquent des phénomènes de résistance pour les bactéries pathogènes, risque d'allergie chez le consommateur (**Bogdanov, 2006**).

Les biotoxines présentent un risque pour la santé de consommateur (substance aux propriétés mutagène qui peuvent générer des tumeurs au niveau du foie (**Bruneau, 2012**).

De nombreux pesticides sont des produits nocifs, dangereux pour la santé de consommateur qui provoquent : malformations congénitales, cancers, troubles neurologiques, de la fertilité, et du système immunitaire. Les enfants exposés aux pesticides durant la grossesse ont un risque plus élevé de souffrir d'une leucémie (**GEO, 2022**).

Les métaux lourds sont des polluants engendrés par l'activité humaine qui ont un fort impact toxicologique. Les métaux toxiques sont nombreux, mais on peut citer surtout l'arsenic, le cadmium, le plomb et le mercure. Ils ont des impacts sur les végétaux, les produits de consommation courant et sur l'homme (**Alioua, 2022**).

### III. 8.3. Dangers physiques :

Les dangers physiques comme la présence de fragments de verre, de bois, de petits objets, devraient être classé comme critiques aux étapes de la mise en pot, conditionnement en pot (**ANSES, 2012**).

## III. 9. Les mesures de maîtrise des contaminants :

### III. 9.1. Définition :

**Le plan de maîtrise sanitaire (PMS) :** C'est l'un ensemble de mesures préventives et d'autocontrôle pour un but de maintenir l'hygiène alimentaire et assurer la qualité sanitaire. C'est un ensemble des méthodes qui permettent de contrôler l'environnement de la chaîne de production pour assurer la qualité sanitaire (**Anonyme 5, 2022**). Les bonnes pratiques apicoles est l'un de ces plans recommandés aux apiculteurs :

- **Le guide des bonnes pratiques apicoles :** son objectif est de proposer à chaque apiculteur des bonnes pratiques pour assurer une meilleure gestion pour préserver la santé des colonies qui contribue à la sécurité sanitaire et la traçabilité des produits qu'elle génère. Le guide des bonnes pratiques est un fruit de travail des

acteurs de la filière apicole, c'est en association avec plusieurs structures comme l'institut de l'abeille a réalisé ce guide, les représentants de la filière apicole, les structures sanitaires, les structures vétérinaires, la recherche et l'administration (ITSAP, 2014).

### III. 9.2. Mesures de maîtrise des contaminants biologiques :

Il faut bien maîtriser les processus de production du pain d'abeille et éviter les mauvaises manipulations (Brindza *et al.*, 2013) :

- Il ne faut pas dépasser 6 % d'humidité dans le pain d'abeille pour lutter contre le développement des moisissures. (Bruneau et Robert, 2009).
- Congélation de pain d'abeille pour éviter le développement microbien (Smati, 2021).
- Bien désinfecter les ruches et le matériel d'exploitation (les trappes à pollen, les cadres) pour éviter le développement de la fausse teigne qui altère le pain et le pollen d'abeille
- Respecter l'hygiène corporelle et la marche en avant dans la miellerie pour éviter la contamination des produits de la ruche par des microorganismes pathogènes comme E. Coli (Anonyme 3, 2019).
- Stockage de pain d'abeille dans un emballage hermétique, sous vide ou enrichi avec l'azote. L'humidité elle doit être  $< 6\%$  pour éviter le développement des moisissures et des champignons (Semati, 2021).
- On veille à enlever les cadres qui présentent des traces de moisissure, et les cadres trop noirs (20 % des cadres doivent être enlevés chaque année pour éviter la contamination de pain d'abeille, du miel, du couvain.
- Dans le cas des maladies bactériennes, tous les cadres doivent être détruits par le feu. (Bruneau et Robert, 2009).

### III. 9.3. Mesure de maîtrise de la contamination physique :

Le triage à la main, à la pincette (pour éliminer les impuretés), c'est très lent et fastidieux pour accélérer l'opération on peut attirer toutes les pattes et les autres débris chitineux sur une plaque de matière plastique électrisée par frottement, puis chasser les poussières et les dépouilles de nymphes par un courant d'air soufflant (sèche cheveu ou aspirant). (Anonyme 3, 2019).

**III. 9.4. Mesure de maitrise des contaminants chimique**

- Les méthodes de traitement à base d'antibiotique viennent d'être interdites depuis 2003 par la réglementation européenne qui impose la fixation des limites maximales des résidus LMR pour l'utilisation des médicaments. Or ces LMR ne sont pas fixées pour les antibiotiques ce qui interdit leur utilisation. **(Prost et le Conte, 2005).**
- Interdire l'utilisation de traitements chimique et privilégier l'utilisation des produits biologiques (huile essentielle, acide oxalique, acide formique)
- Alternner les traitements et respecter la dose et la durée recommandée, pour éviter que le varroa développe une résistance **(Anonyme 3, 2019).**
- Eliminer l'utilisation des substances toxiques ou des peintures toxiques pour les ruches. Par exemple des désinfectants, des traitements chimiques pour le bois.
- Utiliser uniquement des médicaments enregistrés pour les abeilles et respecter les instruments et les directives en cours. (Pour éviter de contaminer l'abeille et ces produits) **(Mariano, 2016).**
- L'inspection et l'identification des zones appropriées pour l'emplacement des ruches, elles doivent être non humides, pas exposés aux vents, non soumises à des sources de pollution comme l'agriculture intensive et l'industrialisation (pour éviter la récolte de pollen contaminer par les pesticides ou d'autre contaminant chimique comme Pb **(Mariano, 2016).**
- Eviter de placer les ruches dans un environnement pollué. Des concentrations élevées qui sont observées en Pb, Cd, dans le pollen : 0.02-3.9 mg/ kg et 0.03-2.1 mg/kg, donc il faut bien éloigner des zones polluée **(Bruneau, 2012).**

Cette recherche bibliographique nous a permis de tirer de nombreuses informations scientifiques, techniques et économiques sur le pain d'abeille.

Le pain d'abeille est une source protéique et de composés bioactifs indispensable à la survie de la colonie d'abeille. Toutefois, l'apiculteur peut en tirer une quantité bien mesurée pour ne pas porter préjudice à la même colonie.

Vu sa composition biochimiques et ses propriétés biologiques particulière, le pain d'abeille est classé dans la catégorie des compléments alimentaires. De plus, de nombreuses recherches ont prouvé certaines propriétés pharmacologiques du pain d'abeille, et il est proposé dans le traitement de certains troubles de santé à titre préventif et même curatif.

Actuellement, sont nombreux les apiculteurs, de part le monde, qui s'intéressent à la production du pain d'abeille en raison de ses avantages économiques. De nombreuses techniques d'extraction du pain d'abeille de leur rayon ont été ainsi développées. Et afin de faciliter sa commercialisation, de nombreux pays ont élaboré des normes de qualité spécifiques à ce produit.

Malheureusement, de nombreux contaminants (chimiques, biologiques et physiques) peuvent se retrouver dans le pain d'abeille en altérant ainsi sa qualité, et ils peuvent même être une source de danger sur la santé des consommateurs. Un plan de maîtrise de la qualité est indispensable : il commence par le choix du site d'installation des ruches et se termine dans le circuit de commercialisation. Les bonnes pratiques apicoles peuvent être le premier pilier de cette stratégie d'assurance qualité. Un système de management de la qualité sanitaire tel que le HACCP peut aussi être envisagé.

### A

Almedia-Muradian, L. B., Pamplona, Pamplona, L. C., Coimbra, S., & Barth, O. M. (2005). Chemical composition and botanical evaluation of dried bee pellets. *Journal of food composition and analysis*, 18(1), 105-111.

Aosan Cristina., (2015). Les différents aspects du pain d'abeille : origine, historique, composition, propriétés et récolte. *Abeille et cire*. n° 166\_apithe.pdf.

Alexandra Vey., (2022). Apithérapie : les vertus du pollen. Compte-rendu du rucher-école de Salvizinet (<http://abeilleduforez.tetraconcept.com/dossiers-techniques/pratique-apicole-a-la-miellerie/les-vertus-du-pollen/>).

Akhmetova, R., Sibgatullin, J., Garmonov, S., & Akhmetova, L. (2012). Technology for extraction of bee-bread from the honeycomb. *Procedia Engineering*, 42, 1822-1825.

ANSES., (2012). Concernant une étude initiale du guide de bonnes pratiques d'hygiène (apiculture) relatif à l'hygiène de production de miel , gelée royal et de pollen.

<https://www.anses.fr/fr/system/files/MIC2011sa0170.pdf>).

Anđelković, B., Jevtić, G., Mladenović, M., Marković, J., Petrović, M., & Nedić, N. (2012). Quality of pollen and honey bee bread collected in spring. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 1, 275-277.

Altman, Géorgie (1983). Analyse du miel de la région de Stolberg pour les métaux lourds. Aix-la-Chapelle, Allemagne : Thèse de diplôme, Université des sciences appliquées d'Aix-la-Chapelle, 144.

Alioua. (2022).intoxication par les métaux lourds. (<https://slideplayer.fr/slide/11840249/>)

Ares, A. M., Valverde, S., Bernal, J. L., Nozal, M. J., & Bernal, J. (2018). Extraction and determination of bioactive compounds from bee pollen. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 147, 110-124.

### B

Bogdanov Stefan., Anton Imdort., Jean-Daniel Charrière., Peter Fluri et Verena Kilchenman., (2003). Qualité des produits apicole et sources de contamination. Centre Suisse de recherché apicoles. Station fédéral de recherches laitières, liebefel. CH-3003 Berne.

Bogdanov S., (2014). Pollen: production nutrition and health: à review. Bee product science.(<http://www.bee-hexagon.net/Health/PollenBook2kReview.pdf>).

Bogdanov S., (2006). Contamination of bee products. *Apidologie*, 37, 1-18.

Bogdanov S., (2004). Qualitystandars of bee pollen and beewax. *Apiacta* 39 :334-341.

## Références bibliographiques

---

Bruneau Etienne., (2012). Des produits contaminés, un nouveau défi pour demain. Abeille & cire. n° 148. ([https://www.cari.be/medias/abcie\\_articles/148\\_produits.pdf](https://www.cari.be/medias/abcie_articles/148_produits.pdf)).

Bruneau E et Robert lequeux., (2009). Guides de bonne pratique apicole.louvain-la Neuve, Gant. Version 1 du 19.03.2009. (<https://fr.calameo.com/read/00047112220b9e737ec69>)

Bruneau Etienne., (2013). Les points critiques. Abeille & cire. n° 154.

Bogdanov S, (2015). Pollen : production, nutrition and Health : A Review. Bee product science, vol. 10, p. 1-35.

Bruneau Etienne., (2018). Définition, contrôles et pratiques apicoles : impacte sur la qualité des produit de la ruche ([https://www.cari.be/medias/temporaire/beecome/bruneau\\_etienne.pdf](https://www.cari.be/medias/temporaire/beecome/bruneau_etienne.pdf)).

Bergero, M., Bosco, L., Giacomelli, A., Angelozzi, G., Perugini, M., & Merola, C. (2021). Agrochemical Contamination of Honey and Bee Bread Collected in the Piedmont Region, Italy. *Environments*, 8(7), 62.

Bogdanov, S. (2011). Elaboration and harvest of honey. *The Honey Book*, 8-14.

Blanc M., (2010). Propriété et usage médical des produits de la ruche. Thèse de doctorat en pharmacie. Université de limoges, faculté de médecine et de pharmacie Aspects of pollen. *Adv in EnvBiol*, 6(4) : 1415-142.

Bayard Noel. (2015). Les mycotoxines. (<https://slideplayer.fr/slide/3704497/>).

Bakour, M., Laaroussi, H., Ousaaïd, D., El Ghouizi, A., Es-Safi, I., Mechchate, H., & Lyoussi, B. (2022). Bee Bread as a Promising Source of Bioactive Molecules and Functional Properties: An Up-to-Date Review. *Antibiotics*, 11(2), 203.

Bakour, M., Fernandes, Â., Barros, L., Sokovic, M., & Ferreira, I. C. (2019). Bee bread as a functional product: Chemical composition and bioactive properties. *LWT*, 109, 276-282.

Brindza J, Grof J, Baciagalova K, Ferianc P, Toth D., (2013). Pollen micrbial colonization and food safety. *Acta Chim Slov.* 3 :95-102.

Brovarskyi, V., Velychko, S., Brindza, J., & Adamchuk, L. (2017). Develoment and Testing of the Technology of Production of the Beebread with the Use of Artificial Combs. *Agrobiodiversity for improving nutrition, health and life quality*, (1).

### C

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

## Références bibliographiques

---

Christine Jean., (2013). Protégeons des abeilles des applications de pesticides. Agriculture, pêcheries et alimentation. Ed Québec.  
([https://www.agrireseau.net/apiculture/documents/Protegeons les abeilles-V2.pdf](https://www.agrireseau.net/apiculture/documents/Protegeons%20les%20abeilles-V2.pdf)).

Charlotte Prieu., (2015). Evolution et développement des grains de pollen chez les angiospermes. Thèse de doctorat. Université Paris Saclay (COMUE). <http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01282138>.

Compos M., Firgerio C., Lopes J. and Bogdanov S., (2010). What is the future of bee-bread pollen JAAS 2 : 131-144.

Čeksterytė, V., Balžekas, J., Baltuškevičius, A., & Jurgevičius, E. (2012). The use of beebread-honey mixture in the treatment of liver diseases in alcohol-dependent patients. *Chemical Technology*, 60(2), 62-66.

Chen, C. K., Ping, F. W. C., Ooi, F. K., & Mohamed, M. A. (2018). Effects of bee bread supplementation during recovery on time trial performance and selected physiological parameters. *Int. J. Pharma Bio Sci*, 9, 281-288.

### D

Domi. (2017)., Le grain de pollen. (<https://catoire-fantasque.be/grain-de-pollen/>).

Dajoz I., (1993). L'évaluation de grain de pollen. In « grand Larousse annuel ». Larousse editions.

Dimov, S. G., Zagorchev, L., Iliev, M., Dekova, T., Ilieva, R., Kitanova, M., ... & Peykov, S. (2021). A snapshot picture of the fungal composition of bee bread in four locations in Bulgaria, differing in anthropogenic influence. *Journal of Fungi*, 7(10), 845.

Donkersley, P., Rhodes, G., Pickup, R. W., Jones, K. C., Power, E. F., Wright, G. A., & Wilson, K. (2017). Nutritional composition of honey bee food stores vary with floral composition. *Oecologia*, 185(4), 749-761.

Donadieu Y., (1983). Le pollen : thérapeutique naturelle. Edition Maloine S.A ;6ème Ed. Paris. ISBN2-224-00873-2.

Dranca, F., Ursachi, F., & Oroian, M. (2020). Bee bread: Physicochemical characterization and phenolic content extraction optimization. *Foods*, 9(10), 1358.

Devillers, J., & Pham-Delègue, M. H. (Eds.). (2002). Honey bees: estimating the environmental impact of chemicals. CRC Press.

### E

Eva, I., Miroslava, K., Helena, F., Jana, P., Jana, H., Valerii, B., ... & Janette, M. (2015). Bee bread-perspective source of bioactive compounds for future. *Potravinarstvo*.

### F

Fanny M., Joachim R., André K., Alison R., Yves Le Conte. (2015). Varroas et virus une interaction néfaste ([https://cari.be/medias/abcie\\_articles/166\\_patho.pdf](https://cari.be/medias/abcie_articles/166_patho.pdf)).

Frédérique. (2018). Pollen. (<http://naturalistesdubugey.over-blog.com/2018/01/pollen.html>).

Food Facts for healthy choices., (2022). Contamination alimentaire. Consulté 19. 06. 22. (<https://www.eufic.org/fr/securite-alimentaire/categorie/contamination-alimentaire>).

### G

Gilliam M, D.B. Prest, and B.J. Lorenz., (1989). Microbiology of pollen and bee bread ; taxonomy and enzymology of molds. *Apidologie*, 20 : 53-68.

Gilliam M et Prest D.B., (1987). Microbiology of the feces and of the larval honeybee, *Apis mellifera*. *J. invertebr. Pathol.* 49, 70-75.

Gilliam M et Taber S., (1991) diseases, pest, and normal microflora of honey bees, *Apis mellifera*, fed 2, 4-D and antibiotics. *J. invertebr. Pathol.* 24, 349-356.

Gilliam M., Taber III S., Lorenz B.J and Prest D.B., (1988). Factors effecting development of chalkboard disease in colonies of honey bees. *Apis mellifera*, fed pollen contaminated with *Ascosphaera apis*. *J. Invertebr. Pathol.* 52, 314-325.

Gilliam M., (1997). Microbiology of pollen and bee bread: the genus *Bacillus*. *Apidologie*, 10 (3) : 269-274.

GEO., (2022). les pesticides : qu'est-ce que c'est ? (<https://www.geo.fr/environnement/pesticides-sante-39736> - :~:text=Inconv%C3%A9nients%20%3A,fertilite%C3%A9%20et%20du%20syst%C3%A8me%20immunitaire).

Gilles Fert., (2017). Pain d'abeille. Editions Rustica, gilles. Abeille et fleur n°799.

Greuse M., (2012). Le pain d'abeille. L'union des fédérations d'apiculture de Wallonie et Bruxelles, 36\_39.

### H

Human, H., & Nicolson, S. W. (2006). Nutritional content of fresh, bee-collected and stored pollen of *Aloe greatheadii* var. *davyana* (Asphodelaceae). *Phytochemistry*, 67(14), 1486-1492.

Höffel, I. (1982). *Apis mellifica* L. als Indikator der "Umweltgüte" im Stadtgebiet von Saarbrücken (Doctoral dissertation, Verlag nicht ermittelbar).

### I

Ivanovo., (1991). Minor mechanization at amateur bee farm. Agropromizdat.

ITSAP., (2014). Guide des bonnes pratiques apicoles. (<http://www.leruchersaintgervais.fr/Files/Other/Guide-des-bonnes-pratiques-apicoles-ITSAP.pdf>).

Inter Api., (2019). Plan de filière apicole. ([https://www.terre-net.fr/ulf/data/Sophie/Plan\\_filiere\\_apicole.PDF](https://www.terre-net.fr/ulf/data/Sophie/Plan_filiere_apicole.PDF)).

### J

Jean-Baptiste Loin., (2017). Le pain d'abeille. (<https://www.reponsesbio.com/le-pain-dabeilles/>).

Jarusaitienė, D., Jankauskienė, J., & Čeksterytė, V. (2012). Changes of ocular signs in children with thyroid diseases after intake of bee bread. *Chemical Technology*, 61(3), 7-10.

### K

Khalifa, S. A., Elashal, M., Kieliszek, M., Ghazala, N. E., Farag, M. A., Saeed, A., ... & El-Seedi, H. R. (2020). Recent insights into chemical and pharmacological studies of bee bread. *Trends in Food Science & Technology*, 97, 300-316.

Kieliszek, M., Piwowarek, K., Kot, A. M., Błażejczak, S., Chlebowska-Śmigiel, A., & Wolska, I. (2018). Pollen and bee bread as new health-oriented products: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 71, 170-180.

Kas' ianenko, V. I., Komisarenko, I. A. E., Dubtsova, E. A. E., Kasianenko, V. I., Kasianenko, V. I., Komisarenko, I. A., ... & Dubtsova, E. A. (2011). Correction of atherogenic dyslipidemia with honey, pollen and bee bread in patients with different body mass. *Terapevticheskii arkhiv*, 83(8), 58-62.

Konopacka, Z., (1981). Pollen management in the hive dans (part 1). *Beekeeping*, 32, 14-15. In Polish.

Kalaycıoğlu, Z., Kaygusuz, H., Döker, S., Kolaylı, S., & Erim, F. B. (2017). Characterization of Turkish honeybee pollens by principal component analysis based on their individual organic acids, sugars, minerals, and antioxidant activities. *LWT*, 84, 402-408.

### L

Laurian Robert S., Foster Elizabeth., Levesque-lemyMadleine., Routly Elizabeth., Wilkinson David et Gleddie Steve., (2004). Le potentiel de fixer des limites au flux des trans-gènes en modifiant les protéines à la surface des grains de pollen. *Agriculture et Agroalimentaire*. Ottawa. Canada, bulletin IBPn°1.

## Références bibliographiques

---

Loper, G. M., Standifer, L. N., Thompson, M. J., & Gilliam, M. (1980). Biochemistry and microbiology of bee-collected almond (*Prunus dulcis*) pollen and bee bread. I-Fatty Acids, Sterols, Vitamins and Minerals. *Apidologie*, 11(1), 63-73.

Louveaux Jean., (1985). Les abeilles et leurs élevages. Ed. OPIDA. p 1 25.

### M

Melo et Almeida-Muradian, (2010). Stability of antioxidants vitamins in bee pollen samples. Microbiologie sanitary aspect of pollen. *Adv in Env Biol*, 6(4) : 1415-1420.

Mutsaers, M., Blitterswijk, H. V., Leven, L., Kerkvliet, J., & Waerdt, J. (2005). Produits de l'apiculture. *Agrodok*. 35p.

Michel fraicteur., (2018). Contamination et adultération de la cire d'abeille : risque pour la santé des abeilles. (<https://www.srawe.be/?p=5098>).

Mariano Aleandri., (2016). Les bonnes pratiques apicoles. (<https://www.fao.org/3/ca4054fr/ca4054fr.pdf>).

Mirela Strant., (2014). Utiliser les produits de la ruche pour la santé n° 163. ([https://cari.be/medias/abcie\\_articles/163\\_apitherapie.pdf](https://cari.be/medias/abcie_articles/163_apitherapie.pdf)).

Massaux Carine., (2016). Pollens : une composition nutritionnelle d'intérêt. Abeille et cire n°174.29-30.

### R

Ravazzi G., (2003). Les autre produits de la ruche in « Abeille et apiculture ». Ed : VECCHI, p 11 6 117.

### S

Smati, N. (2022). Bee bread preservation methods: physical, chemical and microbial stability throughout storage (Doctoral dissertation).

Stalker., (2000). Healing honey and bee hive products. Moscow. Derzhavina NA.

Semkiw, P., & Skubida, P. (2021). Bee Bread Production—A New Source of Income for Beekeeping Farms?. *Agriculture*, 11(6), 468.

Sauvager F., (2012). Les produits de la ruche et la santé humaine. Montpellier.

### O

Omran, N. S., Omar, M. M., Hussein, M. H., & Abd-Allah, M. M. (2019). Heavy metals concentrations in bee products collected from contaminated and non-contaminated areas from Upper Egypt Governorates. *Journal of Advances in Agriculture*, 10, 2349-0837.

## Références bibliographiques

---

OMS.,(2020). La sécurité sanitaire des aliments : c'est l'affaire de tous. Journée internationale de la sécurité sanitaire des aliments. ([https://www.who.int/docs/default-source/food-safety/campaign-guide-fr.pdf?sfvrsn=f36d608c\\_2](https://www.who.int/docs/default-source/food-safety/campaign-guide-fr.pdf?sfvrsn=f36d608c_2)).

ONUUDI., (2020). La sécurité sanitaire des aliments ([https://www.unido.org/sites/default/files/files/2020-02/UNIDO\\_FSA\\_brochure\\_FR\\_FINAL%283%29.pdf](https://www.unido.org/sites/default/files/files/2020-02/UNIDO_FSA_brochure_FR_FINAL%283%29.pdf)).

OMS., (2022). E. Coli. ([https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/e-coli - :~:text=coli%20producteur%20de%20shigatoxinesdes%20crampes,la%20fi%C3%A8vre%20et%20des%20vomissements](https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/e-coli-%20producteur%20de%20shigatoxinesdes%20crampes,la%20fi%C3%A8vre%20et%20des%20vomissements)).

OMS., (2020).Sécurité sanitaire des aliments. (<https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>).

### P

Prost J.P et le Conte Y., (2005). Apiculture connaitre l'abeille. Conduire le rucher. Ed. Technique de documentation, lavoisier, Paris. P 164, 256.

Pain J et Maugenet J., (1966). Recherches biochimiques et physiologique sur le pollen emmagasiné par l'abeille. Ann. Abeille 9,209-236.

Pełka, K., Worobo, R. W., Walkusz, J., & Szweda, P. (2021). Bee pollen and bee bread as a source of bacteria producing antimicrobials. *Antibiotics*, 10(6), 713.

Payne, W.W. (1972). Observation of Harmmegathy in pollen of anthophyta. *Grana* 12 :93-98.

Pavelková, A., Haščík, P., Kalafová, A., Capcarová, M., Čuboň, J., Bučko, O., ... & Bobko, M. (2020). Chemical composition of muscle after bee bread application in the nutrition of Japanese. *Journal of Microbiology, Biotechnology & Food Sciences*, 9(4).

Paul Kozak., (2017). Traitement recommandé contre les maladies et les acariens chez les abeilles domestiques en Ontario. (<http://omafra.gov.on.ca/french/food/inspection/bees/2017-treatment.htm>).

Porrini, C., Ghini, S., Girotti, S., Sabatini, A. G., Gattavecchia, E., & Celli, G. (2002). 11 Use of honey bees as bioindicators of environmental pollution in Italy. *Honey bees: estimating the environmental impact of chemicals*, 186.

### Q

Qian, W. L., Khan, Z., Watson, D. G., & Fearnley, J. (2008). Analysis of sugars in bee pollen and propolis by ligand exchange chromatography in combination with pulsed amperometric detection and mass spectrometry. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21(1), 78-83.





**Résumé :**

Le pain d'abeille est l'aliment protéique de la colonie d'abeille. Le pain d'abeille extrait des rayons est classé dans la catégorie des compléments alimentaires, et en raison de ses propriétés pharmacologiques, il est actuellement proposé dans le traitement de certaines maladies. Sa commercialisation est actuellement soumise à des normes commerciales en relation à la présence de pesticides mais aussi des microorganismes. La présence de certains contaminants dangereux pour la santé nécessite la mise en place d'un plan de maîtrise de la qualité, tel que les bonnes pratiques apicoles et aussi le HACCP.

**Mots clés :** pain d'abeille, qualité sanitaire, production et commercialisation

**Abstract:**

Bee bread is the protein food of the bee colony. Bee bread extracted from the combs is classified as a dietary supplement, and due to its pharmacological properties, it is currently offered in the treatment of certain diseases. Its marketing is currently subject to the presence of pesticides but also microorganism. The presence of certain contaminants that are dangerous to health requires the implantation of a quality control plan, such as good beekeeping practices and also HACCP.

**Keywords:** bee bread, sanitary quality, production and marketing.