

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**Ministre de l'Enseignement Supérieur de la Recherche Scientifique**

**Université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou**



**Faculté des sciences biologiques et des sciences Agronomiques**

**Département des sciences alimentaires**

## **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: production, Composition, Propriétés et Qualité [Recherches bibliographiques]**

**Réalisé par :**

**M<sup>elle</sup> YAHI Kamilia**

**&**

**M<sup>me</sup> YAHIAOUI Djedjiga**

**Membres de jury :**

**Président : M. AMROUCHE T.**

**Professeur à UMMTO**

**Encadreur: M. BENGANA M.**

**M.C.B. à UMMTO**

**Examinatrice : M<sup>me</sup> CHENAH M.**

**M.C.B. à UMMTO**

**Promotion: 2022 /2023**

# Remerciements

*En premier, nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné santé, courage et patience pour terminer ce modeste travail.*

*A M. BENGANA Mohamed. Maître de conférences, pour son encadrement, son suivi et ses conseils qui ont été pour nous une source d'encouragement et qui ont contribué efficacement à l'aboutissement de ce mémoire.*

*Tous nous s'insèrent remerciement au président de jury M AMROUCHE Tahar d'avoir accepté d'évaluer ce travail.*

*A notre examinatrice M<sup>me</sup> CHENAF qui nous a fait le plaisir d'examiner ce travaille,*

*Enfin, à toute personne ayant contribué directement et indirectement à la réalisation de ce modeste travail, ainsi que tous ceux qui nous ont accompagné durant tout notre cursus universitaire, vous avez toute notre gratitude.*

# Dédicace

*Tout d'abord, je tiens à remercies **ALLAH**, le tout puissant et le  
miséricordieux, de m'avoir donné la santé, la patience et la volanté  
pour raliser ce travail*

*Je dédie ce modeste travail accompagné d'un profond amour :*

*A mes chers parents **SAADI** et **LOUIZA** .pour leurs soutien, patience,  
amour et encouragement.*

*A mes chers frères **MAHDI**, **AHMED***

***KRIMOU**, **SAMIR** et leurs femmes **OUARDIA** et **ISABELLE** avec  
leurs enfants.*

*A esprit de mon frère **FOUDIL**, Puisse dieu, le tout puissant, bénisse  
son âme et le paradis éternel.*

*A ma chère copine, sœur, binôme **DJEDJIGA** et a toute sa famille.*

*A mes copines : **MANEL**, **SARA**, **HADJIRA** et **LINA***

*J'adresse aussi mes dédicaces à toute la promotion des  
sciences alimentaire*

*Kamilia*

# Dédicace

*Tout au début, je tiens à remercier le bon dieu de m'avoir donné du courage et de la patience afin de réaliser ce modeste travail que je dédie à tous ceux qui sont chers :*

*A esprit de ma chère mère **DALILA** qui ma donner le courage pour arriver à ce stade là où je suis, Puisse dieu, le tout puissant, bénisse son âme et le paradis éternel.*

*En particulièrement à mon très cher père **HAMID** pour son soutien son affection et la confiance qu'il m'a accordé, Aucune dédicace ne pourrait exprimer toute la considération et respect que j'ai pour toi.*

*A mon chère mari **MOHAMED**, pour ses sacrifices, son soutien moral et gentillesse sans égal, et surtout sa sincère motivation, que dieu réunisse nos chemins.*

*A mes frères **\*KOSSAILA, MOHAMED, et FARID** et ma belle-sœur **HAYET** avec leur petite fille **DALILA**. Que dieu les protège et leur offre la chance et le bonheur.*

*A ma chère copine, sœur, binôme **KAMILIA** et toute sa famille.*

*J'adresse aussi mes dédicaces à mes amis (es) avec qui j'ai passé des moments agréables, en particulier : **HINDA***

***Djedjiga***

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1 :</b> Composition moyenne du pollen d'abeille .....	<b>06</b>
<b>Tableau 2 :</b> Teneur en acides aminés en % dans le pollen .....	<b>08</b>
<b>Tableau 3 :</b> Les minéraux présents dans le pollen et leurs apports journalier .....	<b>09</b>
<b>Tableau 4 :</b> Quelques vitamines présentes dans le pollen en mg /100g et les apports journaliers recommandés mg /jour .....	<b>10</b>
<b>Tableau 5 :</b> La composition chimique et nutritionnelle du pain d'abeille .....	<b>17</b>
<b>Tableau 6 :</b> La teneur en glucides présent dans le pain d'abeille .....	<b>19</b>
<b>Tableau 7 :</b> La teneur en minéraux dans le pain d'abeille .....	<b>20</b>
<b>Tableau 8 :</b> La teneur en vitamine dans le pain d'abeille .....	<b>21</b>

## Liste des figures

<b>Figure 1 :</b> L'abeille récolte le pollen .....	<b>03</b>
<b>Figure 2 :</b> La structure de grain de pollen .....	<b>04</b>
<b>Figure 3 :</b> Pain d'abeille .....	<b>14</b>
<b>Figure 4 :</b> Pain d'abeille dans les alvéoles (A) et après extraction (B) .....	<b>15</b>
<b>Figure 5 :</b> Le processus de production de pain d'abeille dans la ruche.....	<b>16</b>
<b>Figure 6 :</b> (A) collecteur de pain d'abeille prêt à l'emploi. (B) les composants du collecteur. (C) la méthode d'utilisation du collecteur. (D) une petite pastille de pain d'abeille associée au collecteur.....	<b>17</b>
<b>Figure 7 :</b> Bee-bread machine .....	<b>28</b>
<b>Figure 8 :</b> Extracteur du pain d'abeille.....	<b>28</b>
<b>Figure 9 :</b> Processus de remplissage du peigne avec le pollen frais et le miel.....	<b>30</b>
<b>Figure 10 :</b> Peigne artificiel avec pain d'abeille après la maturation .....	<b>30</b>
<b>Figure 11 :</b> (a) cartouche ; (b) dispositif manuel pour la compression du pollen d'abeille et l'élimination du pain d'abeille ; (c) dispositif mécanisé pour la compression du pollen d'abeille et l'élimination du pain d'abeille ; (d) cartouche dans un appareil mécanisé.....	<b>31</b>
<b>Figure 12 :</b> Différentes sources de contamination de la colonie d'abeilles .....	<b>37</b>

## Liste des abréviations

**AA** : Acide aminé

**AG**: Acid gras

**BCP**: Bee collected pollen.

**BB**: Beebread. (Pain d'abeille)

**LAB**: Lactic acid bacteria.

**BL** : Bactéries lactiques.

**AL** : Acide lactique.

**ML** : Métaux Lourds

**MO** : Microorganisme

**LMR** : Limite maximale des résidus

**DLUO** : Date limite d'Utilisation Optimale

**BPA** : Bonnes pratiques apicoles



# **Tables de matières**

## Table de matière

Remerciements

Dédicaces

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

### Synthèse bibliographique

Introduction générale..... 01

### Chapitre I : Le pollen et le pain d'abeilles

**I.1 Le Pollen ..... 03**

I.1.1 Définition et origine ..... 03

I.1.2 La structure du grain de pollen ..... 03

I.1.3 Types et classification du pollen ..... 04

I.1.3.1. Les pollens entomophiles ..... 04

I.1.3.2. Les pollens anémophiles ..... 04

I.1.4. Récolte du pollen par les abeilles ..... 05

**I.1.5 Composition chimique du pollen d'abeille ..... 06**

I.1.5.1 Eau ..... 07

I.1.5.2 Les glucides ..... 07

I.1.5.3 Lipides ..... 07

I.1.5.4 Protéines ..... 08

I.1.5.5 Substances minérales et oligo-éléments ..... 09

I.1.5.6 Vitamines ..... 09

I.1.5.7 Substances divers ..... 10

**I.1.6 Aspect microbiologique ..... 10**

I.1.6.1 Microorganismes présents dans le Pollen .....	10
I.1.6.2 Les microorganismes associés au pollen et pain d'abeille .....	11
I.1.6.3 Le rôle des microorganismes dans le pollen .....	12
<b>I.1.7 Les facteurs influençant la récolte du pollen par les abeilles.....</b>	<b>13</b>
<b>I.2 Le pain d'abeille .....</b>	<b>14</b>
<b>I.2.1 Définition .....</b>	<b>14</b>
<b>I.2.2 Devenir du pollen dans la ruche : le 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 glucides .....	18
I.2.3.4 Lipides .....	19
I.2.3.5 Les minéraux .....	19
I.2.3.6 Les vitamines .....	20
I.2.3.7 La composition poly-phénolique .....	21
I.2.3.8 Les acides organiques .....	21
<b>I.2.4 La microbiologie du pain d'abeilles .....</b>	<b>22</b>
<b>I.2.5 Les propriétés thérapeutiques du pain d'abeille .....</b>	<b>23</b>
I.2.5.1 Détoxifiant du corps .....	23
I.2.5.2 Antianémique .....	23
I.2.5.3 Un effet antioxydant, immunisant et énergisante.....	23
I.2.5.4 Anti vieillissement .....	24
I.2.5.5 Amélioration Des performances athlétiques .....	24
I.2.5.6 Propriétés antimicrobiennes .....	24
I.2.5.7 Renforce l'activité visuelle .....	24
I.2.5.8 L'activité anti tumorale.....	25

---

**Chapitre II: Production, conditionnement, conservation et commercialisation du pain d'abeille.**

**II.1. La Production du pain d'abeille ..... 26**

**II.1.1 Les méthodes d'extraction du pain d'abeille ..... 26**

    II.1.1.1 le collecteur manuel ..... 26

    II.1.1.2 beebread machines..... 28

**II.1.2. La production du pain d'abeille à partir des peignes artificiel..... 29**

**II.2 Conditionnement du pain d'abeille ..... 31**

**II.3 Les techniques de conservation du pain d'abeille ..... 32**

**II.4 Pain d'abeille : qualité commerciale et leur réglementation ..... 33**

**II.4.1 Les critères de contrôle du la qualité du pain d'abeille ..... 33**

    II.4.1.1 Des critères sensoriels ..... 33

    II.4.1.2 Des critères microbiologiques ou hygiéniques ..... 34

    II.4.1.3 Des critères nutritionnels ..... 34

**II.5 Les normes de qualité du pain d'abeille..... 34**

**II.6 La commercialisation..... 35**

**Chapitre III : La qualité sanitaire de pain d'abeille**

**III.1 Définitions ..... 36**

    III.1.1 La sécurité sanitaire des aliments ..... 36

    III.1.2 Les contaminants ..... 36

**III.2 Les sources de contaminations des produits apicoles ..... 36**

**III.3 Les maladies de la ruche ..... 37**

**III.4 Les contaminants du pain d'abeille ..... 38**

    III.4.1 Microbiologique ..... 38

    III.4.2 Physique ..... 38

III.4.3 Chimique .....	38
<b>III.5 Les Dangers liés aux contaminants .....</b>	<b>40</b>
III.5.1 Dangers biologiques .....	40
III.5.2 Dangers chimiques .....	41
III.5.3 Dangers physiques.....	41
<b>III.6 Les mesures de maîtrise des contaminants.....</b>	<b>42</b>
III.6.1 Définition .....	42
III.6.2 Mesures de maîtrise des contaminants biologiques .....	42
III.6.3 Mesure de maîtrise de la contamination physique .....	42
III.6.4 Mesure de maîtrise des contaminants chimique.....	43
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>44</b>
<b>Références bibliographiques</b>	
<b>Résumé</b>	



# **Introduction générale**

Depuis l'antiquité, l'Homme utilisait les ressources naturelles pour survivre, et évoluer dans son environnement. Il s'est investi de plus en plus dans la recherche des produits sains et naturels notamment les produits de la ruche. Au fur et à mesure de leurs utilisations, ils ont découvert que les produits apicoles ont des vertus médicinales (**Pascoal et al., 2014**). Plusieurs recherches ont été consacrées à l'étude de la composition chimique, les propriétés biologiques et les effets thérapeutiques de ces produits (**Fratini et al., 2016 ; Zhou et al., 2015**). Le pain d'abeille, qui est aussi un produit apicole, demeure cependant moins exploré par les chercheurs (**Bakour et al., 2019**).

Le pain d'abeille est une réserve de pollen fermenté, il est essentiel 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 considéré comme un aliment fonctionnel en raison de sa haute valeur nutritionnelle et une source de composés bioactifs. En effet, ce produit est très riche en protéines, acides aminés essentiels, sucres simples et acides gras essentiels (**Mărgăoan, 2019**). En raison de ses propriétés biologiques, le pain d'abeille est utilisé à des fins thérapeutiques: renforce l'immunité, hypolipémiants, hépatoprotecteurs, anti-inflammatoires, immunomodulateurs, il aide aussi à améliorer l'activité visuelle (**Khalifa et al., 2019; Mărgăoan, 2019**). Pour toutes ces vertus, de nombreux apiculteurs cherchent des méthodes simples et efficaces pour récolter et conserver ce produit apicole spécial «pain d'abeille».

La sécurité sanitaire des denrées alimentaires 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**).

Dans cette recherche bibliographique, nous avons fait passer en revue, la composition biochimiques et les propriétés pharmacologiques du pain d'abeille, ainsi que les principales techniques de production et de conservation. 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.



# **Chapitre I**

## **Le pollen et le pain d'abeilles**

## I.1. Le Pollen

### I.1.1 Définition et origine

Le mot pollen dérive du grec «palé» qui désignait à la fois: la farine et la poussière pollinique. De cette même racine est né également le mot «palynologie» correspondant à l'étude scientifique du pollen (Almeida Lb-Muradian et al., 2005). Le pollen est produit par les fleurs, sous forme de grains très fins, et destiné à leur reproduction (Bacher, 2008).

Les grains de pollen sont enfermés dans les sacs polliniques des étamines. De grosseurs et de formes variables, ils sont transportés sur d'autres fleurs, soit par le vent (pollens légers), soit par les insectes (pollens lourds). Les abeilles assurent la fécondation de 50 à 60% des espèces végétales: arbres fruitiers, melons, etc (Prost, 1987).



Figure 1 : La récolte du pollen par les abeilles (Blanc, 2010)

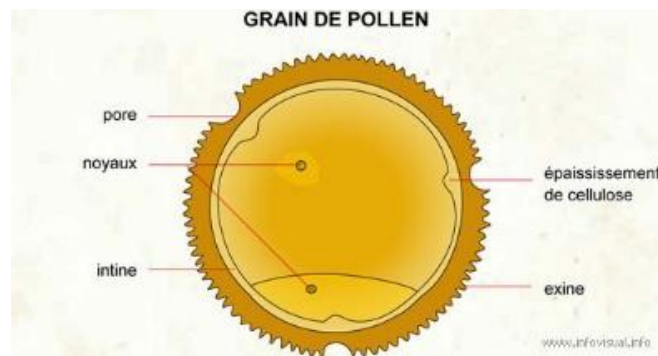
### I.1.2. La structure du grain de pollen

Les grains de pollen sont produits par milliers par les étamines des plantes à fleurs, ce sont des cellules vivantes sexuées de forme plus ou moins ovoïde, de diamètres différents (Phillipe, 1999).

Le grain de pollen mûr est composé d'une cellule qui contient une masse cytoplasmique et deux noyaux à  $n$  chromosomes chacun, un noyau végétatif volumineux généralement central et un noyau reproducteur petit, plus ou moins aplati, et elle est entourée de deux couches protectrices : une interne (intine) et l'autre externe (exine) (fig. 2).

L'intine est une couche en fibres celluloses qui protège le grain de l'écrasement, elle est constituée de la pectine (**Chausat, 2005**).

A l'extérieur se trouve l'exine qui peut présenter différentes formes et ornementation propre à chaque espèce de plante à fleur. Elle est constituée de matières grasses, flavonoïdes, et vitamines, anti-oxyant insolubles. Ce qui permet de protéger le grain de pollen contre le vent, le soleil, les Ultra-violets, la dessiccation et l'oxydation par l'air lors de son transport d'une fleur à une autre (**Guerriat, 2000**).



**Figure 2 :** La structure de grain de pollen (**Jarosz, 2003**).

### **I.1.3. Types et classification du pollen**

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

#### **I.1.3.1. Les pollens entomophiles**

Qui sont surtout produits par des végétaux à fleurs colorées et parfumées, ces types de pollens se propagent peu dans l'atmosphère car sont particulièrement transportés par les insectes et notamment les abeilles (**Darrigol, 1979**).

#### **I.1.3.2. Les pollens anémophiles**

Sont plutôt produits par des végétaux à fleurs inodores, transportés par le vent, et se propagent dans l'atmosphère, donc facilement en contact avec les muqueuses oculaires et nasales et inhalés par les voies respiratoires. Ces pollens sont plus abondants et à l'origine des réactions allergiques (**Darrigol, 1979**).

Mais une classification approximative peut être utilisée. Elle est basée sur :

- **La forme:** La forme générale du grain de pollen est géométriquement observable, sphérique ou ovale (**Donadieu, 1983**).
- **La taille:** Ils sont très petits et mesurent selon le genre et l'espèce entre 15 et 45 microns (millièmes de millimètres) (**Philippe, 1999**).
- **Le nombre:** Les grains de pollen sont produits, le plus souvent, en très grand nombre (**Marouf et Reynaud, 2007**). Le nombre de grains de pollen produit par les étamines de chaque fleur est toujours élevé, il varie selon le genre depuis quelques milliers jusqu'à plusieurs millions (**Philippe, 1991**).
- **La couleur :** le plus souvent jaune ; il existe aussi des pollens dans les nuances de couleurs les plus diverses (par ex. orange, rouge, bleu, violet). (**Campos et al., 2008**).

#### **I.1.4. Récolte du pollen par les abeilles**

Les plantes qui ont besoin des abeilles pour transférer leur pollen doivent pouvoir les attirer et c'est avec le nectar et le pollen des fleurs qu'elles encouragent les abeilles à leur rendre visite (**Bradbear, 2010**).

Le pollen d'abeille se présente sous forme de «pelotes» aux couleurs dorées; noires; vertes... en fonction des étamines des fleurs butinées. (**Thibault, 2017**). Au cours de processus de récolte, le thorax et l'abdomen de la butineuse entrent en contact avec les étamines et sont saupoudrés de pollen et en se déplaçant de fleur en fleur, les abeilles accumulent du pollen sur leur corps. En se brossant avec leurs pattes, les abeilles forment des pelotes avec le pollen.

Elles y incluent un peu de miel et de salive ce qui active la fermentation et en améliore ainsi la conservation. Elles fixent ces pelotes sur leurs pattes postérieures à un endroit que l'on appelle les corbeilles à pollen. C'est ainsi qu'elles le rapportent à la colonie (**Tremblay, 2016**).

Une abeille récolte son pollen à partir d'une seule espèce de plante par contre la colonie d'abeilles prend son pollen d'une grande variété de plantes, ce qui garantit la variété du régime alimentaire de la colonie (**Goût et Jardel, 1998**).

La récolte du pollen par les abeilles se fait principalement à la fin de l'hiver et durant le printemps, les abeilles butineuses sortent de la ruche surtout le matin avant 10-11h. Le vol de récolte dure de 3 à 15 min. Elles mordillent avec leurs mandibules les anthères de la fleur et engluent les grains pour confectionner des pelotes sur les corbeilles des pattes postérieures (**Louveaux, 1985**).

### **I.1.5. Composition chimique du pollen d'abeille**

La composition du pollen est très variable, principalement en fonction des plantes récoltées par les abeilles mais également en fonction de l'origine géographique (**Bogdanov, 2014**). Surtout en ce qui concerne sa teneur en protéines (**Philippe, 1999**).

La composition moyenne des grains de pollen d'abeille est représentée dans le tableau suivant :

**Tableau 1:** Composition moyenne du pollen d'abeille (De-Melo et Almeida-Muradian, 2017).

<b>La composition</b>	<b>Pourcentage %</b>
Protéine	30 %
Glucides	28%
Eau	15%
Acides aminés	10%
Minéraux	5 %
Lipides	10 %
Vitamines	1%
Autres	1%

**I.1.5.1 Eau**

La teneur en eau est différente selon que l'analyse est pratiquée avant ou après séchage en vue de sa bonne conservation (**Donadieu, 1983**). On retrouve 4% d'eau dans le pollen asséché et 10 à 12% dans le pollen frais (**Blanc, 2010**).

**I.1.5.2 Les glucides**

Les sucres les plus fréquents sont le fructose, le glucose et le saccharose issus du nectar qui entre dans la confection des pelotes (**Cousin, 2014**) et qui représentent environ 90% de toutes les sortes de sucres à bas poids moléculaire, bien que les proportions des différents sucres varient d'une plante à l'autre (**Bogdanov, 2006**).

Lorsque les abeilles collectent le pollen, elles le mélangent avec un peu de nectar avant de le mettre dans leur corbeille à pollen. L'ultrastructure du grain influence la collecte de pollen par l'abeille. En effet, de part la morphologie de ces grains, l'abeille doit y ajouter plus ou moins de sécrétions pour les agglomérer en pelotes, Ces éléments influents sur la composition en sucres du pollen des pelotes d'abeille (**Monnier Samiel et al., 1997**).

**I.1.5.3 Lipides**

Le pollen contient également des lipides, entre 1 et 10%. On les retrouve dans le manteau pollinique et le cytoplasme de la cellule végétative (**Human et Nicolson, 2006**). Cette teneur en lipides varie en quantité et selon l'origine géobotanique, Il s'agit des phospholipides, des glycérides, des acides gras libres et de stérols (**Eon, 2011**).

Les acides gras, les plus simples des lipides, sont importants pour la reproduction, le développement et la nutrition des abeilles (**Roulston, 2000**). 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.1.5.4. Protéines

Le pollen est considéré comme un aliment protéinique avec un pourcentage moyen de 20%, dont une grande partie se trouve sous forme d'acides aminés (ou aminoacides). Il contient les AA indispensables à la vie que notre organisme ne peut pas synthétiser (la méthionine, l'histidine, la leucine, la thréonine, la phénylalanine, l'isoleucine, la lysine, le tryptophane et la valine) (**Donadieu, 1983**).

Il faut noter que la composition du pollen en acides aminés est variable aussi, tant quantitativement que qualitativement en fonction de l'origine botanique (**Szczesna, 2006; Roulston et al., 2000**). Cependant, la teneur en acides aminés essentiels (exprimé en % de la totalité des acides aminés) est relativement stable (**Szczesna, 2006**). Le tableau suivant nous donne les intervalles pour chacun des acides aminés (**Hegazi, 2001**).

**Tableau 2** : Teneur en acides aminés en % dans le pollen (**Hegazi, 2001**)

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

### I.1.5.5 Substances minérales et oligo-éléments

La concentration en minéraux est environ 5%, elle varie en fonction de l'origine florale et de la saison (Amigou, 2016).

La composition minérale du pollen récolté par l'abeille dépend non seulement de l'origine botanique (Campos et al., 2008), mais également des conditions climatiques (sol, origine géographique) (Serra-Bonvehi et al., 1997).

**Tableau 3:** Les minéraux présents dans le pollen et leurs apports journalier (Massaux, 2016).

Minéraux	Mg/100g	Apport journalier recommandé (mg/jour)
Potassium	400-2000	2000
Phosphore	80-600	1000
Calcium	20-300	1100
Magnésium	20-300	350
Zinc	3-25	8,5
Manganèse	2-11	3,5
Fer	1,1-17	12,5
Cuivre	0,2-1,6	1,2
Sélénium	0,005-0,05	0,005

### I.1.5.6. Vitamines

Le pollen est riche en vitamines hydrosolubles et pauvre en vitamines liposolubles (Roulston et al., 2000).

Le pollen contient des vitamines en grand nombre, les plus abondantes sont du groupe B (B1, B2, B3, B5, B6, B7, B8, B9, B12), de la provitamine A ou de  $\beta$ -carotène. Par ailleurs, des très faibles quantités de vitamine C, vitamine D et E sont retrouvées (Sauvager, 2012). Voici quelques teneurs de pollen en vitamines représentées dans le tableau 4 :

**Tableau 4 :** Quelques vitamines présentes dans le pollen en mg /100g et les apports journaliers recommandés mg /jour (Massaux, 2016).

Vitamines	Mg/100g	Apport journalier recommandé mg/jour
<b>B-carotène provitamine A</b>	1-20	0,9
<b>B1 (thiamine)</b>	0,6-1,3	1,1
<b>B2 (riboflavine)</b>	0,6-2,6	1,3
<b>B5 (acide pantothénique)</b>	0,5-2	6
<b>B6 (pyroxidine)</b>	0,2-0,7	1,7
<b>C (acide ascorbique)</b>	7-56	100
<b>H (biotine)</b>	0,05-0,07	0,045
<b>Acide folique</b>	0,3-1	0,4

#### I.1.5.7 Substances diverses

- Le pollen d'abeille contient un certain nombre de substances bioactives, comme les composés phénolique, le flavonoïde, anthocyanes, des phospholipides.
- Les flavonoïdes sont connus par leur effet immunomodulateur et anti-inflammatoire (**Qin et Sun, 2005**).
- On y trouve aussi des coenzymes, stérols, des arômes et des huiles volatiles, et de nombreux pigments.
- Un très faible pourcentage de substances encore indéterminées mais qui peuvent avoir une grande importance (**Donadieu, 1983**).

#### I.1.6. Aspect microbiologique

##### I.1.6.1. Microorganismes présents dans le Pollen

On trouve dans le pollen en pelotes des microorganismes très divers. Mise à part la présence de germes sporulés et de moisissures que nous considérons comme

accidentelle tant dans le pollen en pelotes que dans le pollen stocké, la flore microbienne significative est constituée de 3 groupes, selon (**Pain et Maugenet, 1966**) :

- Le premier groupe est formé de bactéries aérobies, Gram négatif, non sporulées voisines du genre *Pseudomonas*.
- Le second groupe de bactéries est représenté par de fins bâtonnets, Gram positif, micro aérophiles, ces bactéries appartiennent au genre *Lactobacillus*.
- Le dernier groupe comprend des levures à caractère osmophile appartenant au genre *Saccharomyces*

Les abeilles se déplacent de fleur en fleur pour récolter le pollen, une fois leurs paniers remplis, elles se rendent à la ruche pour nourrir les colonies. Une fois arrivées à la ruche, les boules de pollen mélangées avec du nectar de fleur ou du miel et de la salive sont transmis aux ouvrières qui les transformeront en pain d'abeille, qui est du pollen conservé par fermentation naturelle (**Barene et al., 2014**).

### **I.1.6.2 Les microorganismes associés au pollen et pain d'abeille**

Le pollen d'une fleur change microbiologiquement et biochimiquement dès qu'une abeille le récupère. Les abeilles humidifient le pollen avec du nectar régurgité ou du miel pour faciliter leur tassement dans les corbicules, ajoutent des sécrétions glandulaires et l'inoculent avec des microorganismes. Les champignons (moisissures et levures) et *Bacillus* spp sont les microorganismes prédominants dans le pollen et le pain d'abeille (**Gilliam, 1997**).

On a également d'autres espèces qui sont incluses 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 mellifère, 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 atypiques 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 appartiennent aux genres: *Penicillium*, Mucorales et *Aspergillus*. Le pollen floral, le pollen corbulaire et le pain d'abeille stockés diffèrent en fonction des moisissures prédominantes (**Gilliam et al., 1989**).

Le pollen floral a aussi un grand nombre d'espèce de levure qui diminuaient dans les pelotes de pollen et le pain d'abeille. Les microorganismes prédominants sont *Cryptococcus albidus*, *Kloeckera apiculata* et *candida guilliermondi var.* et *T. magnoliae* dans les pelotes de pollen, *T. magnoliae* dans le pain d'abeille (**Gilliam, 1979**)

### **I.1.6.3. Le rôle des microorganismes dans le pollen**

Les microorganismes du pollen et du pain d'abeille sont métaboliquement actifs et pourraient produire des composés tels que des enzymes, des vitamines, des substances antimicrobiennes, des acides organiques et des lipides qui contribuent à la conversion du pollen et à la stabilisation du pain d'abeille (**Gilliam, 1979**). Par exemple, les moisissures produisent des enzymes impliquées dans le métabolisme des protéines, des lipides et des glucides (**Gilliam et al., 1989**).

De point de vu nutritif et appétitif, il semble que les levures aient un rôle très important, 80% des levures de pain d'abeille fermentent le glucose et le saccharose, toutefois, les levures sont mal définies tant vis-à-vis de leur contribution aux modifications biochimiques qu'elles apportent dans le pollen que de leur valeur alimentaire (**Gilliam, 1979**).

Les levures sont par ailleurs des sources de vitamines et d'enzymes. *Bacillus* spp du pollen et du pain d'abeille qui produit des substances anti microbiennes, des enzymes protéolytiques et des carbohydrates. Elles peuvent également de sécréter une grande quantité d'enzymes (elles sont reconnus par la capacité de produire des antibiotiques) (**Gilliam, 1997**).

De plus, les *Aspergillus*, *Penicillium* et Mucorales sont utilisés industriellement pour la production d'antibiotiques, d'acides organiques, d'enzymes et

de lipides. Les *Pseudomonas* sont des bactéries très répandues dans le règne végétal et certaines espèces sont connues comme possédant des métabolismes bien particuliers (Gilliam, 1966).

### **I.1.7 Les facteurs influençant la récolte du pollen par les abeilles**

La quantité du pollen récoltée par les abeilles dépend de plusieurs facteurs :

#### **❖ Les facteurs internes**

- L'absence de la reine n'arrête pas la récolte, mais après un certain temps elle devient perturbée ;
- La qualité du pollen récolté est pratiquement proportionnelle à l'étendu du couvain et l'introduction de couvain ouvert ou opercule dans une ruche induit une augmentation de la récolte de pollen par les ouvrières ;
- La santé générale de la ruche.

#### **❖ Les facteurs externes**

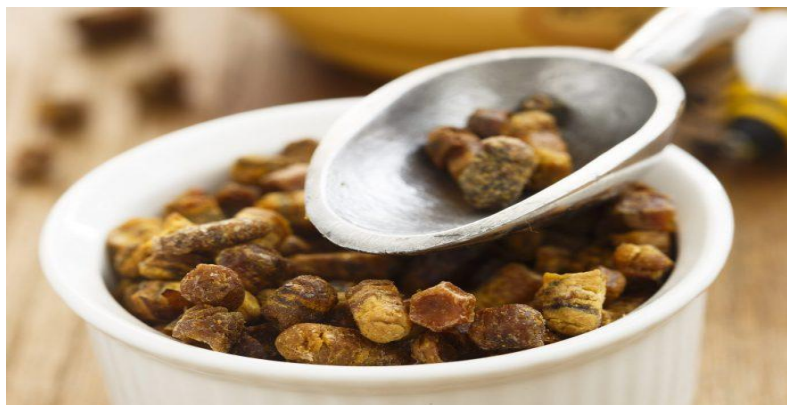
- L'origine botanique des fleurs visitées par les abeilles joue un rôle majeur dans la quantité et la qualité du pollen ;
- Les conditions climatiques de vol des abeilles (Louveaux, 1968)

## I.2 Le pain d'abeille

### I.2.1 Définition

Le pain d'abeille (ambrosie) est un produit unique, très important non seulement pour l'homme, mais aussi pour les abeilles. Il n'est pas toujours facile de s'en procurer, et le prix est beaucoup plus supérieur au prix du miel. Le pain d'abeille comprend principalement du pollen, du miel et des sécrétions des glandes salivaires des abeilles (**Barajas et al., 2012 ; Vásquez & Olofsson, 2009**)

Les abeilles emballent les composants dans les cellules du nid d'abeilles, puis fixent le mélange avec de la cire et du miel (**Barene et al., 2015**). Ce pollen recueilli et conservé est soumis à une fermentation lactique dans l'environnement du nid d'abeilles. Le pollen d'abeille fermenté est appelé le "pain d'abeille" (**Fuenmayor et al., 2014 ; De Grandi–Hoffman, Chen et Simonds, 2013**).



**Figure 3 :** Pain d'abeille (Jean Baptiste Loin, 2017).

### I.2.2 Devenir du pollen dans la ruche : le pain d'abeille

Les abeilles transforment le pollen récolté en pain d'abeilles avant de le stocker, ce dernier est issu d'un processus de fermentation dans les conditions naturelles de la ruche. Pour fabriquer leurs pains, les abeilles transportent le pollen qu'elles récoltent vers les cellules de la ruche où ces pelotes sont triturées tandis qu'elles ajoutent une petite quantité de miel; de la propolis; des enzymes et de cire le mélange est ensuite soumis à un processus biochimique engendré par les enzymes de la salive et du suc gastrique de l'abeille. Sous l'action des microorganismes; de l'humidité et de la température de la ruche (entre 35 et 36°C), ce mélange se transforme en pain d'abeilles au bout de 15 jours, l'altération rapide des pelotes de

pollen récolté par les abeilles et leurs incapacité de les digérer sont les raisons principales de cette transformation (**Pitta et Markaki, 2010**).

Durant cette fermentation, la paroi du pollen est perturbée et de cette manière le pain d'abeille a une meilleure biodisponibilité. Comparativement au pollen d'abeille, le pain d'abeille est mieux toléré par l'organisme humain et a un pH inférieur (3,8-4,3) due à son contenu d'acide lactique qui offre une bonne stabilité lors du stockage à température ambiante (**Berene et al., 2015**).



**Figure 4 :** Pain d'abeille dans les alvéoles (A) et après extraction (B) (**Smati, 2021**).

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

- **La première étape:** N'intervient pas strictement dans la fermentation du pollen. En effet, le développement de *Pseudomonas*, bactérie aérobie, consomme le dioxygène présent et permet ainsi de rendre le milieu anaérobie. La population de *Pseudomonas* régresse ensuite jusqu'à disparition par auto-asphyxie.
- **La deuxième étape:** Se caractérise par le développement de *Lactobacillus*. Cette bactérie fermente les glucides en milieu anaérobie pour les transformer en acide lactique. Cette fermentation fait perdre la capacité germinative du pollen.
- **La troisième étape:** complète le processus de fermentation par le développement d'une levure, *Saccharomyces*. Elle métabolise les glucides restés dans la masse du pollen en transformation. La formation

du pain d'abeille débute donc par la mort d'un germe au profit d'autres. Ces processus assurent une meilleure conservation du produit par le biais de l'acidité obtenue. Ils transforment également le pollen en produit de haute valeur nutritionnelle et de haut degré d'assimilation (Apimondia 2001).

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 5:** Le processus de production de pain d'abeille dans la ruche (Bakour et al., 2022).

### I.2.3 La composition biochimique du pain d'abeille

Plus de 300 composés ont été identifiés dans le pain d'abeille de différents pays du monde. Le pain d'abeille est composé de 70% de pollen, 25% de miel et le 5% restant sont un mélange de cire d'abeille, gelée royale et de la salive des ouvrières. Selon des études scientifiques, la composition chimique du pain d'abeilles

est chimiquement similaire au pollen à partir duquel il a été fabriqué (Vaida et al., 2019).

La composition chimique du pain d'abeille dépend des plantes sur lesquelles les abeilles ouvrières ont collecté le pollen et peut varier considérablement ; même dans le même rucher ou la même ruche, aucun échantillon identique de pain d'abeille ne peut être trouvé (Isidorov et al., 2009). Le pain d'abeille a une valeur nutritionnelle et une composition différente, contient de nouveaux nutriments tels que la vitamine K (Nagari, 2004).

**Tableau 5 :** La composition chimique et nutritionnelle du pain d'abeille (Khlifa et al., 2019).

Paramètre	Composition(%)
Teneur en eau	5,91
Teneur en totale en lipides	7,79
Protéines totales	20
Glucides totaux	Fructose 18,95 Glucose 11,54 Tréhalose 0,92
Les acides gras	AG saturés à chaîne moyenne (C10-C18)
Magnésium	0,061
Sodium	0,014
Zinc	0,003
Manganèse	0,002
Phosphore	0,251
Fibres	10

### I.2.3.1 Les protéines

La teneur en protéines du pain d'abeille est l'une de ses caractéristiques nutritionnelles les plus appréciées; selon les données de la littérature, cette valeur variait de 14,1 à 37,3 g/ 100 g (base sèche). On s'attend à ce que la teneur en

protéines du pain d'abeille soit similaire à celle du pollen d'abeille (environ 23,8 g/100 g) (**Fuenmayor et al., 2014**), puisque le processus biochimique induit par les abeilles vise à dégrader la couche externe du grain de pollen, sans endommager le contenu interne (**Zuluaga et al., 2015**).

Le pain d'abeille est hyper riche en protéines végétales. Il renferme essentiellement des protéines de 5 à 27% suivant l'origine florale. 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**

Le pain d'abeille contient également des acides aminés comme l'acide glutamique, l'acide aspartique, la proline, que l'on trouve en plus grande quantité, l'arginine, la valine, l'histidine, la leucine, l'isoleucine, la lysine, la méthionine, le tryptophane, le phénylalanine, la thréonine, la cystéine, la tyrosine, l'alanine, la glycine et la sérine (**Berene et al., 2015**).

La présence de proline et d'acide glutamique est associée à la qualité du pollen d'abeille ; une concentration d'acide glutamique supérieure à 20 mg/g indique la fraîcheur, tandis qu'une valeur de proline inférieure indique un vieillissement (**Dominguez et al., 2011**).

### **I.2.3.3. Les glucides**

La teneur en glucides du pain d'abeille varie très largement selon l'origine du pollen. Les ouvrières des abeilles ont besoin d'environ 4 mg/jour pour couvrir leur énergie quotidienne (**Berene et al., 2015**). Le fructose est présent en plus grande quantité (11,8%); glucose (5,7%) et le tréhalose (0,92%) Une autre étude réalisée par Dranca et ces collaborateurs révèle que la teneur en fructose est plus élevée par rapport aux autres sucres. Le (tableau 6) décrit leur teneur (**Dranca et al., 2020**).

Le saccharose représentait 0,12% ce qui reflète sa décomposition par hydrolyse en monosaccharides lors de la fermentation lactique du pollen et sa

transformation en pain d'abeille. Les disaccharides restants (tréhalose, turanose et isomaltose) représentent environ 1,82% du poids frais total.

**Tableau 6 :** La teneur en glucides présent dans le pain d'abeille (**Dranca et al., 2020**).

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

#### I.2.3.4 Lipides

**Human et Nicolson (2006)** ont rapporté seulement 18 acides gras dans le pain d'abeille d'une abeille indigène sud-africaine. **Čeksterytė et al., (2008)** ont identifié vingt-deux acides gras dans le pain d'abeille (contenant > 45 % de pollen de colza ou de saule) collecté au printemps et en été, dont cinq acides gras polyinsaturés  $\omega$ -3, quatre  $\omega$ -6 et trois  $\omega$ -9. Les acides octadécénoïque et icosatétraoïque étaient les acides gras insaturés les plus abondants, constituant environ 15% des acides gras totaux.

La littérature actuelle suggère que le pain d'abeille est une bonne source d'acides gras polyinsaturés (AGPI) qui sont cruciaux pour la nutrition humaine.

#### I.2.3.5. Les minéraux

Compte tenu de la composition chimique, outre les composés mentionnés, le pain d'abeille comprend également: des minéraux tels que Ca, Mg, P, Fe, Na, K, Al, Mn, S, Cu (**Andelković et al., 2012**). Dans le pain d'abeille, la teneur en potassium est le minéral le prédominant (0,74%), suivie du calcium et du phosphore (0,65%). La teneur en fer (121,99 mg/kg) et en zinc (44,09 mg/kg) est également élevée dans le pain d'abeille (**Stanciu et al., 2009**).

Dans l'étude réalisée par **Andelković, et al., (2012)** qui a comparé le pollen d'abeille avec le pain d'abeille, les résultats montrent que la teneur en cendres du pain d'abeille est augmenté de 7,54% par rapport au pollen d'abeille. De plus, la teneur en calcium, potassium, phosphore, magnésium et fer a augmenté par rapport

au pollen. Cependant, la teneur en zinc et en manganèse a diminué. Cette diminution peut s'expliquer par l'activité microbienne et les réactions chimiques qui se produisent lors de la transformation du pollen dans le pain d'abeille (**Foote, 1957; Haydak, 1958**).

Cependant, d'autres facteurs tels que la situation géographique les conditions et le sol affectent également la teneur en minéraux de pain d'abeille.

**Tableau 7** : La teneur en minéraux dans le pain d'abeille (**Bakour et al., 2019**)

Minéraux	Mg/100g
Potassium	338
Phosphore	251
Calcium	198
Magnésium	61
Fer	27
Sodium	14
Zinc	3,31
Manganèse	2,6

### I.2.3.6 Les vitamines

Les vitamines sont un groupe de composés organiques ayant divers rôles biochimiques et forte activité antioxydant. Pain d'abeille est également riche en vitamines, parmi lesquelles C, B1, B2, B5, B6, B9, E, H, P, K et inositol (**Khalifa et al., 2020**). De plus, les concentrations de vitamines C et B6 sont réduites dans la conversion du pollen d'abeille en pain d'abeille.

En fait, **Salma Malihah et al., 2020**) ont étudié le pain d'abeille malais et ont révélé la présence de quelques vitamines (**tableau 8**).

**Tableau 8 :** La teneur en vitamine dans le pain d'abeille (**Salma Malihah et al., 2020**)

Vitamine	Teneur : mg /100 g
Vitamine C	11,52
y-tocophérol	10,5
Vitamine A	146,27
Vitamine E	46,27
Thiamine	6,20
Riboflavine	1,50

### 1.2.3.7 La composition poly-phénolique

Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires des plantes qui protègent la plante contre les agents pathogènes, les ultraviolets ou les facteurs de stress. Les polyphénols font partie de la composition chimique du pain d'abeille qui varie selon l'année, l'origine botanique et le lieu de collecte (**Markiewicz et al., 2013**).

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-activités (**Eva et al., 2015**).

### 1.2.3.8. Les acides organiques

Les acides organiques sont responsables des propriétés microbiennes et digestives des produits apicoles, et ils sont également utilisés comme conservateurs alimentaires. L'analyse HPLC-DAD du pain d'abeille roumain a révélé la présence des acides organiques suivants: acide gluconique (79,2 g/kg), acide formique (6,75 g/kg), acide acétique (10,7 g/kg), acide propénoïque (1,3 g/kg) et acide butyrique (0,33 g/kg). Alors que dans le pain d'abeille marocain étudié par (**Bakour et al., 2022**), le seul acide organique trouvé était l'acide oxalique. La teneur en acides organiques du pain d'abeille varie en fonction de l'origine botanique (âge, espèce et tissu végétal conséquent) (**Dranca et al., 2020**).

#### I.2.4. La microbiologie du pain d'abeilles

Le pain d'abeille contient très peu de microbes. Dans une étude de l'évolution des charges microbiennes et de la diversité des pollens d'abeilles stockés en ruche (fermentation en pain d'abeille), **Anderson et al., (2014)** ont signalé une diminution du nombre absolu de bactéries dans le pain d'abeille dans les 96 premières heures de fermentation à des valeurs inférieures à  $2,5 \times 10^3$  UFC/g dans plus de 62% des échantillons analysés, indiquant qu'il ne s'agit pas d'un milieu approprié pour la croissance microbienne.

- **Les moisissures et les levures**

Les moisissures les plus courantes le pain d'abeilles est : *Cladosporium* suivi d'*Aspergillus* et en fin *Penicillium* (**Sinpoetal.,2017**).

Les principaux genres de levures qui ont été trouvés dans le pollen et le pain d'abeilles sont *Candida Spp.*, *CryptococcusSpp.*, *Kloeckera Spp.*, *Metschnikowia Spp* et *Rhodotorula Spp* (**Nahed Smati., 2021**).

- **Les enzymes**

Outre les autres composants, plusieurs enzymes sont présentes dans le pain d'abeille : L'invertase et glucose oxydase sont principalement produites dans les glandes hypo-pharyngées des abeilles, la catalase et la phosphate provient du nectar et du pollen.

Ce produit contient également d'autres différents enzymes ; l'amylase et les transférases, le cellobiose, la salicine, amygdaline, l'aminopeptidase et la  $\beta$ -glucosidase qui hydrolysent les glucides ; la  $\beta$ -glucosaminidase hydrolyse la chitine ; la  $\beta$ -galactocidase hydrolyse le lactose ;  $\alpha$ -glucosidase hydrolyse le saccharose, le maltose, le tréhalose et le mélizitose (**Khelifa et al., 2019**). Ces enzymes rendent le pain d'abeille plus digestif que le pollen par la dégradation des composants tels que les polysaccharides et les protéines.

**I.2.5 Les propriétés thérapeutiques du pain d'abeille**

De nombreux chercheurs suggèrent l'utilisation du pain d'abeille comme stratégie thérapeutique dans la prévention de certaines maladies.

**I.2.5.1. Détoxifiant du corps**

La détoxification est un processus naturel d'élimination des toxines dans le corps. Le pain d'abeilles a une très haute teneur en sélénium qui aide à détoxifier le corps. Il est recommandé pour ceux qui souffrent de maladies de l'appareil digestif telles que la dérégulation de l'intestin, les troubles intestinaux, la constipation chronique d'origines diverses, l'entérocolite, la colite (fermentation ou putréfaction dans le côlon) (Mirela, 2014).

**I.2.5.2 Antianémique**

Chez les anémiques, il fournit tous les acides aminés essentiels, des protéines, vitamines et oligo-éléments nécessaires à la production de l'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.2.5.3. Un effet antioxydant, immunisant et énergisant**

Le pain d'abeille pourrait être utile dans la prévention des maladies où les radicaux libres sont impliqués en raison de ses propriétés antioxydants (Pascoal et al., 2013, Mutsaers et al., 2005 ; Baltrušaitytė et al., 2007). Il est considéré comme un aliment de santé naturel qui constitue une source potentielle d'énergie et de composants fonctionnels pour la consommation humaine (Silva et al., 2006), avec un large éventail de propriétés thérapeutiques.

Il améliore le fonctionnement du système immunitaire. Il ralentit les processus de vieillissement cellulaire et de développement des tumeurs par son contenu en antioxydants, enzymes de haute qualité, acides nucléiques, nutriments précieux qui nourrissent tous les tissus de manière satisfaisante (**Aosan, 2015**).

#### **I.2.5.4. Anti vieillissement**

Le pain d'abeille a un effet calmant agréable, il détend et freine le vieillissement. Il stimule l'appétit et c'est un fortifiant bénéfique pour les personnes âgées et les convalescents. De bons résultats de traitement avec du pain d'abeille ont été obtenus, dans les symptômes de la vieillesse précoce ainsi que dans l'inertie neurasthénique chez les personnes âgées (**Komosinska et al., 2015**).

#### **I.2.5.5 Amélioration des performances athlétiques**

Dans ce sens, il est aussi un produit précieux pour les sportifs, car ils leur procurent beaucoup d'énergie. Pour le soutien de la masse et de la force musculaires, l'augmentation de la vitalité et de la résistance à l'effort. D'ailleurs, il est très recommandé lorsque il est combiné avec la poudre de chardon-marie, pour ceux qui pratiquant un sport qui suppose la consommation d'additifs aux ingrédients profondément nuisibles pour la santé (**Aosan, 2015**).

#### **I.2.5.6. Propriétés antimicrobiennes**

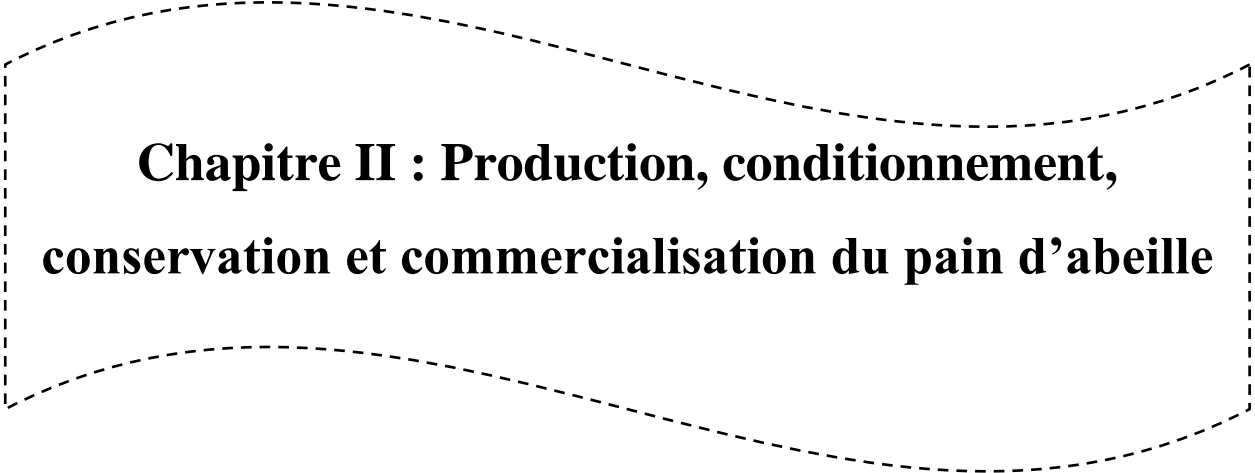
L'extrait de pain d'abeille contient des composés phénoliques, qui peuvent être attribués à ses propriétés antimicrobiennes. Par conséquent, son importance en tant qu'agent antimicrobien doit être reconnue non seulement vis-à-vis des bactéries mais également vis-à-vis des levures et des parasites (**Carneiro et al., 2019**).

#### **I.2.5.7 Renforce l'activité visuelle**

Les nutriments essentiels aux troubles oculaires les plus importants sont les vitamines A, C et E, les antioxydants, certains acides gras essentiels et le zinc en tant que micro-élément. Une consommation adéquate de pain d'abeille peut aider à retarder la progression des troubles oculaires existants et à réduire les risques de développer des affections oculaires plus graves. De plus, le pain d'abeille protège les cellules du tissu oculaire des dommages causés par les radicaux libres et assure le bon fonctionnement de toutes les structures oculaires (**Jarusaitiene et al., 2012**).

**I.2.5.8 L'activité anti tumorale**

**Sobral et al. (2017)** ont étudié l'activité anti tumorale du pain d'abeille contre différentes lignées cellulaires tumorales humaines, MCF-7 (adénocarcinome du sein), NCI-H460 (cancer du poumon non à petites cellules), HeLa (carcinome du col de l'utérus) et HepG2 (carcinome hépatocellulaire), ainsi que contre les cellules hépatiques non tumorales (cellules hépatiques porcines, PLP2). Les échantillons de pain d'abeille ont montré une activité anti tumorale modérée; cependant, aucun des échantillons de pain d'abeille n'a montré de toxicité pour les cellules normales.



**Chapitre II : Production, conditionnement,  
conservation et commercialisation du pain d'abeille**

## **Chapitre II : Production, conditionnement, conservation et commercialisation du pain d'abeille**

---

### **II.1. La production de Pain d'abeille**

La production et l'utilisation du pain d'abeille par l'homme sont très appréciées, en raison des propriétés uniques du produit. Actuellement, sa production est pratiquée dans plusieurs pays à travers le monde, mais les principaux producteurs sont généralement la Chine, la Corée du sud, l'Ukraine et certains pays européens tels que la Bulgarie, la Roumanie et la Grèce.

En 2015, une étude de 3 ans a été lancée sur 28 colonies à la Pologne pour déterminer l'échelle de production de pain d'abeille dans 28 colonies d'abeilles mellifères, l'ensemble du rucher donnait annuellement 20 kg de pain d'abeille (**Semkiw, Skubida, 2021**). Ainsi que le moment de la récolte et le choix des matières premières sont décisifs pour la qualité du pain d'abeille, si on veut garantir aux consommateurs une durée de conservation d'au moins quelques mois, le produit doit être récolté pendant la même saison que celle où le pollen est rapporté à la ruche.

Au cours des années précédentes, le niveau de production du pain d'abeille dans les ruches a été faible en raison de nombreux facteurs, seule petite partie était utilisée par les apiculteurs pour leurs propres besoins. Cependant, dans nos jours avec l'augmentation de la demande pour ce type de produit d'apiculture, les scientifiques et les praticiens s'intéressent au développement des technologies de production de pain d'abeille (**Brovarskyi et al., 2017**).

#### **II.1.1 Les méthodes de production de pain d'abeille**

##### **II.1.1.1 Le collecteur manuel :**

Lorsque le pain d'abeille est destiné à être utilisé à des fins recherches, médicinales, cosmétiques ou alimentaires, il est nécessaire de le collecter à la main, puisque c'est le seul moyen de garantir la plus grande pureté microbiologique ou chimique (**Kielszek et al., 2017**). Dans ce cas, le pain d'abeille est extrait manuellement à l'aide d'un collecteur du pain d'abeille. Cet outil est inventé par **Giulio Loglio et al., 2019** destiné aux apiculteurs intéressés tels que ceux qui participent à des projets de science citoyenne, mais aussi pour ceux qui récoltent le pain d'abeille à usage commercial.

## Chapitre II : Production, conditionnement, conservation et commercialisation du pain d'abeille

---

Les principaux composants du collecteur :

- un tube rigide de plusieurs centimètres de long avec un diamètre compris entre 4,8 et 5,15 mm,
- un poussoir pouvant coulisser dans le tube rigide,
- un petit ressort de 2-3 cm de long inséré dans le piston.

Pour utiliser l'outil, le collecteur de pain d'abeille est saisi comme un stylo et inversé verticalement dans une alvéole contenant le pain d'abeille, exerçant à la fois une légère pression et un mouvement de rotation pour permettre au tube rigide d'atteindre le fond de l'alvéole. La partie externe du tube, glissant au contact des parois internes de l'alvéole, détache le pain d'abeille et l'achemine dans la partie centrale du tube. Pour retirer le pain d'abeille du collecteur, il suffit d'appuyer sur le piston, le produit ensuite va sortir sous forme de petite pastille.



**Figure 6 :** (A) collecteur de pain d'abeille prêt à l'emploi. (B) les composants du collecteur. (C) la méthode d'utilisation du collecteur. (D) une petite pastille de pain d'abeille associée au collecteur (Giulio Loglio et al., 2019).

### Remarque :

- habituellement, chaque cellule d'un rayon d'abeille contient environ de 75 mg du pain d'abeille et en moyenne avec cet outil, il est possible d'en prélever environ 50 mg.
- Il est possible de rendre le collecteur de pain d'abeille plus rapide et efficace, en connectant le tube rigide directement à une pompe à vide qui dépose le pain d'abeille dans des récipients hermétiques (Giulio Loglio et al., 2019)

## Chapitre II : Production, conditionnement, conservation et commercialisation du pain d'abeille

---

### II.1.1.2 Beebread machines

Les cadres de pain d'abeilles sont congelés à une température de -18 à -20°C pendant une période d'au moins 16 heures. Après cette étape les brèches de pain d'abeille sont séparées du cadre puis broyées dans des moulins spécialisés, tels que: beebread machine (Litوانيens Wilara) (**figure6**), extracteur du pain d'abeille (**figure 8**). Ce dernier comprend deux collecteurs en plastique: un petit pour le pain d'abeille et un grand pour la cire. La machine a la capacité de produire 100 kg/heure. Une fois broyé et filtré, les granulés de pain d'abeille sont séchés pendant 2 ou 3 jours dans un séchoir à une température de 40° maximum.

La séparation du mélange (la cire et le pain d'abeille) se fait soit :

- Dans des compartiments à air.
- Un tamisage manuel permet de séparer mécaniquement la poussière de cire des granulés de pain d'abeille (**Brovarskyi et al., 2017**).



**Figure 7:** Beebread machine.



**Figure 8 :** Extracteur du pain d'abeille.

## **Chapitre II : Production, conditionnement, conservation et commercialisation du pain d'abeille**

---

### **II.1.2 La production du pain d'abeille à partir des peignes artificiels**

Des recherches ont été menées entre 2011 et 2016 au niveau de la base des recherches scientifiques « **Rucher de recherche d'Holosiiivo** » à l'Ukraine et à l'Institut de conservation de la biodiversité et de la biosécurité à université Slovaque d'apiculture de Nitra, l'objectif du travail était de développer de nouveaux équipements pour la production du pain d'abeille à l'aide de peignes artificiels. Cette technique permet d'obtenir un pain d'abeille de qualité. Actuellement, elle est brevetée (n° UA71320) et utilisée par les apiculteurs en Ukraine.

Dans ce cas l'opération de production du pain d'abeille se fait par trois étapes :

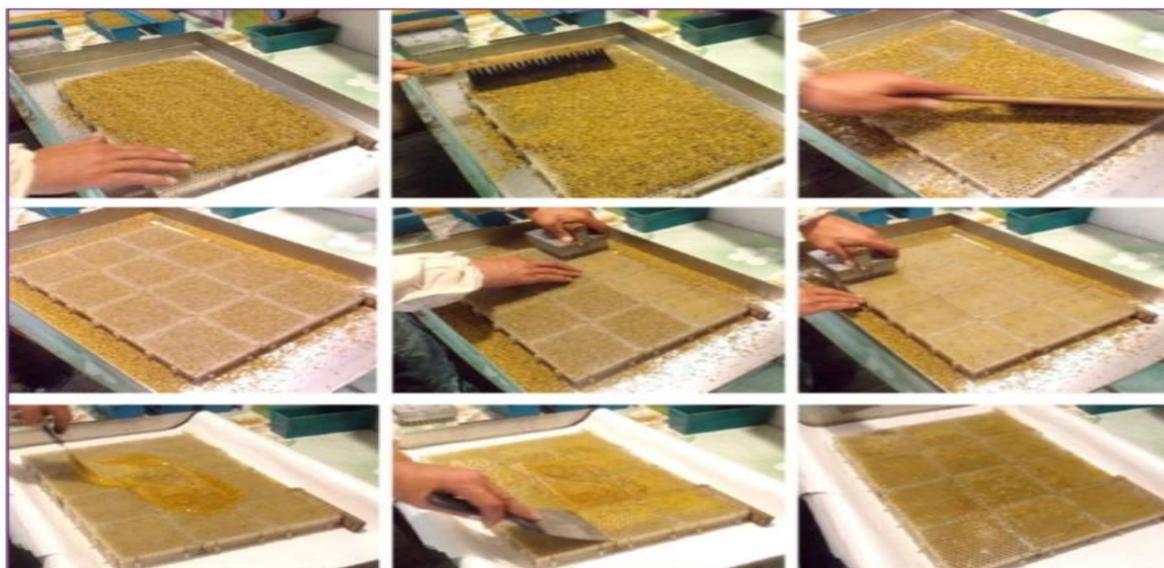
#### **1. Préparer le peigne artificiel**

Les chercheurs ont développé des cartouches en plastiques, qui à l'aide de supports peuvent être facilement connectées les unes aux autres et former un peigne artificiel. Un côté du peigne est assemblé à partir de cartouches individuelles, puis une membrane rétro éclairée en polyéthylène (PET) d'une épaisseur de 0,36 mm est posée dessus et sert de cloison. Ensuite le deuxième côté est placé sur la membrane.

#### **2. Remplir le peigne avec le pollen et une solution du miel**

Cette étape consiste à séparer le peigne artificiel qui est placé horizontalement sur le fond de la plaque puis verser une quantité du pollen sur la surface des cellules et faire égaliser avec une brosse, le pollen d'abeille est ensuite éperonné à l'aide d'une presse. Cette opération se fait deux fois sur les deux côtés du peigne.

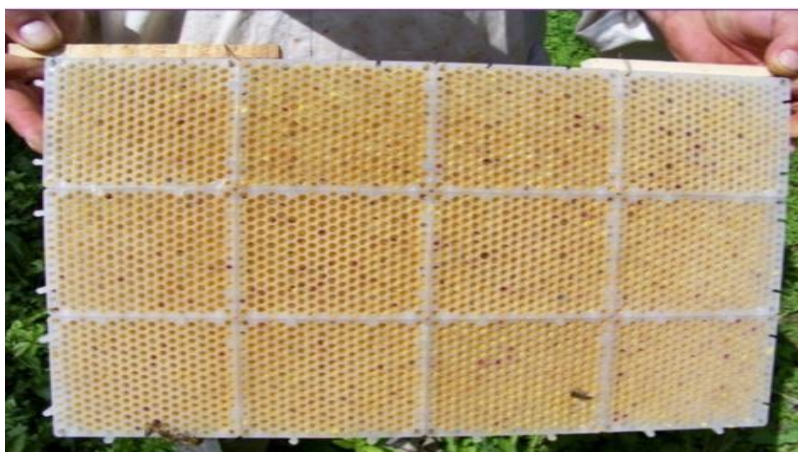
Pour remplir les alvéoles de chaque côté du peigne, il faut verser environ 600g de pollen d'abeille. Ensuite, remplir la surface des deux côtés avec une solution aqueuse du miel. Après cela, le peigne artificiel est placé avant le dernier cadre dans le nid et le laisser pendant 14 jours pour atteindre sa maturation.



**Figure 9** : processus de remplissage du peigne avec le pollen frais et le miel (**Brovarskyi et al., 2017**).

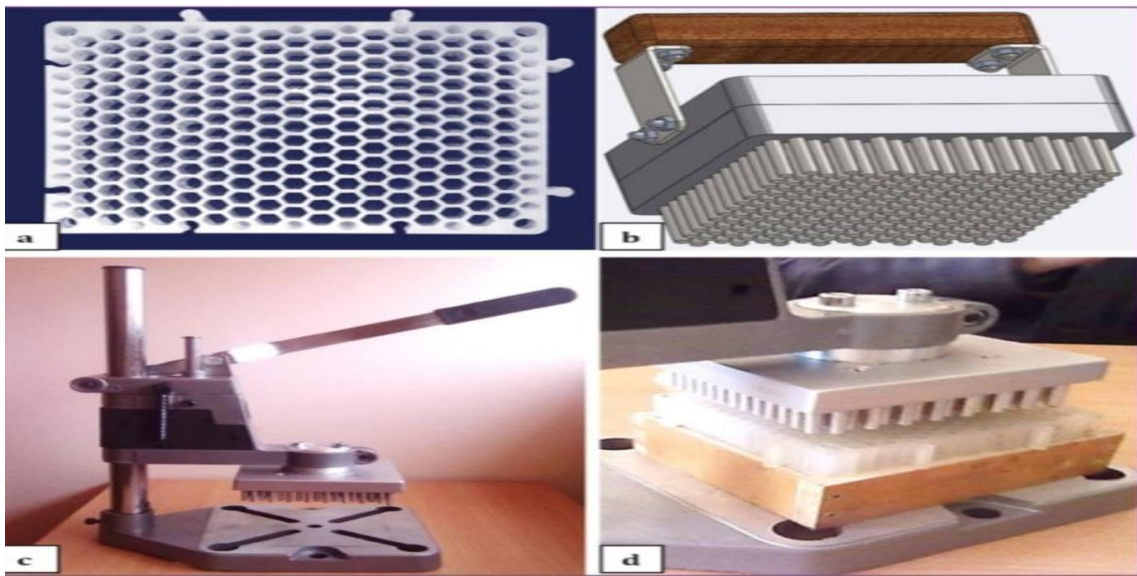
### 3. Récupération du pain d'abeille

Après la maturation du pain d'abeille, on retire d'abord le peigne artificiel, ensuite, on sépare les cartouches, et on élimine le pain d'abeille à l'aide d'un dispositif mécanique (**Brovarskyi et al., 2017**).



**Figure 10** : Peigne artificiel avec pain d'abeille après la maturation.

## Chapitre II : Production, conditionnement, conservation et commercialisation du pain d'abeille



**Figure 11 :** (a) cartouche ; (b) dispositif manuel pour la compression du pollen d'abeille et l'élimination du pain d'abeille ; (c) dispositif mécanisé pour la compression du pollen d'abeille et l'élimination du pain d'abeille ; (d) cartouche dans un appareil mécanisé (Brovarskyi et *al.*, 2017).

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

Après l'extraction, le pain d'abeille peut être stocké dans des pots hermétiques ou dans des sachets en polyéthylène, contenir une étiquette. L'étiquetage est une étape primordiale qui identifie le produit final, ce qui permet son acheminement dans les bonnes conditions de producteur jusqu'au consommateur. Donc le producteur doit mentionner sur l'emballage toutes ces informations (Thibault, 2017) :

- Composition des principaux nutriments
- Carbohydrates totaux + sucres simples, lipides totaux + AGS, protéines.
- Origine géographique
- Date limite de consommation DLUO (Date limite d'Utilisation Optimale)
- Nom du producteur
- Numéro de lot.
- Le poids net
- L'adresse du producteur
- Examen macroscopique de la couleur, de l'apparence, de l'odeur, du goût et des défauts.

## Chapitre II : Production, conditionnement, conservation et commercialisation du pain d'abeille

---

- D'autres informations peuvent être ajoutées selon la volonté du producteur tel que : les bienfaits et les méthodes de consommation.

### II.3 Les techniques de conservation du pain d'abeille

Selon la littérature, le pain d'abeille peut se conserver pendant plusieurs mois s'il a subi 15 jours de fermentation dans la ruche sous certaines conditions d'humidité et de température (36°C). Après ce processus, les niveaux élevés d'acide lactique et d'autres métabolites préservant le pain d'abeille et préviennent sa détérioration (**Vasquez et Olofsson, 2009**).

Pour augmenter la durée du stockage et ainsi préserver la qualité micro biologique, physicochimique et bioactive, des méthodes et des conditions de conservation appropriées ont été optimisées.

- **La température ambiante :** Le pain d'abeille peut être stocké dans des endroits frais, sombres et secs. Selon (**Smati, 2022**) la température ambiante montre une bonne stabilité microbienne, les propriétés physicochimiques et nutritionnelles sont conservées. Les apiculteurs choisissent cette méthode parce qu'elle n'est pas coûteuse par rapport aux autres techniques.
- **La congélation :** L'une des techniques de conservation les plus connues, elle sert à mettre le pain d'abeille dans le congélateur à des températures -20°C. le taux d'humidité du pain d'abeille congelé est d'environ 25%.
- **La réfrigération :** S'après **Combay** le taux de contamination dans le pain d'abeille réfrigéré est élevé, quant aux propriétés physicochimiques, le pain d'abeille garde la même couleur que le pain d'abeille frais (**Combay, 2017**).
- **Séchage au four à 30°C pendant 24 heures :** Cette technique est la plus utilisée pour ces avantages : le temps du traitement raisonnable, meilleures conditions sanitaires (**Bogdanov, 2015**), par conséquent, elle transforme la couleur du pain d'abeille en brun.

## **Chapitre II : Production, conditionnement, conservation et commercialisation du pain d'abeille**

---

- **La lyophilisation** : C'est une méthode de séchage basée sur la déshydratation par sublimation de produit surgelé (Oylnye et Yoon, 2020), Cette technique peut préserver les propriétés biologiques et chimiques du pain d'abeille.

### **II.4. Pain d'abeille : qualité commerciale et réglementaire**

Selon l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), la qualité est **"L'ensemble des propriétés et caractéristiques d'un service ou d'un produit qui lui confèrent l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés ou implicites"**. Elle est alors en rapport avec la nature, la composition et les propriétés des produits mais exprime aussi la recherche de l'excellence.

Dans le secteur de l'agriculture, la qualité concerne la sécurité alimentaire, l'application des règlements d'hygiène, le respect de normes de l'environnement et la satisfaction des clients sur les produits qu'ils consomment.

La qualité des produits apicoles dépend principalement de la production dans la ruche et l'apiculteur joue à ce titre un rôle clé ; la taille de la colonie et la période choisie pour les récoltes sont des facteurs déterminants.

D'une manière générale, les produits ne doivent pas contenir de résidus de produits chimiques organiques ou non organiques, comme les résidus d'antibiotiques, d'acaricides ou d'insecticides et ils doivent être dépourvus de particules étrangères. C'est pourquoi il faut donner la préférence à des méthodes apicoles organiques ou biologiques. Outre l'absence de résidus et de particules étrangères, les produits organiques certifiés ont l'avantage d'être mieux payés dans le créneau commercial des produits organiques ou biologiques. Le marché mondial connaît une demande croissante constante en produits écologiques et offre des prix plus élevés pour les produits apicoles organiques (Fondation Agromisa et CTA, Wageningen, 2005).

#### **II.4.1 Les critères de contrôle de la qualité du pain d'abeille**

##### **II.4.1.1 Des critères sensoriels**

- **La couleur** : Les couleurs prédominantes vont du brun à l'ocre, éventuellement aux nuances rousses. Sur les grains de pain d'abeilles, on peut

## Chapitre II : Production, conditionnement, conservation et commercialisation du pain d'abeille

---

trouver de petites surfaces blanches ou jaunâtres : ce sont des restes de cire d'abeilles qui ont été décrochées des alvéoles au moment de l'extraction.

- **Le goût :** Est agréable, sucré, aigre ou plus rarement amer.
- **L'odeur :** Est spécifique, moins forte que celle du pollen, proche de l'odeur de l'air de la ruche.
- **la forme :** Petites pastilles en raison de sa fabrication dans les cellules du nid d'abeille.
- **la texture :** Croustillante et un peu granuleux (**Audrey, 2023**).

### II.4.1.2 Des critères microbiologiques ou hygiéniques

La qualité microbiologique et hygiénique est le facteur primordial de la qualité du Pollen et du pain d'abeille. Le pain destiné à la consommation humaine doit respecter les normes fixées par la réglementation pour l'absence totale de certains germes pathogènes (**Bogdanov, 2004**).

### II.4.1.3 Des critères nutritionnels

Le pain d'abeille est un complément alimentaire connu par sa composition nutritionnelle riche. Grâce à la fermentation lactique et avec la présence d'enzymes, le pain d'abeille a des valeurs nutritives plus intéressantes que le pollen et encore plus digestes. La posologie recommandée est à 2/3 grammes par jour pour les adultes, et 0,5 gramme pour les enfants (**Bogdanov, 2004**).

## II.5 Les normes de qualité 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 %

## **Chapitre II : Production, conditionnement, conservation et commercialisation du pain d'abeille**

---

- 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**).

### **II.6 La commercialisation**

Selon le groupe d'experts canadiens en commercialisation, la commercialisation englobe l'ensemble des activités mises en œuvre par des entreprises pour transformer le savoir et la technologie en produits, procédés ou services nouveaux, en réponse aux besoins du marché (**Statistique Canada ; 2007**).

Les facteurs clés de la commercialisation des produits apicoles sont la qualité, la continuité et la pérennité. La qualité est la toute première exigence. Quand la qualité du produit est bonne, il est probable que le consommateur reviendra s'approvisionner chez le même producteur, même si les prix sont plus intéressants ailleurs. Les meilleures conditions pour optimiser la production sont : la récolte, le transport, le stockage, la transformation et le conditionnement (**Fondation Agromisa et CTA, Wageningen, 2005**).



## **Chapitre III**

### **La qualité sanitaire de pain d'abeille**

## Chapitre III : La qualité sanitaire de pain d'abeille

---

### III.1 Définitions

#### III.1.1 La sécurité sanitaire des aliments

La sécurité sanitaire des aliments existe lorsque tous les êtres humains ont, à tout moment, la possibilité physique, social et économique de se procurer une nourriture suffisante, saine et nutritive leur permettant de satisfaire leurs besoins et préférences alimentaires pour mener une vie saine et active (FAO, 2021).

#### III.1.2 Les contaminants

Un contaminant se définit comme tout agent biologique ou chimique, toute matière étrangère, ou toute autre substance n'étant pas ajoutée intentionnellement au produit alimentaire et pouvant compromettre sa sécurité ou sa salubrité. (Bogdanov *et al.*, 2004).

A partir de l'environnement, les abeilles peuvent ramener dans la ruche, par le biais du pollen, du nectar, de l'eau, du miellat et/ou de la propolis qu'elles collectent, des résidus de pesticides, des métaux lourds, des dioxines, des polychlorobiphényles (PCB), des retardateurs de flamme bromés, les résidus de médicaments (Anses, 2015 ; Bogdanov, 2006).

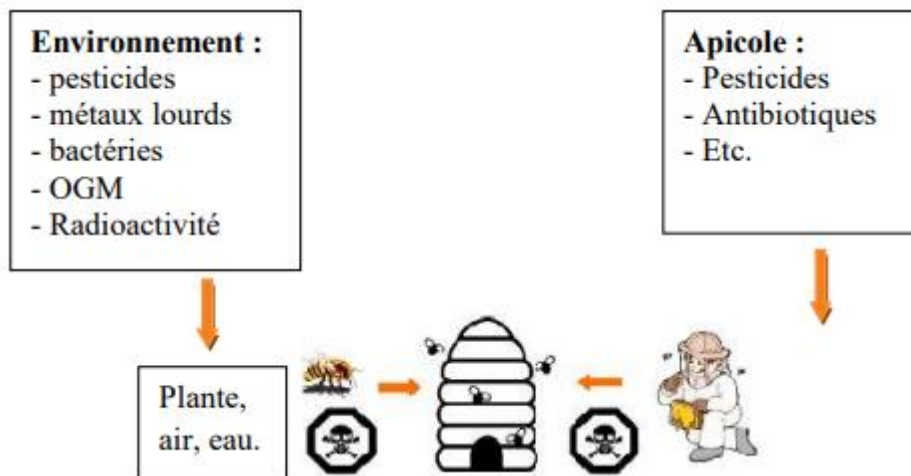
### III.2 Les sources de contaminations des produits apicoles

- **Le climat:** Des modifications climatiques peuvent altérer les colonies d'abeilles. Les basses températures, les périodes de pluies ou de vents violents entraînent des confinements et ont des influences directes néfastes sur le couvain. Ces facteurs peuvent favoriser également certaines maladies.
- **L'alimentation:** Un apport alimentaire de haute qualité doit notamment assurer le développement du couvain. L'extension des monocultures et l'affaiblissement de la biodiversité peuvent avoir par conséquent une carence des abeilles en acides aminés ce qui est préjudiciable à leur santé, au développement du couvain et à la santé de la colonie.
- **L'homme et les pratiques apicoles:** La gestion zootechnique des ruchers (nourrissement, transhumances, préparation et gestion de l'hivernage) et également la

## Chapitre III : La qualité sanitaire de pain d'abeille

gestion du matériel apicole sont des éléments clés de l'équilibre sanitaire. Certaines maladies infectieuses ou parasitaires constituent une véritable pathologie d'élevage

Les abeilles sont d'indispensables insectes pollinisateurs et de ce fait, sont sensibles aux pesticides utilisés sur les cultures ou dans les ruches. La toxicité des pesticides est un sujet réel mais malheureusement très controversé (**Vidal, 2011**).



**Figure 12 :** Différentes sources de contamination de la colonie d'abeilles (**Bogdanov, 2006**)

### III.3 Les maladies de la ruche

Comme tout être vivant, l'abeille peut être victime de nombreuses maladies ; des parasites; des virus; des bactéries ou des champignons prennent pour cible le couvain; les adultes voir la ruche entière. Les maladies les plus fréquemment rencontrés dans les ruches sont : le varroa, la noséose, la loque américaine, la loque européenne.

Gérer les colonies malades, lorsqu'une colonie malade est détectée, la prise des mesures de destruction ou de transvasement est nécessaire pour limiter la contamination des colonies voisines et pour cela l'apiculteur doit (**Roger, 2012**) :

- Éviter les échanges entre les colonies malades et les colonies saines ;
- Transvaser les colonies sur cires neuves ;
- Détruire les colonies faibles ou malades.

## Chapitre III : La qualité sanitaire de pain d'abeille

---

### III.4 Les contaminants du pain d'abeille

#### III.4.1 Microbiologique

La présence des microorganismes dans le pain d'abeille peut influencer sur la qualité et la sécurité de ce complément alimentaire. Les microorganismes présents dans le pollen sont des bactéries, des moisissures et des levures ; ils proviennent des abeilles, du nectar ou des sources externes : les humains, l'équipement, les contenants, les vents et la poussière sont des sources de contamination microbienne. L'intestin des abeilles mellifères contient 1% de levures, 27% de bactéries Gram positif (*Bacillus*, *Bacteridium*, *Streptococcus* et *Clostridium* sp) et 70% de bactéries Gram négatif (*Achoromobacter*, *Erwinia*, *Escherichia coli*, *Flavobacterium*, *Klebsiella*, *Proteus* et *Pseudomonas*). (waili, 2012).

Les champignons colonisent avec succès l'environnement terrestre et utilisent efficacement les substrats solides. En se développant sur leurs matrices, beaucoup de champignons produisent des mycotoxines pouvant causer une intoxication aigüe ou chronique chez l'homme et les animaux après l'ingestion de denrées alimentaires et des aliments pour animaux contaminés (Marasas et Nelson, 1987; Moss, 1996). Plusieurs mycéliums peuvent se développer (*Aspergillus*, *Pénicillium*, *Cladosporium*) Ces espèces peuvent produire des toxines (Gonzalez et al., 2005)

#### III.4.2 Physique

Les dangers physiques retenus sont les suivants : les cailloux ou poussières, métaux, objets coupants, fragments de verre, fragments de bois, fragments d'abeilles et de petits animaux, déjection de rongeurs, etc (Anses, 2012).

#### III.4.3 Chimique

Les contaminants de l'environnement et ceux issus des pratiques apicoles constituent les dangers susceptibles de se retrouver dans les produits de la ruche. Ainsi, il convient de citer les contaminants issus des pratiques apicoles (traitements anti-varroas, antibiotiques contre les loques) qui constituent la source principale de la contamination des produits de la ruche.

Elle est due à molécules lipophiles qui sont utilisées en apiculture : Acaricides, les antibiotiques et produits entretiens des ruches: para-dichlorobenzène, naphtaline

## Chapitre III : La qualité sanitaire de pain d'abeille

---

(Bogdanov et al., 2006). Les pesticides: organophosphorés, pyréthinoïdes, organochlorés et les métaux lourds (Plomb, cadmium, nickel, chrome, manganèse, zinc).

### a) La présence des pesticides dans le pain d'abeille

Appelé également produits phytosanitaire, c'est un terme générique qui rassemble les insecticides; les fongicides; les herbicides et les parasitocides conçus pour avoir une action biocide. C'est une substance utilisée par les agriculteurs pour lutter contre des organismes considérés comme nuisibles pour les cultures agricoles tels que les insectes ravageurs; les adventices et les vers parasites afin de limiter les risques de perte de récoltes et donc d'améliorer le rendement. Les résidus des pesticides qui pénètrent les grains de pollen des fleurs, sont transportés dans les pelotes de pollen au cours de leurs récoltes par l'abeille, ce qui provoque une grande variété d'effets sur la physiologie des abeilles. Le temps d'exposition des abeilles aux pesticides et également le stade de développement des individus exposés (abeille adulte ou couvain) sont les deux facteurs qui déterminent le degré de danger (Chauzat et al., 2006). La consommation d'un aliment contaminé par des pesticides peut provoquer certaines pathologies chez le consommateur comme la maladie de Parkinson, le cancer de la prostate, certains cancers hématopoïétiques (lymphome non hodgkinien, myélome multiple), et également la chute de production d'anticorps (Samuel et al., 2019).

L'apiculteur doit s'assurer que les champs autour de ces ruchers sont traités par des pesticides les moins toxiques en respectant les doses prescrites par les fabricants. Le fait d'augmenter la dose n'augmente pas nécessairement l'efficacité de traitement mais accroît généralement les risques d'exposition (Samuel et al., 2019).

En juin 2018, des LMR (Limite Maximale des Résidus) pour le miel; le pollen et la gelée royale ont été recensées pour 400 substances actives de pesticides. Pour la grande majorité d'entre elles, la limite fixée est celle de la limite de détection des méthodes d'analyse. Aujourd'hui, des LMR n'ont pas été fixées pour toutes les substances actives dans le miel, le pollen et la gelée royale (ITSAP, 2014).

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

---

La seule solution pour éviter ou bien diminuer les dangers des pesticides est de bien respecter les doses fixée par la réglementation et également leurs modes d'application (**Samuel et Laurent, 2001**).

### **b) Les métaux lourds**

Les métaux lourds sont naturellement présents dans les sols, dans l'eau et dans l'air, mais ils peuvent également se présenter sous la forme de résidus dans les denrées alimentaires en raison des activités humaines telles que l'agriculture, l'industrie ou les gaz d'échappement. Le plomb (Pb) et le cadmium (Cd) sont considérés comme les principes toxiques des métaux lourds et sont donc les plus fréquemment étudiés. Le plomb contenu dans l'air provient principalement de la circulation automobile. En générale, le plomb n'est pas transporté par les plantes. D'autre part, le cadmium (Cd), provenant de l'industrie des métaux et des incinérateurs, est transporté du sol aux plantes (**Bogdanov, 2006**). Nous sommes exposés à ces métaux lourds entre autres en consommant des aliments contaminés ou de l'eau contaminée, et cette accumulation de métaux lourds peut avoir des effets nocifs au fil du temps (**Boisset, 2017**).

C'est pour cette raison et dans le but de garantir la meilleure qualité possible à ce produit, qu'il faut cultiver les plantes destinées à la récolte du pollen à 3 kilomètres minimum de toute source de contamination (**Thibault, 2017**).

### **III.5. Les Dangers liés aux contaminants**

#### **III.5.1. Dangers biologiques**

Les mycotoxines représentent un réel danger pour la santé humaine et animale, de par leur responsabilité dans l'apparition de phénomènes de toxicité aiguë et chronique. Leurs effets sont insidieux et difficilement quantifiables : cancérogenèse (Aflatoxines), hépatotoxicité, néphrotoxicité (Ochratoxines), immunotoxicité (Patuline), hématotoxicité (Trichothécènes), neurotoxicité (Fumonisines), tératogenèse, génotoxicité... Cependant, la présence de toxines et de champignons dans les aliments est aléatoire et rend délicate l'évaluation du risque mycotoxique, posant ainsi un problème de sécurité alimentaire (**Alban Gauthier, 2016**).

Les bactéries pathogènes tel que E.coli, provoquant ; la fièvre, maux de tête, nausées, vomissements, douleurs abdominales et diarrhée (**OMS 2020**).

### III.5.2 Dangers chimiques

La contamination chimique peut entraîner un empoisonnement grave ou des maladies à long terme comme le cancer (**Bogdanov, 2006**).

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**).

plusieurs conséquences peuvent survenir suite à une exposition aux pesticides ; on recense à la fois des intoxications aiguës consécutives à l'utilisation de ces produits (maux de tête, vertiges, troubles hépato-digestifs, problèmes cutanés) et des intoxications chroniques suite à l'exposition répétée à des faibles doses, aboutissant à des pathologies plus graves, telles que cancers du sang, du cerveau, de la prostate, de la peau, de l'estomac, maladie de Parkinson, troubles neurocomportementaux, et atteintes de la reproduction (**Bogdanov, 2006**).

Dans les produits liés a la ruche comme le miel, pollen et pain d'abeille.., les résidus d'antibiotiques constituent un risque potentiel pour la santé du consommateur; risque d'allergie, cancer, modification floral intestinal (**Mensah. S.E.P et al., 2014**).

### III.5.3 Dangers physiques

Selon le Codex Alimentarius, seules les particules dures et acérées sont considérées comme un risque pour la santé publique. Elles peuvent entraîner des blessures à la bouche, à la langue, à la gorge et au système intestinal. De plus, elles peuvent aussi endommager les dents. Métal, bois, verre et plastique dur constituent donc des matériaux à risque. Mais aussi la dimension des particules joue un rôle important. Pour les grandes particules, on part de l'hypothèse qu'elles sont suffisamment visibles et seront remarquées avant la consommation Ainsi, à titre indicatif, la Food and Drug Administration (FDA) qualifie les objets acérés ou durs de plus de 7 mm et de moins de 25 mm comme un danger pour le consommateur (**ANSES, 2014**).

## Chapitre III : La qualité sanitaire de pain d'abeille

---

### III.6 Les mesures de maîtrise des contaminants

#### III.6.1 Définition

##### Le guide des bonnes pratiques apicoles

Un GBP (Guide des Bonnes Pratiques) est un document écrit présentant des recommandations sur les meilleures pratiques à utiliser dans un contexte donné. Les recommandations sont élaborées en suivant une méthodologie systématique, et elles sont basées tant sur les connaissances issues de la recherche que sur la pratique. Dans le domaine apicole, le GBPA (Guide des Bonnes Pratiques Apicole) a pour objectif de proposer à chaque apiculteur des bonnes pratiques de gestion de son cheptel visant à préserver la santé de ses colonies et sa propre santé tout en contribuant à assurer la sécurité sanitaire et la traçabilité des produits qu'il génère. Le GBPA est un outil d'application volontaire, qui présente quelques pratiques à application obligatoire pour une meilleure production.

#### III.6.2 Mesures de maîtrise des contaminants biologiques

Dans les régions où sont présentes des eupatoires (*Eupatoriumcannabinum*), la récolte devrait se faire avant mi-juillet à cause des alcaloïdes pyrrolizidiniques et éviter les régions avec des grandes surfaces de vipérines (*Echiumvulgare*) (Gallmann, 2018).

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. Dans le cas des maladies bactériennes, tous les cadres doivent être détruits par le feu (Bruneau et Robert, 2009).

Il est nécessaire de mettre en place des moyens de lutte et de prévention contre les mycotoxines, comprenant des stratégies agronomiques (bonnes pratiques culturales, traitements fongicides réfléchis, choix des variétés cultivées...), ainsi que l'amélioration des conditions de récolte, de stockage (Alban Gauthier, 2016).

#### III.6.3 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

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

---

chasser les poussières et les dépouilles de nymphes par un courant d'air soufflant (sèche cheveu ou aspirant) (**Anonyme 3, 2019**).

### **III.6.4. Mesure de maîtrise des contaminants chimique**

- Pour récolter un produit indemne de traces des pesticides, il faut choisir un emplacement éloigné de toute activité humaine.
- Alternner les traitements et respecter la dose et la durée recommandée, pour éviter que le varroa développe une résistance (**Anonyme 3, 2019**).
- Interdire l'utilisation de traitements chimique et privilégier l'utilisation des produits biologiques (huile essentielle, acide oxalique, acide formique)
- Eliminer l'utilisation des substances toxiques ou des peintures toxiques pour les ruches. Par exemple des désinfectants, des traitements chimiques pour le bois (**Mariano, 2016**).



**Conclusion générale**

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 un produit de la ruche qui suscite un intérêt commercial croissant. Sur le plan biochimique, en plus d'être une source importante de protéines, le pain d'abeille contient également des glucides, des lipides, des minéraux, des vitamines, de l'eau et d'autres substances.

Sur le plan nutritionnel et pharmacologique, le pain d'abeille est classé comme complément alimentaire, pour sa valeur diététique. Il est surtout indiqué pour son action anti-inflammatoire sur l'appareil digestif, et sur le métabolisme en générale par son action dynamisant, rééquilibrant, et détoxifiant.

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.

La riche composition du pain d'abeille avec différents nutriments peut entraîner la croissance microbienne et la détérioration de sa qualité sanitaire. En particulier lorsque les pratiques de manipulation ne sont pas appropriées. 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, et la mise en place d'un plan de maîtrise de la qualité, tel que l'élaboration du guide des bonnes pratiques apicoles et aussi HACCP sont indispensables.



## **Références bibliographiques**

### {A}

- Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) <http://www.anses.fr/>
- Alban Gauthier. Les mycotoxines dans l'alimentation et leur incidence sur la santé. Sciences pharmaceutiques. 2016. ffdumas-01315198f.
- ALMEIDA LB-MURADIAN ; PAMPELUNE LC ; COIMBRA. S (2005).Composition chimique et l'évaluation botanique de boulettes séchées pollen d'abeille. Journal of Food Composition and Analysis. Pp 105-111.
- Alioua. (2022).intoxication par les métaux lourds. (<https://slideplayer.fr/slide/11840249/>)
- Amigou M., (2016). Les résidus de médicaments vétérinaires et de pesticides dans les produits apicoles alimentaires (miel, pollen, gelée royale et propolis). Thèse de Doctorat Vétérinaire, Ecole nationale vétérinaire d'Alfort, pp. 139, 27-41.
- Anđelković B, Jevtić G, Mladenović M, Marković J, Petrović M, Nedić N, (2012). Qualité du pollen et du pain d'abeille récolté au printemps. Journal d'ingénierie et de conception hygiéniques1 : 275-277
- ANSES, (2015). Rapport d'expertise collective « Co-expositions des abeilles aux facteurs de stress» [enligne] disponible sur :  
<https://www.anses.fr/fr/system/files/SANT2012sa0176Ra.pdf>,
- 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>.
- Aosan Cristina., (2015). Les différents aspects du pain d'abeille : origine, historique, composition, propriétés et récolte. Abeille et cire. n° 166\_apithe.pdf.
- Apimondia - standing commission of apitherapy, 2001. Traité d'Apithérapie, La médecine par les abeilles [cédérom] v.1.01 PC-Mac Produit par Api-Ar International SA R Brussels. 2001 ISBN : 2- 9600270-0-0
- Audrey Morard (2023). Le pain d'abeille, le super-aliment qui va booster votre système immunitaire. FOOD, TENDANCES.

### {B}

- Bacher R., 2008. LES ABEILLE ? LE MMIEL ET L'APICULTEUR. Edition terre vivante Domaine de Raud, 38710 Mens, p141.
- 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.
- Bakour, M., Laaroussi, H., Ousaaïd, D., El Ghuizi, A., Es-Safi, I., Mechchate, H., & Lyoussi, B. (2022). Bee Bread as Promising Source of Bioactive Molecules and Functional Properties: An Up-to-Date Review. Antibiotics, 11(2), 203
- Barajas, J., Cortes-Rodriguez, M., & Rodríguez-Sandoval, E. (2012). Effet de la température sur le processus de séchage du pollen d'abeille de deux zones de Colombie. Journal of Food Process Engineering, 35(1), 134–148.
- Barene, I., Daberte, I., & Siksna, S. (2015). Enquête sur le pain d'abeille et développement de ses formes galéniques. Medicinos Teorija Ir Praktika, 21(1), 16–22. <http://dx.doi.org/10.15591/mtp.2015.003>.
- Barene, I., Daberte, I., Siksna, S. (2014). Enquête sur le pain d'abeille et développement de ses formes posologiques. Théorie et pratique médicales 21(1), 16-22. DOI : 10.15591/mtp.2015.003
- Biri M., (2002). Le grand livre des abeilles (cours d'apiculture moderne). Ed. De Vecchi. S.A. Paris. Pp: 76-77.
- BLANC M (2010). Propriétés et usage médical des produits de la ruche. Thèse de doctorat pharmacie de limoges. Faculté de médecine et de pharmacie, pp .24-2
- Bogdanov S, (2015). Pollen: production, nutrition and Health: A Review. Bee product science, vol. 10, p. 1-35.
- Bogdanov S., (2004). Quality standards of bee pollen and beeswax. Apiacta 39 : 334-341.
- Bogdanov S., (2014). Pollen: production nutrition and health: à review. Bee product science <https://www.bee-hexagon.net/Health/PollenBook2Review.pdf>

- Bogdanov S., Cherbuliez T. et Stangaciu S., (2006). Produits apicoles et santé .AIP forum, (41f) p:3-51.
- Bogdanov Stefan., Anton Imdort., Jean-Daniel Charrièrz., 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. (2015). The Bee Pollen Book. Muehlethurnen, Switzerland: Bee Product Science. <http://www.bee-hexagon.net/>
- Bradbear N., (2010). Le rôle des abeilles dans le développement rural, manuel sur la récolte, la transformation et la commercialisation des produits et service dérivés des abeilles. Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. 238p.
- Brovarskyi Valerii, VelychkoSerhii, Brindza Jan, Adamchuk Leonora.(2017). Development and Testing of the Technology of Production of the Beebread with the use of Artificial Combs. Agrobiodiversity for improving nutrition, health and life quality.2585-8246.31-42.
- 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>)

### {C}

- CAMPOS. R; BOGDANOV. S; ALMEIDA-MURADIAN L.B; SZCZESNAT; MENCEBO. Y; FRIGERIO. C.; FERREIRA. F (2008). Pollen composition and standardisation of analytical methods. Journal of Apiculture Research 47.Pp 156 -16
- Carneiro ALB, Gomes AA, Da Silva LA, Alves LB, Da Silva EC, Pinto ACDS, Tadei WP, Pohlit AM, Teixeira MFS, Gomes CC, et al. Activités antimicrobiennes et larvicides du pollen d'abeille sans dard de Maues, Amazonas, Brésil. *Monde des abeilles*. 2019 ; 96 : 98–103.
- Čeksterytė V, Račys J, Kaškonienė V, Venskutonis PR, (2008). Composition en acides gras du pain d'abeille. *La biologie*. 54(4): 253– 257.
- Chausat (2005). L'importance du pollen pour l'abeille domestique. *Bult. Tech. Apic*. 32 (1) 11-17.

## Références bibliographiques

---

- CHAUZAT Marie-Pierre, Jean-Paul FAUCON, Anne-Claire MARTEL, Julie LACHAIZE, Nicolas COUGOULE et Michel AUBERT ; 2006 ; les pesticides, le pollen et l'abeille.
- Clement H., 2006, (dir). Le traité Rustica de l'Apiculture, 2<sup>o</sup> Edition, Paris, Editions Rustica, 528p
- Combey, R. (2017). Microbial and Qualitative Analyses of Stingless Bee Bread using Dry Preservation Methods. *European Journal of Zoological Research*, 5(1), 45-50.
- Cousin. L., (2014). L'abeille et le conseil à l'officine. Thèse pour le diplôme d'état de Docteur en Pharmacie. Université de POITIERS Faculté de Médecine et de Pharmacie. pp. 77, 21-39doi:[10.1016/tifs.2017.10.021](https://doi.org/10.1016/tifs.2017.10.021)

### {D}

- Darrigol J.L., (1979). Le miel pour votre santé : Propriétés thérapeutique du miel, du pollen, de la gelée royale et de la propolis. Edition Dangles.France:p.140.
- DeGrandi-Hoffman, G., Chen, Y. et Simonds, R. (2013). Les effets des pesticides sur l'élevage des reines et les titres de virus chez les abeilles mellifères (*Apis mellifera* L.). *Insectes*, 4(1), 71–89.
- DE-MELO A.A.M., de ALMEIDA-MURADINA L.B.; 2017; Chemical Composition of Bee Pollen. In: Alvarez-Suarez J. (eds) *Bee Products - Chemical and Biological Properties*. Springer, Cham.
- Diot M.F, (1998). La polynologie et l'environnement du passé, centre National de préhistoire, UMR 9933 du CNRS, éd DULUCQ et M. TULON.
- Dominguez-Valhondo D, Bohoyo GD, Hernandez MT, Gonzalez-Gomez D, (2011). Influence de la transformation commerciale et de l'origine florale sur les propriétés bioactives et nutritionnelles du pollen collecté par les abeilles mellifères. *Journal international des sciences et technologies alimentaires* 46 : 2204–2211.
- Donadieu Y., (1983). Pollen thérapeutique naturel, 6<sup>ème</sup> Ed. Pp: 5-40.
- Dorothee Batsch. (2011). L'impact des pesticides sur la santé humaine. *Sciences pharmaceutiques*. fahal-01739150f

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

### {E}

- Ed. Bertnard. (2019). SAR, Revue de Suisse d'apiculture N°8.
- Eon. N, (2011). De la fleur à l'abeille, de l'abeille au miel, du miel à l'Homme : Miel et autres produits de la ruche. Thèse de Doctorat en Pharmacie. Université de Nantes. pp. 163, 94.
- Eva, I., Miroslava, K., Helena, F., Jana, P., Jana, H., Valerii, B.,...& Janette, M. (2015). Bee bread-perspective source of bioactive compound for future. *Potravinarstvo*.

### {F}

- Florentine GIRAUD et Jean-Marie BARBANÇON. (2014) Méthodes de désinfection utilisables en apiculture. N° 263.
- Foote HL, (1957). Utilisation possible de micro-organismes dans la production de pain d'abeille synthétique. *Amer. Bee J.* 97:476-478.
- Fuenmayor, B., Zuluaga, D., Diaz, M., Quicazan de, C., M., Cosio, M., et al. (2014) Évaluation des propriétés physico-chimiques et fonctionnelles du pollen d'abeille colombienne. *Revista MVZ Córdoba*, 19(1), 4003–4014.

### {G}

- Gallmann, P (2018). Pollen, der « tierische Blütenstaub ». *Schweizerische Bienen-Zeitung*, 6:13-16.
- Gilles Fert. (2017). Le pain d'abeille Abeille et fleurs .N° 799.
- Gilles Fert., (2017). Pain d'abeille. Editions Rustica, gilles. Abeille et fleur n°799.
- 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.

## Références bibliographiques

---

- Gilliam M., (1997). Microbiology of pollen and bee bread: the genus *Bacillus*. *Apidologie*, 10 (3): 269-274.
- Gilliam M., Taber III S., Lorenz B.J and Prest D.B., (1988). Factors effecting developpement of chalkboord disease in colonies of honey bees. *Apismellifera*, fed pollen contaminatedwiththe*Ascophaeraapis*. *J. Invertebr. Pathol.* 52, 314-325.
- Gillian, (1989). Microbiology of pollen and bee bread: taxonomy and enzymology of molds. *Apidologie* v. 20, p 53-68.
- GiulioLoglio, Giovanni Formato, Marco Pietropaoli, Riccardo Jannoni Sebastianini, Norman Carreck & Jozef van der Steen (2019). An Innovative Home-Made Beebread Collector as a Tool for Sampling and Harvesting, *Bee World*, 96:1, 16-18.
- Gonzalez G., Hinojo M., Mateo R., Medina A. et Jimenez M., (2005). Occurrence of mycotoxin producing fungi in bee pollen. *Int. J. of Food Microbial.* 105(1): 1-9.
- Goût et Jardel. (1998). *Le monde du miel et des abeilles*. Del chaux et niet. Paris.
- guerriat H. (2000). *Etre performant en apiculture*. Ed. Rucher du Tilleul. Pp: 51; 108 ; 113.

<https://doi.org/10.1080/0005772X.2018.1556905>

### {H}

- Habryka, C.; Kurczek, M.; Drygaś, B. (2016). Bee products used in apitherapy. *World Scientific News* 48:254-258.
- Haydak MH, (1958). Pollen-substituts de pollen – pain d'abeille. *Amer. Bee J.* 98: 145-146.
- Human et Nicolson., (2006). «Nutritional Content of Fresh, bee-collected and stored Pollen of *AloeGreatheadii* Var. *Davyana* (Asphodelaceae)», *phytochimie* 67 n° 14 1486-92, Doi: 10.1016/j.phytochem.2006.05.023.
- HUMAN H., NICOLSON S.W (2006). Digestion of maize and sunflower pollen by the spotted maize beetle *Astylusatromaculatus* (Melyridae): is there a role for osmotic stock. *J. Insect. Physical* .N°49. Pp: 633-643.

### {I}

- Isidorov VA, Isidorova AG, Szczepaniak L, Czyżewska U, (2009). Étude par chromatographie en phase gazeuse et spectrométrie de masse de la composition chimique du pain d'abeille. *Chimie alimentaire* 115(3): 1056-1063.

- ITSAP., (2014). Guide des bonnes pratiques apicoles.  
(<http://www.leruchersaintgervais.fr/Files/Other/Guide-des-bonnes-pratiques-apicolesITSAP.pdf>).
- Ivanovo., (1991). Minor mechanization at amateur bee farm. Agropromizdat

### {J}

- Jarosz N., 2003 : Etude de la dispersion atmosphérique du pollen de maïs. Contribution à la maîtrise des risques de la pollinisation croisée. Thèse de doctorat 'Institut Nationale Agronomique. Paris-grignon (INA P-G). 169p.
- 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.
- Jean- Baptiste Loin. (2017). Le pain d'abeilles, Réponses Bio.  
([WWW.REPONSESBIO.COM/LE - PAIN- D'ABEILLES](http://WWW.REPONSESBIO.COM/LE-PAIN-D'ABEILLES)).

### {K}

- Khalifa, SA., Elashal, M., Kieliszek, M., Ghazala, NE., Farag, MA., Saeed, A., Xiao, J., Zou, X., Khatib, A., Goransson, U., et coll (.2020) Aperçus récents des études chimiques et pharmacologiques du pain d'abeille. *Tendances foodSci. Technol*, 97, 300-316.
- Khalifa, SAM, Elashal, M., Kieliszek, M., Ghazala, NE, Farag, MA, Saeed, A., Xiao, J., Zou, X., Goransson, U., El-Sedi, HR (2019). Aperçus récents sur la chimie études pharmacologiques du pain d'abeille. *Tendances en science et technologie alimentaires*, 97, 300-316.
- Kieliszek, M., Piwowarek, K., Kot, A. M., Błażej, S., Chlebowska-Śmigiel, A., & Wolska, I. (2017). Pollen and bee bread as new health-oriented products: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 71, 170–180.
- Komosinska-Vassev K, Olczyk P, Kaźmierczak J, Mencner L, Olczyk K, (2015). Pollen d'abeille : composition chimique et application thérapeutique. *Médecine complémentaire et alternative fondée sur des preuves*.

### {L}

- Laurent C., (2014). L'abeille et le conseil à l'officine. Mémoire du doctorat d'état en pharmacie. Université de POITIERS. Pp: 28-35.
- Louveaux. JL, (1985). Recherche sur la récolte du pollen par les abeilles (*Apis mellifica* L). Les annales de l'abeille. INRA Edition, 1958.1(3) .113-118.

### {M}

- Marasas W.F.O et Nelson P.E., (1987). Mycotoxicology. pennsylvania State University, University Park, PA.
- Marechal P., (2006). Le monde des abeilles, communication Presse Edition, 144p.
- Mărgăoan, R., Strant, M., Varadi, A., Topal, E., Yucel, B., Cornea-Cipcigan, M., Campos, M. G., Vodnar, DC (2019). Pollen collecté par les abeilles et pain d'abeille : constituants bioactifs etAvantage pour la santé. Antioxydants, 8(2), 1-40.
- Mariano Aleandri., (2016). Les bonnes pratiques apicoles. (<https://www.fao.org/3/ca4054fr/ca4054fr.pdf>).
- Markiewicz-Żukowska R, Naliwajko SK, Bartosiuk E, Moscow J, Isidorov V, Soroczyńska J, Borawska MH, (2013). Composition chimique et activité antioxydante du pain d'abeille, et son influence sur la lignée cellulaire de glioblastome (U87MG). Journal of Apiculture Science57(2): 147-157.
- Marouf A. R., Reynaud J., (2007). La botanique de A à Z. Dunoud. Paris. P: 238- 239.
- MASSAUX Carine; (2016). Pollen : une composition nutritionnelle d'intérêts, l'abeille et cire n°174.29-30.
- Mathlouthi, M. (2001). Water content, water activity, water structure and the stability of foodstuffs. Food Control, 12(7), 409-417.
- Mekki, I. (2019). Microbial contamination of bee pollen and optimization of preservation methods. Master thesis. Instituto Politécnico de Bragança. 65 pp.
- 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)).

## Références bibliographiques

---

- Monnier samiel, (1997). Développement durable note de synthés pollution pollen et pollinoses. P1
- Morgan, C. A., Herman, N., White, PA., & Vesey, G. (2006). Preservation of microorganisms by drying; A review. *Journal of MicrobiologicalMethods*, 66, 183-93.
- Moss M.O., (1996). Mycotoxins. Centenary review. *MycologicalResearch* 100, 513-523.
- Mutsaers M, van Blitterswijk H, van't Leven L, Kerkvliet J, van de Waerd J, (2005). Propriétés, transformation et commercialisation des produits apicoles. Fondation Agromisa

### {N}

- Nahed Smati. Bee Bread preservation methodes : Physical, Chiminal and Microbial stability throughout storage, memoir du master en qualité et sécurité alimentaires. Braga: Escola Superior Agária, 2021, p 56.

### {O}

- OMS. (2020). La sécurité sanitaire des aliments.
- Oyinloye, T. M., Yoon, W. B. (2020). Effect of Freeze-Drying on Quality and Grinding Process of Food Produce: A Review. *Processes*, 8, 354.  
<https://doi.org/10.3390/pr8030354>.

### {P}

- Pain J et Maugenet J., (1966). Recherches biochimiques et physiologique sur le pollen emmagasiné par l'abeille. *Ann. Abeille* 9,209-236 ([WWW.REPONSESBIO.COM/ LE - PAIN- D'ABEILLES](http://WWW.REPONSESBIO.COM/LE-PAIN-D'ABEILLES)).
- Pascoal A, Rodrigues S, Teixeira A, Feás X, Estevinho LM, (2013). Activités biologiques des pollens d'abeilles commerciaux
- Pascoal, A., Rodrigues, S., Teixeira, A., Feás, X., & Estevinho, L. M, (2014). Biological activities of commercial bee pollens: Antimicrobial, antimutagenic, antioxidant and anti-inflammatory. *Food and Chemical Toxicology*. 63. 233–239.

## Références bibliographiques

---

- Pavelková, A., Hašček, 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).
- Philippe J. M., (1991). La pollinisation par les abeilles. Edisude. P : 11-157.
- Philippe J.M. (1999). Le guide de l'apiculture. Ed SUD. Pp: 347; 402; 427.
- Pitta. M Markaki. P; (2010). Study of aflatoxin B1 production by *Aspergillus parasiticus* in bee pollen of Greek origin. *Mycotox Res.* 26:229–234.
- Prost J., (1987). Apiculteur connaitre l'abeille conduire le rucher. Edition lavoisintec & doc, 11 rue Lavoisier-75384 Paris Cedex 08, p575.

### {Q}

- QIN F., SUN H, X., (2005). Immunosuppressive activity of pollen *Typhae* ethanol extraction the immuneresponses in mice. *Journal of Ethnopharmacology* 102, 424-429.

### {R}

- ROGER Mathilde. (2012). Santé de l'abeille domestique en paysage agricole. *Sciences agricoles dumas* 00741815.
- ROULSTON et CANE (2000). Pollen nutritional content and digestibility for animals. *Plant systematics and evolution*, pp 187-209.
- Roulston, (2000). What governs protein content of pollen: pollinator preferences, pollen – pistil interaction, or phylogeny. *Ecological Monographs*, v. 70, p.617-643.
- ROY Christoph; (2013). Conférence: données prédictives de la santé des colonies d'abeilles.

### {S}

- S.E.P. Mensah, O.D. Koudandé, P. Sanders, M. Laurentie, G.A. Mensah & F.A. Abiola. (2014). Résidus d'antibiotiques et denrées d'origine animale en Afrique : risques de santé publique. *la Revue scientifique et technique*.33(3).

## Références bibliographiques

---

- SAMUEL Onil, LAAURENT Louis St, VALCKE Mathieu, CHAPADOS Maude, MARIE-EVE ; (2019). Les risques sanitaires des pesticides : des pistes d'action pour en réduire les impacts ; mémoire ; Québec ; Canada.
- SAMUEL Onil, LAURENT Louis St; (2001). Guide de prévention pour les utilisateurs de pesticides en agriculture maraîchère
- Sauvager F., (2012). Les produits de la ruche et la santé humaine. Montpellier.
- Semkiw, P.; Skubida, P. Bee Bread Production A, New Source of Income for Beekeeping Farms?. Agriculture (2021). 11, 468. <https://doi.org/10.3390/agriculture11060468>
- SERRA-BONVEHI M., STANDIFER B., (1997). Nutrient Composition and Microbiological Quality of Honeybee-Collected Pollen in Spain. Journal of Agricultural and Food Chemistry, p 725-732
- Sinpoo, C., Williams, G. R., Chantawannakul, P. (2017). Dynamics of Fungal communities in corbicular Pollen and Bee Bread. Chiang Mai Journal of science, 44 (4), 1235-1247.
- Smati, N. (2022). Beebread preservation methods: physical, chemical and microbial stability throughout storage (Doctoral dissertation, Bragança, Université Libre de Tunis).
- Sobral F, Calhella RC, Barros L, Dueñas M, Thomas A, Santos Buelga C, Ferreira IC, (2017). Composition flavonoïde et activité antitumorale du pain d'abeille collecté dans le nord-est du Portugal. Molécules22(2):248.
- Stalker. (2000). Healing honey and bee hive products. Moscow. Derzhavina NA.
- Stanciu OG, Marghitaş L, Dezmirean D, (2009). Éléments macro et oligo-minéraux du pollen et du pain d'abeille collectés par les abeilles récoltés en Transylvanie (Roumanie). Bulletin de l'Université des Sciences Agronomiques et de Médecine Vétérinaire Cluj-Napoca. Sciences animales et biotechnologies 66.
- Statistique Canada, (2007). «Rapport d'entrevue sur la commercialisation de l'innovation», fait par Julio Rosa et Antoine Rose, catalogue no. 88F0006XIF, no. 004, ISSN : 1706-8975, ISBN: 978-0-662-09678-8, Périodicité: Hors-série.
- SZACZASNA (2006). Protein content and amino acide composition of bee pollen collected pollen from selected botanical origins. Journal of Apiculture science pp 81- 9

### {T}

- THIBAUT Marion ; (2017). Le pollen apicole: ses propriétés et ses utilisations thérapeutiques; diplôme d'état de docteur en pharmacie ; université de lorraine; Nancy; France.
- Tremblay N. (2016). Apiculture 101 : Production de pollen. Centre de recherche en sciences animales de Deschambault (CRSAD).

### {V}

- Vaida Adaškevičūtė, Vilma Kaškonienė, Paulius Kaškonas, Karolina Barčauskaitė, & Audrius Maruška. (2019). Comparison of Physicochemical Properties of Bee Pollen with other Bee products. *Pollen as Food and Feed*, 9(12), 819. <https://doi.org/10.3390/biom9120819>
- Vásquez, A., & Olofsson, TC (2009). Les bactéries lactiques impliquées dans la production de pollen d'abeille et de pain d'abeille. *Journal de recherche apicole*, 48(3), 189–195

### {Z}

- Zuluaga CM, Serrato JC, Quicazan M, (2015). Caractérisation chimique, nutritionnelle et bioactive du pain d'abeille colombien. *Transactions de génie chimique* 43 : 175-180.

#### Site web :

- Anonyme 3. (2019). Guide des bonnes pratiques pour une apiculture biologique. Consulté le 04/10/22. D:\Guide-des-bonnes-pratiques-pour-une-Apiculture-Biologique (1).pdf.

## **Résumé :**

Le pain d'abeille est le plus précieux produit de la ruche car il constitue l'aliment principal de l'abeille. Il est exploité dans le secteur de l'alimentation et de la nutrition. Cette bibliographie porte sur la composition biochimique, activités biologiques, la production du pain d'abeille. Ce dernier, est principalement composé de pollen, de miel et de sécrétions des glandes salivaires des abeilles. Le profil nutritif de pain d'abeille varie d'une espèce florale à l'autre. L'origine botanique et géographique, c'est un produit riche en glucides, en protéines, il contient aussi de l'eau et un beau réservoir de vitamines, des lipides et autres. Il est doté de plusieurs propriétés biologiques, telles que les propriétés antioxydant, thérapeutiques, antimicrobiens et nutritionnelles. Sa qualité dépend des conditions climatiques de récolte, et les méthodes d'extractions, et les conditions de stockage. 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 HACCP.

**Mots clés :** pain d'abeille, composition biochimiques, activités biologiques, fermentation naturelle.

## **Abstract:**

Beebread is the most valuable product of the hive because it constitutes the main food of the bee. It is exploited in the food and nutrition sector. This bibliography covers the biochemical composition, biological activities, and production of beebread. The latter, is mainly composed of pollen, honey and secretions from the salivary glands of bees. The nutrient profile of beebread varies from one floral species to another. Botanical and geographical origin, it is a product rich in carbohydrates, proteins; it also contains water and a beautiful reservoir of vitamins, lipids and others. It is endowed with several biological properties, such as the properties antioxidant, therapeutic, antimicrobial and nutritional. Its quality depends on the climatic conditions of harvest, and the extraction methods, and the storage conditions. The presence of certain contaminants dangerous to health requires the implementation of a quality control plan, such as the good beekeeping practices and HACCP.

**Key words:** beebread, biochemical composition, biological activities, natural fermentation.