

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou**  
**Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques**  
**Département des Sciences Agronomiques**



**Mémoire de fin de cycle**

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences Alimentaire

**Spécialité : Agro-alimentaire et contrôle de qualité**

**Thème**

Cire d'abeille : Composition, propriétés, qualité et utilisation

[Mémoire bibliographique]

**Réalisée par :**

M<sup>elle</sup> : OUAKIF Kenza.

M<sup>elle</sup> : OULOUNA Samia.

**Membres de jury :**

**Président : M<sup>r</sup> SADOUDI R.**

Maître de conférences A à l'UMMTO.

**Examinatrice : M<sup>me</sup> ALLANE T.**

Maître de conférences B à l'UMMTO.

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

Maître de conférences B à l'UMMTO.

**Année universitaire 2021/2022**

## *Remerciements*

Présenter nous remerciements et pour nous un plaisir et un devoir d'exprimer notre hautes  
gratitudes à toute personne ayant contribué chacune à sa manière à la réalisation de ce  
travail.

Nous tenons en premier à remercier Dieu le tout puissant de nous avoir donnés le courage, la  
volonté, patience et la force jusqu'à pouvoir mener la graine au fruit.

Nous tenons à exprimer notre remerciement respectueux, et profonde reconnaissance à notre  
promoteur Monsieur **BENGANA MOUHAMED** d'avoir acceptée de nous encadrés, ainsi  
pour sa confiance et ses précieux conseils ses remarques constructives, sa disponibilité  
constante, et ses orientations vers les bonnes voies de recherche.

Nous remercierons également les membres de jury M<sup>r</sup> **SADOUDI RABAH** et M<sup>me</sup>  
**ALLANE TAOUS**, qui nous ont fait l'honneur d'examiner ce travail.

Nos sincères remerciements et gratitudes s'adressent à tous les enseignants qui ont  
contribués à notre formation de licence et de master au sien de notre faculté.

## *Dédicaces*

Je dédie ce modeste travail à :

La prunelle de mes yeux, l'espoir de ma vie  
Celle qui m'a entourée de son amour et de sa tendresse,

**A ma chère mère**

Que dieu la garde.

A celui qui m'a toujours appris comment  
Réfléchir avant d'agir, à celui qui m'a soutenu tout au long de ma vie scolaire,

A celui qui n'a jamais épargné un effort pour mon bien,

**Mon cher père**

Que dieu le garde.

A mes très chères sœurs **Dyhia** et **Thanina**, et Mon frère **Lamine** pour leur amitié, leur aide, leur soutien, leur disponibilité et leur gentillesse. Je ne vous remercierai jamais assez.

A toute ma grande famille.

Sans oublier ma binôme : Samia et sa famille.

A tous mes amis (es) et mes camarades de la promo Master 2 agro-alimentaire et contrôle de qualité, en témoignage des années passées ensemble, je leur souhaite beaucoup de courage, de réussite et un brillant avenir.

A La mémoire de mon ange **Walid** : Que le paradis soit ton demeure éternelle de la part ta tante qui t'aime.

*Kenza*

## *Dédicaces*

Grace au dieu tout clément et miséricordieux, qui ma tracé la route, et ma donné le pouvoir et

Le courage de continuer jusqu'à la fin.

Je dédie ce modeste travail :

### **À mes parents :**

À mon très cher père, pour ses sacrifices, ses conseils, qui m'a encouragé à aller de l'avant tout au long de mes études.

À ma très chère mère, qui m'a tout donné, qui m'a soutenue par ses prières, son amour, sa tendresse et qui est toujours présente, et continue de l'être pour faire mon bonheur.

À mes chers frères : **Sofiane** et **Ghilas**, qui sont toujours à mes cotés.

À mes chères sœurs : **Fariza** et **Karima**, qui m'encourage à chaque fois, et qui m'aide toujours.

À tout ma famille et mes voisins.

À ceux que j'ai eu la chance de connaitre, dans les meilleurs et les pires moments de ma vie, mes très chères amies qui ont rendu ma vie agréable et pleine de bons souvenirs : **Souhila**, **Lysa**, **Taous**, **Farida**, **Nadjma**, **Faiza** et **Kamelia**.

À toute personne loin de moi mais toujours présente dans mon cœur.

Spécialement A ma binôme « **kenza** » et toute sa famille.

À toute la promotion 2021-2022 « Agroalimentaire et Contrôle de qualité ».

*Samia*

# Sommaire

## Liste des abréviations

## Liste des figures

## Liste des tableaux

Introduction.....1

### **Chapitre I** : Généralités sur l'abeille

1. Historique : ..... 3

2. L'apiculture : ..... 4

3. L'abeille : ..... 4

3.1. Définition : ..... 4

3.2. La classification des abeilles : ..... 5

4. Biologie de l'abeille et leurs systèmes glandulaires : ..... 6

4.1. Organisation générale : ..... 6

4.2. Système glandulaire des abeilles : ..... 7

5. L'industrie mellifère naturelle : ..... 8

5.1. La colonie : ..... 8

5.2. Les individus de la colonie : ..... 8

5.2.1. La reine : ..... 9

5.2.2. Les mâles ou faux-bourçons : ..... 9

5.2.3. Les Ouvrières : ..... 10

### **Chapitre II** : La cire d'abeille ..... 13

1. La cire : ..... 15

1.1. Définition : ..... 15

1.2. Les étapes de la sécrétion de la cire d'abeille : ..... 15

1.3. Aspect macroscopique : ..... 16

1.4. Les différents composants de la cire : ..... 17

1.5. Caractéristiques physico-chimiques et sensorielles : ..... 18

1.5.1. Caractéristiques physiques : ..... 18

1.5.2. Caractéristiques chimiques : ..... 19

1.5.3. Caractéristiques sensorielles : ..... 20

1.6. Les facteurs stimulent la production de la cire : ..... 22

1.7. Les nutriments nécessaires pour la synthèse de la cire..... 22

2. Le rayon : une merveille de l'ingénierie : .....	23
3. La récolte :.....	24
3.1. Séparation du miel de la cire d'opercules :.....	24
3.2. Extraction et le raffinage de la cire :.....	25
3.2.1. L'extraction :.....	25
3.2.2. Le processus du raffinage .....	28
4. Règles générales lorsque l'on travaille avec de la cire d'abeille .....	28
5. Conservation de la cire .....	29
6. Les différents types de cire et leurs caractéristiques :.....	30
6.1. Cire des vieux rayons : .....	30
6.2. Cire d'opercules :.....	30
6.3. Cire jaune ( <i>Cera falva</i> ) :.....	31
6.4. Cire blanche ( <i>Cera alba</i> ) : .....	31
6.5. Cire gaufrée : .....	32
7. Les risques sanitaires de la cire d'abeille :.....	32
7.1. La contamination : .....	32
7.2. Altération de la qualité : .....	34
7.2.1. Altérations physiques :.....	34
7.2.2. Altérations biologiques : .....	34
7.2.3. Altérations chimiques : .....	34
7.3. Adultération : .....	35
8. Contrôle de la qualité de la cire d'abeille :.....	35
8.1. Analyse sensorielle :.....	36
8.2. Les contrôles de la monographie :.....	36
8.3. Analyse par Chromatographie en Phase Gazeuse : .....	37
8.4. Analyse des résidus: .....	37

### **Chapitre III: Propriétés et usage thérapeutique**

1. Propriétés thérapeutique .....	41
2. Les différents domaines d'utilisation de la cire d'abeille : .....	41
2.1. Usage alimentaire : .....	41
2.1.1. Fromage : .....	41
2.1.2. Fruits et légumes : .....	42
2.1.3. Confiserie : .....	42

2.2. La cire et l’emballage : .....	43
2.3. Usage médicinale :.....	44
2.4. Usage en cosmétologie :.....	46
Conclusion.....	48

**Résumé**

**Référence bibliographiques**

# Liste des abréviations

**CE** : Conseil de l'Union Européenne.

**CPG** : Chromatographie en Phase Gazeuse.

**FAO** : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.

**HACCP**: Hazard Analysis Critical Control Point.

**HAP**: Hydrocarbures aromatiques polycycliques.

**IA** : Indice d'acide.

**IE** : Indice d'ester.

**IR** : Indice de réfraction.

**IS** : Indice de saponification.

**ISO** : Organisation internationale de normalisation

**LMR** : Limite maximale de résidus.

**OIE** : Organisation mondiale de la santé animale.

**PCB** : Polychlorobiphényles.

**PF** : Point de fusion.

**UE** : Union européenne.

# Liste des figures

<b>Figure 01</b> : L'abeille domestique.....	<b>04</b>
<b>Figure 02</b> : Anatomie de l'abeille.....	<b>07</b>
<b>Figure 03</b> : Les trois castes d'abeille domestique: reine, ouvrière et mâle.....	<b>09</b>
<b>Figure 04</b> : Ecailles de cire sur la face ventrale de l'abdomen.....	<b>16</b>
<b>Figure 05</b> : Nids d'abeille.....	<b>23</b>
<b>Figure 06</b> : Désoperculation manuelle de la cire d'opercules d'une hausse.....	<b>24</b>
<b>Figure 07</b> : Ecoulement de la cire fondue de la chaudière à vapeur.....	<b>26</b>
<b>Figure 08</b> : Cérificateur solaire contenant un cadre de cire de corps.....	<b>27</b>
<b>Figure 09</b> : Conservation de cire.....	<b>30</b>
<b>Figure 10</b> : La cire noire et opercule.....	<b>31</b>
<b>Figure 11</b> : Cire d'abeille jaune (brute).....	<b>31</b>
<b>Figure 12</b> : Feuilles de cire gaufrée.....	<b>32</b>
<b>Figure 13</b> : Pellicule de fromage à base de cire d'abeille.....	<b>42</b>
<b>Figure 14</b> : Usage de cire comme additif dans les confiseries.....	<b>42</b>
<b>Figure 15</b> : Tissus à la cire d'abeille.....	<b>44</b>
<b>Figure 16</b> : Produit cosmétique à base de cire d'abeille.....	<b>46</b>

## **Liste des tableaux**

<b>Tableau I</b> : Classification systématique de l'abeille mellifère.....	<b>06</b>
<b>Tableau II</b> : La composition de cire d'abeille.....	<b>17</b>
<b>Tableau III</b> : Caractéristiques sensorielles et physico-chimiques de la cire d'abeille.....	<b>21</b>
<b>Tableau IV</b> : Bonne pratique de la gestion de la cire d'abeille.....	<b>39</b>

# Introduction

## INTRODUCTION

---

Depuis l'aube des temps, l'homme a toujours été intrigué et intéressé par la nature qui l'entourait. Il a utilisé les ressources naturelles pour survivre et évoluer dans son environnement (**Cousin, 2014**) et ainsi, créant la domestication et l'agriculture. Parmi les espèces animales domestiquées, il en est une particulièrement exceptionnelle : l'abeille, qui sont des communautés organisées, elles communiquent entre elles et l'action de chaque individu de la colonie s'intègre parfaitement dans une dynamique qui tend vers le maintien de la vie de toute la communauté (**Hepburn, 1991**).

Les vertus de ce petit insecte ont tout de suite séduit la curiosité humaine et depuis les temps les plus reculés, l'homme a su profiter des produits de la ruche (**Gharbi, 2011**) qui sont utilisés depuis des millénaires, et leurs emplois sont retrouvés dans de très nombreuses civilisations et autres croyances. Formidablement bien organisées en société, elles représentent un sujet d'études forcément intéressant tout en apportant plaisir, santé, bonheur (**Blanc, 2010**).

L'Algérie figure parmi les pays à potentialités apicoles appréciables, la valorisation des autres produits de la ruche, en plus du miel, pourrait apporter une amélioration économique des exploitations apicoles, parmi ces produits, on trouve la cire d'abeille.

La cire, richesse de dame nature, a su séduire et inspirer la culture et la mythologie. Connue comme autrefois un produit précieux, peut fournir un revenu non négligeable en plus de celui du miel (**Gharbi, 2011**). C'est un corps gras chimiquement stable. Son utilisation s'appuie sur ses caractéristiques physico-chimiques et sa qualité. Aucun produit de synthèse ne possède ce panel de propriétés, et la cire reste donc très utilisée dans différents domaines : apicole, pharmacologique, cosmétique et alimentaire (**Apimondia, 2001**).

Dans ce mémoire nous présenterons dans un premier temps une approche générale du monde des abeilles domestiques *Apis mellifère*, afin de comprendre l'animal et l'organisation de la colonie et des moyens qu'elle met en œuvre pour l'élaboration de ce produit précieux. Par la suite, une étude plus approfondie nous mènera à découvrir la cire, sa composition physicochimique, ces propriétés ainsi que leur mode de récolte et sa qualité. Pour finir, nous aborderons ces bienfaits thérapeutiques et leurs différents domaines d'utilisation.

# **Chapitre I : Généralités sur l'abeille**

## 1. Historique :

Le caractère bénéfique de l'abeille, sa « sagesse » et les vertus de ses produits, ont été de multiples fois choisis pour illustrer les qualités humaines et spirituelles, elles sont le symbole de la pureté et de la chasteté dans toutes les cultures et religions.

La cire d'abeille est connue sous le nom latin scientifique « *Cera alba* ». Les historiens ont prouvé que la cire a toujours fait partie de l'histoire de l'humanité à travers les âges et les cultures, d'ailleurs la civilisation égyptienne nous donne les preuves de son utilisation par les embaumeurs comme agent conservateur (**Warré, 2005**). Aristote (300 ans avant J.-C.) étudia les abeilles de manière plus objective, au deuxième siècle de notre ère, le célèbre Galien mis au point la formule d'un cérat que nous retrouvons dans le codex... aujourd'hui. Chaque produit de la ruche a fait son chemin dans l'histoire, mais peu de matériaux eurent comme la cire d'abeille un usage aussi répandu et diversifié à travers le temps. Elle fut jusqu'à une époque récente la matière plastique par excellence, pure ou en mélange. Elle est utilisée depuis l'Antiquité pour ses propriétés hydratantes et hydrophobes. Reconnue pour ses bienfaits, c'est une substance bénéfique pour l'homme a longtemps été si bien connu qu'il s'est lancé dans l'apiculture afin de la récolter. Ses utilisations relevaient des domaines technologiques, religieux, artistiques et médicaux (**Haderbache, 2004**).

Au XI<sup>ème</sup> siècle, le célèbre médecin iranien Avicenne utilisât la cire pour ses nombreuses vertus et écrit dans son répertoire « la cire ramollit les tumeurs squameuses et a même le pouvoir d'extirper les venins ». Au XIV<sup>ème</sup> siècle la cire entraînait pour une très grande part dans les redevances en nature et subvenait essentiellement à l'éclairage des demeures princières, des monastères et des églises, ce luxe de l'éclairage s'accrut dans les palais aux XV<sup>ème</sup> et XVI<sup>ème</sup> siècles et la bourgeoisie de cette époque (la bourgeoisie de chambre) était désignée sous le nom de (bourgeoisie de cire) (**Marchenay, 1984**).

Au début du XVI<sup>ème</sup> siècle et en Afrique du Nord, la ville antique de Saldae (Bejaia) a été surnommée Bougie à cause du commerce florissant de cire d'abeille qui s'y prêtait, où il y eu beaucoup d'exportations grâce aux espagnols. Au XVIII<sup>ème</sup> siècle la consommation de cire est devenue plus complexe puisque les axes d'utilisation se sont diversifiés (les arts, les industries...etc.) (**Marchenay, 1984**).

Au XX<sup>ème</sup> siècle la cire reprend son importance dans la médecine, des travaux réalisés aux Etats-Unis en 1946 consistant à incorporer certains médicaments injectables à base de cire

pour obtenir l'effet retard, mais on l'utilisait aussi dans l'enrobage des produits alimentaires et certaines substances médicamenteuses (Marchenay, 1984).

## 2. L'apiculture :

L'apiculture est une branche de l'agriculture visant à élever des abeilles dans le but d'obtenir de manière rentable des produits de la ruche (le miel, la gelée royale, le pollen, la cire) (Catays, 2016). L'activité apicole est aussi un savoir-faire et une passion de tous les mondes entiers mais diffère selon les variétés d'abeilles, le climat et le niveau de développement économique (Dieudonné, 2008).

## 3. L'abeille :

### 3.1. Définition :

L'abeille est un insecte social vivant dans une ruche et produisant le miel et la cire (figure 01). L'abeille est, avec le ver à soie, le seul insecte domestiqué par l'homme (Lambrechts et al., 2006).



**Figure 01** : L'abeille domestique (Le Conte, 2002).

Le terme abeille est un terme vernaculaire qui regroupe plus de 20 000 espèces. Le genre *Apis* en regroupe neuf espèces qui sont réparties en quatre groupes (Lambrechts et al., 2006) :

- Le groupe dorsata avec les espèces *Apis dorsata* et *Apis laboriosa* : elles proviennent d'Inde, grosses productrices de miel et de cire qu'elles fabriquent sur l'unique rayon de leurs nids sauvages en pleine lumière, elles sont cependant agressives.

- Le groupe florea avec les espèces *Apis florea* et *Apis andreniformis* : elles proviennent d'Asie, de la même manière elles ne vivent que dans des nids sauvages composés d'un seul rayon en pleine lumière.
- Le groupe cerana avec les espèces *Apis cerana*, *Apis koschevnikov*, *Apis nigrocincta* et *Apis nuluensis* : à la différence des précédentes, elles peuvent être domestiquées mais ne sont présentes qu'en Asie du Sud-est.
- Seul le groupe *mellifera* avec son unique représentante, *Apis mellifera* « qui porte le miel », est une abeille domestique européenne. C'est celle qui s'adapte le mieux aux exigences des éleveurs et des scientifiques mais aussi aux contraintes climatiques. Elle est donc la plus propice à l'élevage. En fonction de toutes ces contraintes, plusieurs caractéristiques se développent et on observe ainsi plusieurs variétés d'où les termes d'abeille caucasienne, italienne... C'est leur comportement, leur agressivité, leur productivité aussi et certains critères morphologiques qui permettent de les discriminer (**Apimondia, 2011**).

### 3.2. La classification des abeilles :

L'abeille appartient au règne Animal, elle fait partie de l'embranchement des Arthropodes, de « arthron » l'articulation et « podos » le pied (tableau I). Ce sont des animaux invertébrés, munis d'un squelette chitineux avec un corps segmenté et des appendices composés d'articles qui comme le nom de l'embranchement le laisse deviner, s'articulent entre eux. L'abeille possède trois paires de pattes et est donc incluse dans le sous-embranchement des hexapodes (**Buhl, 2010**).

Plus précisément, il fait partie de la classe des insectes, c'est-à-dire qu'il s'agit d'un invertébré qui respire par la trachée, et dont le corps est divisé en trois parties, la tête, le thorax qui porte les pattes, et l'abdomen (**Buhl, 2010**).

**Tableau I :** Classification systématique de l'abeille mellifère (Merabti, 2015).

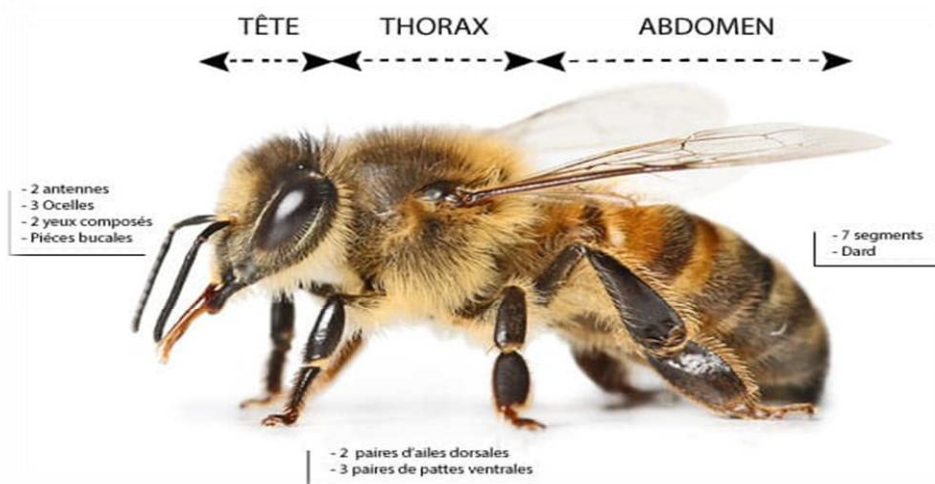
Embranchement	Arthropodes
Sous embranchement	<b>Mandibulates</b>
Classe	<b>Insectes</b> (plus de 800 000 espèces différentes)
Sous classe	<b>Ptérygotes</b>
Ordre	<b>Hyménoptères</b> (abdomen réuni aux thorax par un pédoncule)
Sous ordre	<b>Apocrites</b>
Section	<b>Aculéates</b> (abdomen terminé par dard ou un aiguillon)
Famille	<b>Apidés</b>
Genre	<i>Apis</i> (abeille sociales se multiplie par essaimage)
Espèce	<i>Apis mellifera</i> (l'abeille domestique)

#### 4. Biologie de l'abeille et leurs systèmes glandulaires :

##### 4.1. Organisation générale :

Le corps d'une abeille adulte comporte trois parties bien distinctes séparées par un très mince pédoncule. Nous avons vu par classification que le corps d'une abeille adulte se compose de trois parties, la tête, le thorax et l'abdomen (figure 02), séparées les unes des autres par un très mince pédoncule.

Les différents individus de la ruche n'ont pas les mêmes responsabilités, ni la même morphologie. Ainsi, *Apis mellifera* est de couleur brune, son thorax est recouvert de poils brun-jaune, l'abdomen étant généralement jaune à rougeâtre, rayé de bandes feutrées claires. La reine mesure de 15 à 18 mm, l'ouvrière 11 à 13 mm et le mâle entre 13 et 16 mm. (Bellmann, 1999).



**Figure 02** : Anatomie de l'abeille (Bacher, 2008).

#### 4.2. Système glandulaire des abeilles :

Les glandes agissent à plusieurs niveaux impliquées dans :

- La production hormonale et la génération de messages chimiques utilisés au niveau cellulaire pour la régulation interne du corps de l'abeille (métabolisme, reproduction, etc.) ;
- La communication entre individus ;
- La transformation et la conservation des aliments ;
- La production de certaines substances (cire, venin, etc.) ;

Chez les ouvrières c'est au niveau abdominal qu'on trouve les glandes cirières qui sont des cellules épidermiques modifiées qui s'élargissent lorsque la glande est activée. Les glandes cirières se développent en quelques jours et voient leur pleine activité entre le 12<sup>ème</sup> et le 18<sup>ème</sup> jour de vie de l'ouvrière pour ensuite décroître. On sait aujourd'hui que ces glandes peuvent se réactiver si besoin chez les ouvrières âgées.

Trois types de cellules agissent en synergie pour sécréter la cire :

- ❖ Les oenocytes synthétisent une substance cireuse qu'elles transfèrent aux cellules épidermiques.
- ❖ Les adipocytes sont des cellules adipeuses riches en lipides, glucides et protides. Elles constituent une réserve d'énergie pour le complexe glandulaire.
- ❖ Les cellules épithéliales produisent la cuticule des faces supérieures et inférieures. Les glandes cirières se situent dans la couche de tissu épithélial, sur le côté dorsal de chaque miroir (Fayet *et al.*, 2017).

## 5. L'industrie mellifère naturelle :

### 5.1. La colonie :

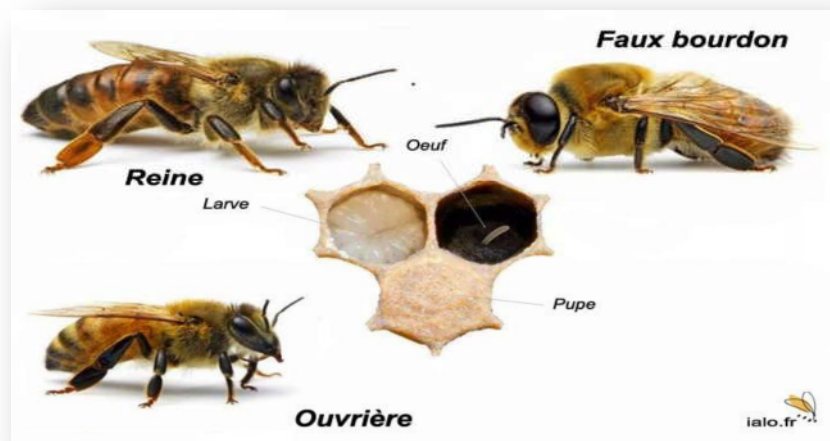
La colonie d'abeilles dans laquelle plusieurs dizaines de milliers d'individus interagissent et vivent ensemble, est un bon exemple de système complexe. En effet, une des caractéristiques notables des abeilles de l'espèce *Apis*, et qu'elles vivent en colonie suivant un comportement eusocial (**Winston, 1987**). Cette organisation sociale dépend des multiples interactions des individus spécialisés d'âges et de castes différentes.

Des phénomènes complexes émergent de ces interactions au niveau de la colonie, permettant son auto-régulation et son auto-adaptation comme par exemple le changement de spécialité suivant les besoins de la colonie (**Seeley, 1995**), la thermorégulation du nid et la sélection des meilleures sources de nectar disponibles (**Dornhaus et al., 2006 ; Seeley et al., 1988**).

Cet ensemble très structuré forme une véritable société dans laquelle chacun doit participer à la vie de la communauté, et seul le partage des tâches bien définies peut assurer la survie du groupe (**Ksouri, 2019**).

### 5.2. Les individus de la colonie :

Les abeilles possèdent une organisation fascinante. En effet, trois castes structurent la société des abeilles (figure 03) : la reine, les ouvrières et les faux bourdons sont différents sur le plan morphologique comme dans leur espérance de vie, les membres de chaque caste assurent une tâche particulière. Chez les abeilles, chacun travaille dans l'intérêt du groupe, et de la vitalité de ce dernier dépend de la survie de chacun. Au sein de la ruche, aucun individu ne peut vivre isolé (**Clément, 2009**). En fonction de la taille et du stade de développement de la colonie, l'effectif de la population peut varier de 20 000 à 80 000 individus, dont : une reine, 1000 à 4000 mâles (présents uniquement d'avril à septembre), le reste étant constitué par les ouvrières (**Le Conte, 2002**).



**Figure 03** : Les trois castes d'abeille domestique : reine, ouvrière et mâle (Clément, 2009).

### 5.2.1. La reine :

C'est la mère de toutes les abeilles, la seule vraie femelle dans la ruche, qui donne naissance à la colonie tout entière. Issue d'un œuf similaire à celui d'une ouvrière, mais pondue dans une cellule royale accrochée au rayons, la larve de reine est nourrie uniquement avec de la gelée royale (dont la composition complexe permet aux ovaires de se développer) et naît 16 jours après. Elle ne butine pas ni ne construit d'alvéoles, pas plus qu'elle ne s'occupe de sa progéniture, La ponte est sa seule occupation (Marchenay et al., 2007).

Cependant la morphologie de la reine lui permet aussi de réguler les activités de la colonie grâce aux phéromones ; celle-ci circule parmi toutes les abeilles de la colonie par trophallaxie (c'est l'échange de la nourriture et les abeilles étrangères tentant de pénétrer dans la ruche sont refoulées). Cette phéromone inhibe également la maturation des ovaires chez les Ouvrières. Elle vit jusqu'à 5 ans et se fait féconder une fois dans sa vie. Elle accumule le sperme du mâle dans sa spermatique, lors de la fécondation et reste fécondée jusqu'à ce que cette dernière soit vide et elle deviendra alors stérile et sera ainsi remplacée avant d'atteindre cette phase par les abeilles. La reine n'est pas agressive (Bacher, 2008).

### 5.2.2. Les mâles ou faux-bourdons :

Les mâles ne naissent qu'à partir du mois de mars, vingt-quatre jours après la ponte des œufs déposés dans des alvéoles plus grandes que celles des ouvrières puis, il faut environ

15 jours pour qu'ils atteignent la maturité sexuelle. Ils ne sont donc « opérationnels » qu'à partir de la deuxième moitié d'avril (**Bacher, 2008**).

La principale mission des mâles est la reproduction (**Le Conte, 2002**). Facilement reconnaissables, les faux bourdons ont une taille plus imposante que les ouvrières. Ils sont trapus, poilus, de couleur sombre, dotés de gros yeux resserrés, et d'antennes plus longues, leur système visuel et olfactif est bien plus performant que celui des ouvrières et de la reine et possède un rayon d'action plus étendu. Démunis de dard, ils ne peuvent pas piquer, leur vol est lourd et bruyant.

Grâce à leurs grandes ailes, ils participent à la ventilation de la ruche. Bons vivants et très peu fidèles à leur colonie, ils vagabondent de ruche en ruche (où ils sont facilement acceptés contrairement aux ouvrières) sans assurer la moindre activité de butinage ou de tâche ménagère. Ils se contentent de consommer le pollen et le nectar apportés par les ouvrières, et attendent l'envol d'une reine vierge pour tenter de la féconder (**Clément, 2009**). Au sein de la ruche, ils sont volontiers assimilés à des paresseux oisifs (**Marchenay et al., 2007**). A la fin de l'été, sentant venir la pénurie de nourriture, les ouvrières nourricières chassent hors de la ruche les mâles qui ne se sont pas accouplés et les massacrent ou les laissent mourir de faim (**Pham-Délègue, 1999**).

### **5.2.3. Les Ouvrières :**

Ce sont des femelles à l'appareil génital atrophié. Elles constituent la quasi-totalité des individus de la famille d'abeille (entre vingt et vingt-cinq mille individus en hiver, jusqu'à plus de cinquante mille parfois en pleine saison) (**Clément, 2009**). Le développement de l'ouvrière dure environ 21 jours, puis elle découpe l'opercule de sa cellule avec ses mandibules pour en sortir (**Pham-Délègue, 1999**), elles vivent en moyenne de 4 à 6 semaines maximum (**Bacher, 2008**).

#### **5.2.3.1. Description de la vie d'une ouvrière :**

Trois périodes rythment la vie de l'ouvrière, la période prénatale, l'ouvrière d'intérieur qui s'occupe de l'entretien et du couvain et enfin l'ouvrière d'extérieur qui part butiner.

✓ **La période prénatale :**

L'œuf devient une larve en 3 jours, la larve se développe pendant 10 jours avant de passer à la confection du cocon et la transformation en nymphe puis en imago, le tout en huit jours. L'abeille adulte sort donc de sa cellule au bout de 21 jours (**Jean-Prost, 2005**).

✓ **L'ouvrière d'intérieur :**

Cette étape entre dans une logique de développement, une ouvrière juste née n'a pas les armes pour se confronter au milieu extérieur et doit alors s'aguerrir avant son premier vol. De manière générale, l'évolution des tâches qui incombent à l'ouvrière est à mettre en parallèle avec son âge. Elle sera d'abord couveuse dans les 6 premiers jours de sa vie, elle reste au près du couvain, nettoie les cellules qui viennent de donner naissance à des ouvrières. Puis jusqu'au 15<sup>ème</sup> jour de sa vie, elle sera nourrice et s'occupera ainsi des larves et de la reine. Et enfin, jusqu'au 20<sup>ème</sup> jour elle pourra occuper diverses fonctions : le nettoyage, la maçonnerie, la ventilation de la ruche, la confection de cire, où la protection de la ruche pour les gardiennes.

Cette chronologie reste un schéma quelque peu simpliste ; en effet, il est à adapter en fonction des besoins de la ruche ; cette vision schématique permet d'avoir une idée de la vie d'une abeille de manière globale mais la ruche est avant tout un milieu vivant en perpétuel mouvement et qui s'adapte sans cesse. Ainsi selon les besoins, des ouvrières plus âgées vont se cantonner aux tâches plutôt destinées aux jeunes.

Dans cette idée, il a été mis en évidence le rôle de certaines phéromones. Certaines stimulent le passage de la fonction de nourrice à celle butineuse, d'autres produites par le couvain ont l'effet inverse. Il a été montré qu'une phéromone royale entraîne la construction de cellules d'ouvrières, en opposition, une diminution de cette phéromone va stimuler la confection de cellules de reines et de mâles (**Jean-Prost, 2005**).

✓ **L'ouvrière d'extérieur :**

Ici encore les besoins de la ruche déterminent le moment du premier vol mais aussi la nature des ressources recherchées. Les conditions extérieures jouent également un rôle, ainsi le nombre de butineuses et donc de premier vol va augmenter dans des cas de températures extérieures élevées ou d'une source de miel abondante.

Pour survivre en hiver, mais aussi pour un développement optimal du couvain, la chaleur et sa régulation sont indispensables. Pour augmenter la température au sein de la ruche, les ouvrières procèdent par contractions rythmées de leurs muscles et à l'inverse les ventileuses par leurs battements d'ailes permettent une circulation de l'air et une élimination d'un surplus de chaleur. Le miel joue un rôle également ; situé tout autour du couvain dans les cadres, il est, en plus d'une source d'énergie, un isolant climatique protégeant le couvain. La température de la ruche varie ainsi de 33°C à 38°C selon les races concernées et la saison avec des variations de l'ordre de 0,5°C au sein d'une même ruche (**Boulaaba, 2019**).

## **Chapitre II: La cire d'abeille**



## 1. La cire :

### 1.1. Définition :

D'après l'Organisation mondiale de la santé animale (OIE), la cire d'abeille est définie comme une substance naturelle sécrétée par les glandes cirières des jeunes ouvrières de la colonie. Constitué d'un mélange complexe de lipides et d'hydrocarbures produite lorsque la colonie en a besoin servant dans la fabrication des cellules hexagonales présentes dans leur nid et destinée à stocker le miel, le pollen ou le couvain (**Darchen, 1968**).

### 1.2. Les étapes de la sécrétion de la cire d'abeille :

Les abeilles ont besoin de cire pour construire le nid de couvain (**Warré, 2005**). La synthèse de cire se déroule au niveau des plaques cirières appelées également « miroirs à cire » (**Darchen, 1968**), situées sur la face ventrale de l'abdomen. Elles sont au nombre de huit, réparties par paires sur les segments 4, 5, 6 et 7 de l'abdomen (**Bogdanov, 2009**). Le développement des glandes cirières dépend de l'alimentation en pollen de la jeune abeille une fois sortie de l'alvéole.

Une alimentation riche en pollen pendant cette première période assure une production optimale de cire (**Marieke et al., 2005**). Les ouvrières sont capables de produire de la cire dès le premier jour de vie mais c'est entre le 12<sup>ème</sup> et 18<sup>ème</sup> jour que les glandes cirières atteignent leur développement maximal (**Bogdanov, 2009**).

Pour produire et pouvoir construire avec de la cire, les abeilles mangent et digèrent beaucoup de miel. La combustion du miel provoque une augmentation de la température du corps et de l'environnement nécessaire au maintien de la cire à l'état liquide (**Marieke et al., 2005**).

La première étape correspond à l'absorption du glucose (à 6 atomes de carbone) composant du miel dans l'intestin de la jeune abeille par un métabolisme analogue à celui de l'homme, ce glucose scindé en fragments plus petits (pyruvate à 3 puis acétyl-COA à 2 atomes de carbone). Ceux-ci sont ensuite réassemblés en chaîne plus longue dans les glandes cirières pour former un acide gras (chaîne carbonée avec une extrémité hydrophobe) et hydrocarbures (chaîne ne comprenant que des atomes de carbone et d'hydrogène). D'autres chaînes longues (esters et alcools) sont également synthétisées et entrent dans la composition de la cire native. La cire coule en rideau par l'orifice de la glande cirière sous forme de lamelles transparentes (figure 4) (**Khenfer et al., 2001**), celle-ci se présente sous forme de

petites écaille arrondie de 2-3 mm de largeur et de 0,1 mm d'épaisseurs, pesant <0.8 mg (Pfefferlé, 2022). Une abeille ouvrière produit six écailles de cire toutes les 12 heures (Bradbear, 2010), par la consommation de sept à dix fois plus de miel qu'elles produisent un kilogramme de cire (Hummel et Faltin, 2018).

Une fois solidifiées la récolte des écailles va se dérouler en plusieurs étapes. D'abord, l'ouvrière prélève l'écaille de cire avec les brosses de la 3ème paire de pattes postérieure (Bruneau 2009 ; Marchenay et Bérard 2007). L'écaille est alors fixée sur les poils durs de leurs pattes arrières et va être ensuite amenée jusqu'aux mandibules (mâchoires) pour y être mastiquée pendant environ quatre minutes afin de mélanger les sécrétions salivaires à la cire (Casteel, 1912) et obtenir la forme appropriée à la construction d'un rayon (Marieke et al., 2005). Le malaxage des écailles permet de façonner les alvéoles toujours tête -bêche en déposant petit à petit les écailles comme les briques d'un mûr. Sert de matériaux de construction des cellules ou alvéoles hexagonales (Darrigol, 1979 ; Gout, 1991).



**Figure 04 :** Ecailles de cire sur la face ventrale de l'abdomen (Pfefferlé, 2022).

### 1.3. Aspect macroscopique :

Les lamelles de cire sortant des glandes cirières sont de forme conchoïdale (coquille), de couleur blanche, bombées et mâtes à l'extérieur, creusées et brillantes à l'intérieur, d'environ un demi millimètre d'épaisseur en moyenne. Lorsque les abeilles l'ont travaillée pour la préparer à la construction des rayons, elle prend différentes teintes selon le cas. C'est ainsi que pendant la miellée sur l'acacia la cire reste pratiquement blanche, pendant la miellée

sur le tournesol elle devient jaune. Dans la ruche la cire prend une teinte bistrée, brune et enfin noir, car elle sera chargée des substances de la ruche comme le pollen, la propolis et les substances de couvain, mais ce changement de couleur ne change en rien sa composition chimique (Caillas, 1948).

#### 1.4. Les différents composants de la cire :

Produit d'origine animale de nature lipidique contenant jusqu'à 300 composants (tableau II): la cire d'abeille pure, comme les produits apicoles, est un mélange complexe (Jean-Prost, 2005). C'est un corps gras chimiquement stable, formé principalement d'hydrocarbonés saturés, d'esters, d'acides gras supérieurs, d'acides libres (acide cérotique), et des alcools (Apimondia, 2001), on retrouve également de sucres, avec des traces de propolis de l'ordre de 6%, de pigments du pollen et de quelques traces minimales d'abeilles (Bradbear, 2010) et d'éléments volatils qui lui donnent son parfum caractéristique. Elle renferme également de la céroléine, de la myrécine, des palméates et des substances colorantes. La céroléine constitue sa substance molle et la myrécine, sa substance cristalline (Lambert et al., 1981), des lactones, de la chrysin, de l'eau et divers autres composés vitamine A et substances inconnues (Begon, 1978, Donadieu, 1984).

**Tableau II : La composition de cire d'abeille (Bogdanov, 2017).**

Nombre de composants dans fraction			
Composant	Quantité %	Principal	Mineure
Monoesters	35	10	10
Diesters	14	6	24
Triesters	3	5	20
Monoesters hydroxylés	4	6	20
Polyesters hydroxylés	8	5	20
Esters acides	1	7	20
Polyesters acide	2	5	20
Hydrocarbures	14	10	66
Acides libres	12	8	10
Alcools	1	5	Non identifie
Autre composants	6	7	Non identifie
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>74</b>	<b>210</b>

### 1.5. Caractéristiques physico-chimiques et sensorielles :

La cire d'abeille est une substance très stable, qui peut également être définie par ses propriétés organoleptiques et physico-chimiques (tableau III). Et ses propriétés se modifient peu dans le temps. Elle résiste à l'hydrolyse et à l'oxydation naturelle et ne se détériore pas avec le temps (**Bradbear, 2010**).

#### 1.5.1. Caractéristiques physiques :

Au contact de l'air, elle va se solidifier et former une écaille de cire. Cette écaille est très blanche, voire translucide et pèse environ 0,8 mg (**Darchen, 1968**). La cire d'abeille est solide à une température ambiante de 20°C et devient cassante lorsque la température descend en dessous de 18°C (**Bradbear, 2010**). Les abeilles incorporent 6°/o de propolis et de pollen à la pâte ce qui a pour effet de permettre sa solidification à la température de la colonie.

##### ➤ Densité à 20°C :

La cire pure d'abeille est caractérisée par une densité (D) comprise entre 0,959 et 0,970 (**Chauvin, 1968**), elle est donc moins dense que l'eau et doit y flotter lorsqu'elle est pure. On emploie pour déterminer cette densité, différentes méthodes parmi lesquels la méthode de comparaison avec un mélange de densité proche de celle de la cire. Ainsi que la méthode utilisant le pycnomètre à ouverture large ou utilisant le pycnomètre normal avec une formule spéciale de calcul (**Bogdanov, 1999**).

##### ➤ Point de fusion :

Le point de fusion (PF) des cires d'abeilles pures est compris entre 62 et 66°C, l'addition de matières étrangères ayant des points de fusion différents doit agir dans un sens ou dans l'autre pour modifier le point de fusion normal. C'est le moyen le plus facile et le plus rapide pour les contrôles des cires. Ce point de fusion peut être déterminé par différentes méthodes : celle utilisant le tube capillaire ouvert (norme NF ISO 6321 / NFT 60 – 226) ainsi que la détermination du point de solidification, ce dernier étant généralement confondu avec le point de fusion d'un corps (**Bogdanov, 1999**).

➤ **Indice de réfraction :**

Cet indice (IR) est calculé grâce à un réfractomètre permettant de faire la lecture à une température supérieure à la température de fusion de la cire et qui a été fixée par la pharmacopée suisse à 75°C. Cette valeur est de 1,440-1,445 pour les cires jaunes et blanches (Bogdanov, 1999).

➤ **Malléabilité :** elle se ramollit rapidement et devient flexible à environ 35°C à 40°C.

➤ **Poids spécifique :** Il s'apprécie avec un densimètre, on peut admettre en moyenne de 0,964-0,975 à 15°C (Lambert et al.,1980).

### 1.5.2. Caractéristiques chimiques :

La pharmacopée suisse donne les indices chimiques suivants :

➤ **Indice d'acide :**

Par définition l'indice d'acide (IA) est le nombre de milligrammes de potasse nécessaires pour saponifier les acides libres contenus dans un gramme de cire. La cire pure peut avoir des indices d'acide compris entre 17,2 et 23,5 et cela quand elle est récente donc non exposée aux différents facteurs d'altération qui peuvent causer soit la hausse soit la baisse de celui-ci (Bogdanov, 1999).

➤ **Indice de saponification :**

C'est le nombre de milligrammes de potasse nécessaires pour neutraliser les acides libres et saponifier les acides gras liés contenus dans 1 gramme de cire. Les cires pures d'abeilles ont généralement un indice de saponification compris entre 90 et 98, celui-ci nous renseigne sur le nombre total d'acides existant dans notre matière ainsi que sur la longueur moyenne des chaînes carbonées, plus cet indice est grand plus ses chaînes sont courtes et inversement (Bogdanov, 1999).

➤ **Indice d'ester :**

Il indique la quantité de potasse en mg nécessaire pour saponifier les acides gras combinés dans 1 g de cire. Il est obtenu par simple calcul à partir de l'indice d'acide et de l'indice de saponification. Plus cet indice est important plus la matière est bonne donc son acidité libre est moindre. La norme concernant la cire d'abeille est de 70 à 80 mg/g de cire (Bogdanov, 1999).

➤ **L'hydrophobie :**

La cire d'abeille possède une structure compacte et légèrement granuleuse, est un composé qui ne peut pas interagir physiquement avec l'eau mais plutôt soluble dans les solvants organiques tels que le chloroforme, benzine, éther, sulfure de carbone et le pétrole. C'est une caractéristique de beaucoup de plastiques sont imperméables à l'eau mais détruits par d'autres solvants (**Lambert et al., 1980**).

➤ **Viscosité :**

La cire d'abeille a une faible viscosité lorsqu'elle est fondue, ce qui la différencie aux autres plastiques (**Warré, 2005**).

### 1.5.3. Caractéristiques sensorielles :

➤ **La couleur :**

La coloration de la cire d'abeille (nuance de jaune, orange, rouge tendant au brun) est due à la présence de plusieurs pigments de la propolis (flavonoïdes) et du pollen (caroténoïdes) confèrent à la cire un coloris jaune clair au jaune foncé (**Bogdanov, 1999**) et également produite par diverses substances que se déposent ensuite sur les rayons (**Warré, 2005**). Ces variations de couleur n'influent en aucun cas sur la qualité de la cire, mais subjectivement, la cire claire est plus appréciée que la cire sombre (**Bradbear, 2010**). La cire la plus délicate provient des opercules qui servent à sceller les rayons mûrs, car cette « cire vierge » fraîche est pure et blanche (**Warré, 2005**).

Les écailles de cire sont à l'origine limpides et incolores. Ensuite, la cire devient opaque et blanche, puis jaune, après sa mastication par les abeilles ouvrières de la ruche, suite à l'addition de salive et à l'incorporation inévitable de pollen et de propolis.

La coloration de la cire peut se modifier en vieillissant ; c'est ainsi que la cire vierge est blanche et elle brunit en vieillissant au point de devenir presque noire (**Coggshall et Morse, 1984 ; Vergaert, 2017**).

Un rayon neuf est presque blanc et il conservera sa couleur claire s'il est uniquement utilisé pour le stockage du miel. Lorsque le rayon est utilisé pour le couvain, il fonce au fur et à mesure de son utilisation : cela est dû aux cocons filés par les larves avant la nymphaison. Quelques excréments de larves sont également scellés dans les alvéoles (**Bradbear, 2010**).

Autrefois, il était courant de blanchir la cire (en utilisant des décolorants tels que l'acide sulfurique ou l'eau oxygénée), mais cette habitude est considérée inutile, car elle abîme la cire naturelle (Warré, 2005).

- **Odeur** : La cire d'abeille possède une odeur typique très aromatique et qui peut cependant varier considérablement, outre les arômes caractéristiques de la cire, elle contient des arômes du miel, de la propolis et du pollen (Bogdanov, 1999).
- **Consistance** : corps solide à température ambiante, se ramollit à partir de 35°C (Guintini, 2018).
- **Goût** : légèrement balsamique, mais ne peut pas être digérée par le mammifère (Mertenat, 2019).

**Tableau III** : Caractéristiques sensorielles et physico-chimiques de la cire d'abeille (Bogdanov 2004 ; JECFA 2005 ; Pharmacopée Européenne 2005).

Paramètres	Propriétés retenues
<b><u>Caractéristiques sensorielles</u></b>	
<b>Couleur</b>	Jaune clair à jaune brun
<b>Odeur</b>	Similaire à celle du miel
<b>Consistance</b>	Corps solide à température ambiante, se ramollit à partir de 35°C
<b><u>Caractéristiques physico-chimiques</u></b>	
<b>Point de fusion</b>	61-66°C
<b>Densité</b>	0,950-0,965
<b>Solubilité</b>	Insoluble dans l'eau, soluble à chaud dans l'éther, l'acétone, le chloroforme et benzène
<b>Indice de réfraction (à 75°C)</b>	1,440-1,445
<b>Indice d'acide</b>	18-23
<b>Indice d'ester</b>	70-90
<b>Ratio esters/acide</b>	3,3-4,3 pour la cire européenne, 8-9 pour la cire asiatique
<b>Indice de saponification</b>	87-104

### 1.6. Les facteurs stimulent la production de la cire :

- Lors d'une forte miellée :  
La production de miel augmente et les abeilles ont besoin de rayons de cire pour stocker le miel, la production de cire augmente alors,
- Lors de l'augmentation du nombre d'œufs,
- Si une reine est présente dans la colonie,
- Lorsque les abeilles ont accès à des protéines, notamment le pollen (**Bogdanov, 2009a**)
- La température qui doit se situer aux alentours de 33-36°C (**Jean-Prost, 2005**),
- L'alimentation qui doit être copieuse. En effet, il faudrait de 10 à 20 kg de miel et 1 kg de pollen pour produire 1 kg de cire. Les besoins sont donc énormes et la cire en devient un « produit de luxe » (**Marchenay et Bérard, 2007**).
- Les besoins de la colonie :

Les ouvrières peuvent réemployer la cire, ce recyclage est extrêmement bénéfique du fait de la grande quantité d'énergie nécessaire à sa production. Une ruche produit de 2 à 3 kg de cire pour 100 kg de miel (**Jean-Prost, 2005**). Un rayon de 30x40 cm nécessite environ 8.000 heures de travail. Les 10.000 alvéoles qui tapissent les deux faces d'un rayon sont constituées de 150.000 écailles de cire (120 g) et peuvent contenir jusqu'à 2 kg de miel (**Domerego et al., 2009**).

### 1.7. Les nutriments nécessaires pour la synthèse de la cire

- Les abeilles ont besoin de cire pour construire le nid de couvain, c'est le miel, le nectar et le pollen qui fournissent la matière première et l'énergie nécessaire (**Bogdanov, 2009a**) ;
- Le nectar apporte les substrats carbonés (sucres) qui serviront à la biosynthèse des constituants de la cire (corps gras) ;
- Le pollen renferme les acides aminés (protéines) utilisés pour le développement des glandes et la production des enzymes impliquées dans la synthèse des corps gras ;
- Des stimuli : rentrée de nectar (miellée), reine en ponte (**Brignoles, 2019**).

## 2. Le rayon : une merveille de l'ingénierie :

Les sociétés d'abeilles sont établies dans des nids fonctionnels (figure 05) constitués de milliers de cellules de cire hexagonales (**Wilson, 1971**). La construction des cellules se fait de haut en bas. Plusieurs ouvrières cireuses, regroupées en grappe ou en chaîne, malaxent et déposent la cire produite pour en façonner les alvéoles. Les cellules des trois types d'abeilles ont des tailles différentes. Les plus petites et les plus grandes abritent les œufs et les larves des ouvrières, l'entreposage du miel, le pain d'abeille et l'eau.

D'autres alvéoles ont la même forme mais sont plus grandes, ce sont les cellules destinées aux faux-bourdons. Enfin, les cellules royales, qui accueillent les œufs et les larves de futures reines ne respectent pas la forme hexagonale mais ressemblent à des coudres orientés vers le bas (**Jean-Prost, 2005**). Elles sont construites par les « abeilles maçonnes ». Tous les aspects des rayons sont réglementés, les cellules du couvain sont construites en fonction de la nécessité. Par exemple, quand le nombre de mâles dans la ruche diminue ou à la fin de l'hiver (pendant l'hiver, il n'y a pas de faux-bourdons dans la ruche), les abeilles commencent à faire de plus grandes cellules pour y loger les mâles. De la même façon, les cellules royales sont construites seulement quand la ruche a besoin d'une nouvelle reine (**Warré, 2005**).

L'aspect hexagonal des alvéoles est la meilleure structure en ce qui concerne la capacité de stockage, la solidité, et ceci associé à un minimum de cire employé (**Darrigol, 1979**). Ces cellules sont inclinées vers le haut pour éviter la perte des produits qu'elles contiennent par gravité (**Jean-Prost, 2005**). Suivant les besoins ces rayons constitués de cellules peuvent également être recyclés par les abeilles (**Blanc, 2010**).



**Figure 05** : Nids d'abeille (**Warré, 2009**).

### 3. La récolte :

La cire d'abeille est collectée à partir de deux sources : les vieux rayons, contenant de la cire propolisée donnent une plus petite proportion de cire et de moindre qualité, et les opercules lors de l'extraction du miel, cette cire est de très haute qualité (**Domerego et al., 2009**) et (**Apimondia, 2001**).

Pour la cire d'opercule, il existe une étape de désoperculation. Elle peut être réalisée à la main avec un couteau (figure 06) ou grâce à une machine à désoperculer automatisée. Pour 100 kg de miel operculé produit, on récupère, selon les auteurs, 1,5 à 1,6 kg de cire d'opercules (**Bruneau, 2004**). En règle générale, seule la cire d'opercule, plus pure, est réservée au devenir médical et cosmétique (**Domerego et al., 2009**) et (**Apimondia, 2001**).

Pour la cire de cadre, les feuilles peuvent être découpées et retirées des cadres avant d'être fondues ou laissées sur le cadre. Cela dépend du procédé utilisé pour faire fondre la cire.



**Figure 06** : Désoperculation manuelle de la cire d'opercules d'une hausse

À l'aide d'un couteau (**Bruneau, 2004**).

#### 3.1. Séparation du miel de la cire d'opercules :

La cire d'opercules est en contact direct avec le miel. Lors de la désoperculation, une petite quantité de miel reste collée à la cire d'opercules est entraînée avec celle-ci. Cette étape permet donc d'extraire le miel résiduel de la cire. Différentes techniques sont utilisées :

- ✓ L'égouttage sur un tamis ou sur un bac à désoperculer équipé d'une grille filtrante : le tamis ou la grille retient les opercules et laisse passer le miel. Cependant, les opercules retiennent toujours une quantité de miel qui ne pourra être extraite que par centrifugation, pressage, lavage ou pillage.
- ✓ Le pressage : cette technique peut être utilisée en ayant recours à un presseur à fruits. Elle a l'avantage de pouvoir récupérer le miel qui reste encore sur les opercules. Cette étape pressage durera au moins 24 heures, mais peut durer plus longtemps. Une fois le pressage terminé, une galette d'opercules pressés est récupérée puis lavée à l'eau tiède pour enlever le miel résiduel. D'autres techniques de pressage utilisant des machines spécialement conçues à cet effet sont utilisées : le produit de désoperculation est mis sous pression par une vis sans fin séparant ainsi le miel et la cire. Le miel passe au travers d'une grille et la cire est récupérée sous forme d'écailles sèches en bout de l'appareil.
- ✓ La centrifugation : le produit de désoperculation est placé dans un sac en toile de nylon puis déposé dans la cage rotative de la centrifugeuse. Lors de la centrifugation, la cire est retenue par la toile tandis que le miel est projeté sur la paroi de la cuve. Contrairement aux trois techniques présentées ci-dessus, les deux techniques suivantes ne permettent pas de récupérer le miel résiduel à des fins de consommation humaine.
- ✓ Le lavage : les opercules sont mis à tremper dans de l'eau tiède (entre 40 et 45°C) puis passés dans une passoire. Ensuite, posez-les sur la toile pour les faire sécher.
- ✓ Le pillage : dans ce dernier cas, les opercules sont placés à proximité de la ruche et la cire est nettoyée par les abeilles qui viennent lécher le miel présent sur les opercules. Cependant, ce procédé doit être utilisé avec prudence car il peut présenter un risque de propagation d'agents pathogènes et rendre les abeilles agressives (Schryve, 2016).

### **3.2. Extraction et le raffinage de la cire :**

#### **3.2.1. L'extraction :**

Cette étape concerne la cire de cadres et d'opercule, la fonte permet d'extraire la cire et d'éliminer certaines impuretés, comme les cocons, résidus d'abeilles éventuellement présents. Différentes techniques peuvent être utilisées :

✓ **L'extraction à la vapeur :**

Réalisée grâce à une chaudière à cire qui est constituée de deux cuves superposées. La cuve du dessus reçoit les cadres de cire à fondre et/ou les cires d'opercules. Ils sont déposés au fond de la cuve sur une grille métallique. La cuve du dessous contient de l'eau qui est portée à ébullition. La chaudière étant fermée par un couvercle, la vapeur d'eau va permettre de fondre la cire qui va s'écouler vers l'extérieur par un tuyau (figure 07). Un deuxième filtre peut être placé au niveau du tuyau de sortie de la cire (**Schryve, 2016**).



**Figure07 :** Ecoulement de la cire fondue de la chaudière à vapeur (**Schryve, 2016**).

✓ **L'extraction par la chaleur solaire**

La cire est placée dans le cérificateur solaire (figure 08) qui est fermé par une plaque en verre. Celle-ci va chauffer l'air de l'intérieur en laissant passer les rayons du soleil. Au-dessus de 68 à 70°C, la cire fond et s'écoule vers le bas. La fonte par la chaleur solaire permet d'éclaircir la cire (**Bogdanov, 2009a**).



**Figure 08 :** Cérificateur solaire contenant un cadre de cire de corps (Schryve, 2016).

✓ **L'extraction à l'eau chaude avec immersion forcée :**

La cire est placée dans un sac de toile de jute fermé, ce sac est lesté avec des poids et placé dans une marmite remplie d'eau portée à ébullition. Une fois la cire fondue, elle passe à travers le sac et remonte à la surface car la densité de la cire est plus faible que celle de l'eau. En laissant refroidir, la cire se solidifie et est récupérée. Le sac retient les débris initialement présents dans la cire. Des méthodes de pressage et de centrifugation de la cire associées à sa fonte dans de l'eau bouillante peuvent également être employées.

Le rendement est différent selon la cire utilisée. Pour une cire de cadre, il est faible car elle contient beaucoup d'impuretés. Selon les auteurs, le rendement d'une cire de cadre varie entre 10 et 50 % (Bogdanov, 2009a) et (Bruneau, 2012). Celui-ci dépend de l'âge et de l'état des cadres ainsi que de la méthode d'extraction utilisée. La cire d'opercules a un rendement beaucoup plus élevé. Le matériel utilisé pour la fonte de la cire ne doit pas être en fer, zinc, cuivre ou laiton sous peine de noircir la cire lors de sa transformation. L'utilisation de matériel en plomb est également à proscrire pour éviter la contamination de la cire. L'acier inoxydable, l'aluminium ou encore le bois peuvent être utilisés (Bogdanov, 2009a).

La cire fondue est ensuite refroidie très lentement pour permettre une bonne décantation des impuretés et une « purification » de la cire. La différence de densité entre la cire et les impuretés entraîne celles-ci vers le fond. La cire, en se refroidissant, se solidifie et les impuretés se retrouvent fixées sous celle-ci. Elles sont alors enlevées par la suite en grattant la cire après son démoulage. Le produit récupéré après le refroidissement est appelé

pain de cire Si la cire a emprisonné trop d'impuretés en refroidissant trop rapidement, une refonte des pains est réalisée et permet alors d'éliminer le maximum d'impuretés restantes.

Dans le langage apicole courant, la cire constituant le pain est qualifiée de « brute ». Cependant, l'OIE donne une définition différente de la cire brute : « la cire soumise à un traitement thermique à 60°C puis refroidit jusqu'à sa solidification est qualifiée de transformée. Toute cire d'abeille n'ayant pas subi ce traitement est brute » (OIE 2016a).

### 3.2.2. Le processus du raffinage

- La cire est lavée dans de l'eau chaude pour éliminer le miel et permettre à la saleté de tomber dans le fond.
- La cire est mélangée à de la terre à foulon (argile) et du charbon actif : cela enclenche un processus de décoloration.
- Le mélange obtenu est filtré dans un filtre-pressé. La cire est refroidie avant d'être modelée en plaques ou granulés.
- Le processus de nettoyage et de raffinage peut prendre environ 30 heures à une température de 90 °C (Bradbear, 2010).

Les résidus du raffinage de la cire sont assez riches en protéines (22%) et seront utilisés pour une partie dans l'alimentation animale. Le premier lavage se fait par une petite quantité d'eau qui sera destinée, plus tard, pour l'industrie de la bière ou pour l'alimentation des abeilles elles-mêmes (quand il n'y a pas de maladies infectieuses) (Donadiou *et al.*, 1984).

## 4. Règles générales lorsque l'on travaille avec de la cire d'abeille

- La cire d'abeille ne doit jamais être chauffée directement sur la flamme : toujours réchauffer dans un récipient d'eau. Il n'est pas nécessaire que la cire soit placée dans un autre récipient. Chauffer suffisamment la cire pour la faire fondre : la cire fond à 62-64 °C, si la température va se dépasser au-delà de 85 °C la cire se décolore.
- L'eau de pluie propre et douce est la meilleure eau pour cette opération. L'eau dure contient de la chaux qui réagit avec la cire et la saponifie.
- La cire d'abeille est légèrement acide et les récipients en aluminium, en laiton, en cuivre, en zinc, en étain, de fer-blanc ou en fer ne doivent jamais être utilisés avec de la cire d'abeille, car ils réagiront et se tacheront au contact avec eux. Les matériaux appropriés pour fondre la cire sont les suivants : émail, acier inoxydable, nickel ou plastique.

- Les rayons de même type doivent être préparés ensemble. Il ne faut pas mélanger les rayons clairs aux rayons sombres, car cela diminue la qualité de la meilleure cire.
- Il est facile de fabriquer un filtre pour la cire chaude en éliminant complètement les deux extrémités d'une boîte de conserve propre et en y tendant un morceau de tissu de coton à une extrémité. La ficelle utilisée pour retenir le coton sert aussi de poignée.
- Quel que soit le système utilisé pour fondre ou extraire la cire, celle-ci se solidifiera dès qu'elle refroidira. Et quel que soit le système, la cire récupérée contiendra de nombreuses impuretés. Étant donné la différence de densité entre la cire et l'eau, la cire remontera à la surface de l'eau et toutes les impuretés resteront au fond. Si la cire d'abeille se refroidit trop rapidement, une grande quantité d'impuretés et d'eau restera piégée à l'intérieure lorsqu'elle se figera et il faudra la refondre. Une fois que la cire a durci, les impuretés pourront être raclées de la partie inférieure du bloc de cire. Pour obtenir une cire d'abeille d'une extrême pureté, le mélange eau-cire doit se refroidir aussi lentement que possible. Pour ralentir le processus de refroidissement, il suffit de placer le seau de cire et d'eau dans une boîte à diathermique (remplie de morceaux de polystyrène ou de sciure) recouverte d'un couvercle épais. Une fois que la cire s'est stabilisée et qu'elle s'est complètement refroidie, il est possible de retirer le bloc du moule.
- Les packs de boisson en carton doublé d'une feuille de protection constituent des moules pratiques et jetables d'une bonne taille. Lorsque la cire s'est complètement solidifiée, le carton peut simplement être déchiré et détaché du bloc de cire (**Bradbear, 2005**).

## 5. Conservation de la cire

La cire est un corps gras chimiquement stable, il n'y a donc pas lieu de prendre des précautions particulières pour sa conservation. Cependant, les hautes températures seront évitées puisque la cire commence à fondre dès 40°C (**Graikou et al.,2011**).

Les blocs de cire sont séchés et stockés dans un endroit sombre et frais (figure 09). Ils peuvent être conservés dans du papier d'emballage, placés sur des étagères ou dans des récipients en acier inoxydable, en verre ou en plastique, pour une meilleure préservation de la couleur et d'arôme. Cela permettra d'éviter la formation de "poussière", qui est censée être un sel d'acides gras de cire. Cette poussière sera éliminée en liquéfiant la cire d'abeille ou en la stockant dans une pièce chaude (**Bogdanov, 2017**).

Cependant, la cire peut être conservée de nombreuses années sans perte de qualité. Elle doit subir d'abord une stérilisation à la chaleur pour éviter la loque américaine ou pourriture du couvain (**Begon, 1978**).



**Figure 09** : Conservation de la cire (**Graikou et al., 2011**).

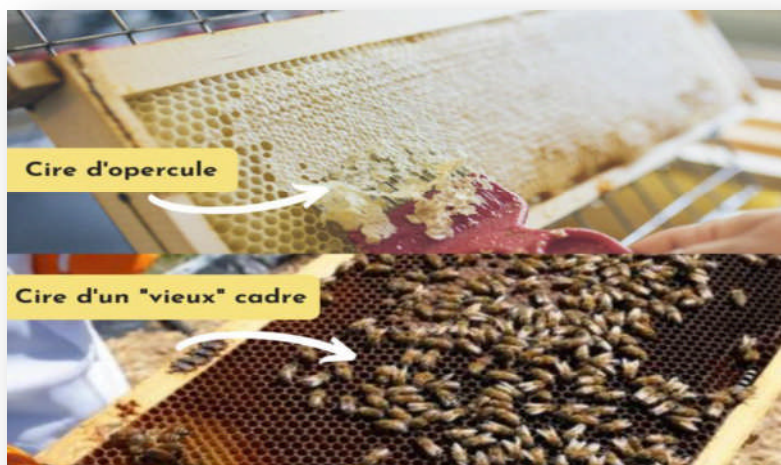
## **6. Les différents types de cire et leurs caractéristiques :**

### **6.1. Cire des vieux rayons :**

Les abeilles construisent constamment de nouveaux rayons. Les rayons ayant servi de berceau à des milliers d'abeilles pendant deux ou trois saisons prennent une teinte foncée due aux apports en propolis et aux traces de cocons laissées à chaque naissance (figure10). La fonte de ces bâtisses de cire noire fournit une excellente base pour certains produits cosmétiques (**Ballot-Flurin, 2013**).

### **6.2. Cire d'opercules :**

La cire d'opercule ou de rayons fraîchement bâtis (figure 10) est une cire très spéciale : lorsque les abeilles remplissent une ruche de miel, elles la scellent avec un fin couvercle de cire auquel elles ajoutent une petite goutte de conservateur naturel, probablement à base de venin. Cette cire d'opercule fraîche et fine est très stimulante pour la peau. Elle est très utile dans les crèmes pour peau sensible (**Ballot-Flurin, 2013**).



**Figure 10** : La cire noire et Opercule (Ballot-Flurin, 2013).

### 6.3. Cire jaune (*Cera falva*) :

La cire jaune est le produit brut (figure 11), elle provient des alvéoles qui ont contenu du miel. Sa teinte, son odeur, sa texture varient grandement selon les plantes butinées autour de la ruche (Marieke et al., 2005), est un peu fragile au froid et présente une fracture terne, granuleuse et non cristalline lorsqu'il est brisé. Il devient pliable à environ 35°C (Bruneau, 2017). Elle est idéale pour vos produits cosmétiques naturels (Marieke et al., 2005).



**Figure11** : Cire d'abeille jaune (brute) (Bruneau, 2017).

### 6.4. Cire blanche (*Cera alba*) :

La cire d'abeille blanche est le produit traité obtenue en blanchissant la cire d'abeille jaune avec des agents oxydants, par exemple le peroxyde d'hydrogène, l'acide sulfurique ou sous les rayons du soleil (Bruneau, 2017). Ce blanchissement traditionnel permettait autrefois de fabriquer des crèmes et des bougies blanches comme neige, très appréciées

(Ballot-Flurin, 2013). Aujourd'hui, certaines pommades de secours sont encore fabriquées avec de la cire blanche (Marieke et al., 2005).

### 6.5. Cire gaufrée :

La cire gaufrée présentée en feuilles (figure 12) se définit comme une pellicule de cire naturelle sur laquelle la machine a marqué à chaud et sur les deux faces l'ébauche du fond des futurs alvéoles notamment les cellules à ouvrières et rarement pour les faux bourdons. Positionnées verticalement sur des cadres de bois et rigidifiées par un fil métallique localisé dans leur épaisseur et qui les parcourt en zigzag et de bord à bord (Noronambinina, 2018).

Ces feuilles fournissent aux abeilles une matière pré-élaboré qui leur permettent de sauvegarder une certaine quantité de miel pour satisfaire leurs propres besoins et par là même, gagner du temps car les abeilles doivent consommer une énorme quantité de miel pour fabriquer la cire (Bradbear, 2005).



Figure 12 : Feuilles de cire gaufrée (Warré, 2009).

## 7. Les risques sanitaires de la cire d'abeille :

### 7.1. La contamination :

Ils existent différentes voies potentielles de contamination de la cire d'abeille :

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 ou d'antibiotiques (**Anses, 2015 ; Bogdanov, 2006**).

Une partie de ces contaminants peut ensuite migrer vers la cire lorsque, par exemple, le pollen est stocké dans une cellule et se retrouve par conséquent en contact étroit avec la cire. Au sein de la ruche, la gelée royale, les miels produits par les abeilles pourraient également contenir des contaminants. Une partie de ceux-ci pourrait également migrer vers la cire et par conséquent, la contaminer.

Les pratiques apicoles peuvent également conduire à une contamination de la cire (**Anses, 2015 ; Bogdanov, 2006**). L'apiculteur est parfois contraint de traiter la colonie à l'aide de médicaments vétérinaires (acaricides) afin de lutter contre certain(e)s parasites ou maladies. Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) sont parfois utilisés comme répulsifs pour éloigner les abeilles ou les fausses teignes (*Galleria mellonella*) par enfumage lors d'une intervention de l'apiculteur au niveau de la ruche, ou suite à la 'stérilisation' du matériel apicole à la flamme, notamment lors du stockage hivernal des cadres de hausse après extraction du miel. D'autres produits chimiques, présentant une action fongicide et/ou insecticide, sont aussi utilisés comme produits de protection du bois des cadres ou de la ruche, soit par l'apiculteur, soit préalablement à l'utilisation du bois en apiculture. Des sels de lithium pourraient également être utilisés à l'avenir par certains apiculteurs dans le cadre de la lutte contre le varroa (**Hannus et al., 2017 ; Ziegelmann et al., 2018 a et b**). L'apiculteur est également parfois amené à fournir un apport nutritif à la colonie, soit glucidique (miel, sirop), soit protéique (pollen). Ces intrants peuvent être contaminés et une partie de ces contaminants peut être transférée vers la cire présente au sein de la ruche.

Les pratiques de production et de gestion de la cire gaufrée peuvent également être à l'origine de la contamination de la cire. Des contaminants issus du processus de fabrication des cires gaufrées tels que des résidus de détergents ou d'acides peuvent s'y retrouver. Lors du recyclage des cires, un lot fortement contaminé (importé dans l'Union européenne (UE) ou issu du marché interne) par des résidus de pesticides ou de médicaments vétérinaires ou par des métaux lourds pourrait également contaminer d'autres lots de cire pas ou peu contaminée. Le risque d'une fraude à la composition de la cire d'abeille, qui consiste à l'adultérer par ajout d'autres cires ou graisses telles que la stéarine et la paraffine, existe également au niveau de la production.

Différentes substances pourraient également migrer vers la cire à partir des matériaux d'emballage et/ou de conditionnement de la cire, par analogie à ce qui est parfois observé dans les denrées alimentaires. Le Règlement (CE) n°1935/2004 précise les exigences auxquelles les matériaux destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires doivent répondre.

## **7.2. Altération de la qualité :**

La cire d'abeille en fonction du contexte environnemental dans lequel elle s'est conservée, différents processus d'altération ont pu être mis en évidence.

### **7.2.1. Altérations physiques :**

Dans des contextes chauds et l'exposition de la cire d'abeille à des températures relativement élevées de l'ordre de 30 à 40°C provoque en effet une vaporisation de ces composés. Les alcanes les plus légers sont préférentiellement affectés par ce processus. Le traitement thermique de la cire par l'homme peut également être à l'origine de ce phénomène et conduire à la disparition totale des alcanes.

Dans des contextes humides, des profils d'esters modifiés, dans lesquels les esters de plus faible poids moléculaire sont hydrolysés (**Buti-Landes, 2018**).

### **7.2.2. Altérations biologiques :**

Elle est à l'origine de l'accumulation des matières organiques dans les alvéoles (cocons des nymphes) et d'agents pathogènes cas des spores de loque américaine, européenne, ascosphérose (mycose) et l'introduction de cire contaminée (**Ribbens,2022**).

### **7.2.3. Altérations chimiques :**

Elle est due à l'accumulation des molécules lipophiles qui sont utilisées en apiculture : Acaricides, les antibiotiques et produits d'entretiens des ruches : para-dichlorobenzène, naphthaline (**Bogdanov et al., 2006**). Les molécules issues de l'agriculture comme les pesticides : organophosphorés, pyréthinoïdes, organochlorés et les métaux lourds (Plomb, cadmium, nickel, chrome, manganèse, zinc). Quelques études ont visé à comprendre l'impact de l'altération de la cire sur la santé de l'abeille. Il a été montré que la présence de cires fortement altérées par des produits chimiques au contact du couvain provoque par la suite l'anomalie de développement des larves et réduction de la longévité de l'abeille, favorise le

cycle de varroa car le cycle larvaire rallongé et l'apparition de résistance à des acaricides contre le varroa (**Ribbens, 2022**). Mauvais développement des reines et l'intoxication des abeilles (**Anses, 2015**).

### 7.3. Adultération :

La cire d'abeille est relativement coûteuse et l'on a toujours eu tendance à la falsifier ou à la diluer avec des matériaux moins coûteux (**Bradbear, 2010**). L'adultération est une pratique frauduleuse consistant à l'adjonction des produits chimiques de moindre valeur (la stéarine et/ou de paraffine) à la cire d'abeille pure afin de modifier ces caractéristiques physico-chimiques (**Bogdanov et al., 2009**).

La stéarine est obtenue par saponification d'huile de palme et de graisses animales. C'est un mélange d'acide palmitique et d'acide stéarique qui sont aussi des constituants naturels de la cire d'abeille.

Les paraffines sont des hydrocarbures saturés composés de 18 à 32 atomes de carbone. Elles sont à base de pétrole et possèdent diverses propriétés. Si les molécules à chaînes longues dominent, leur point de fusion est plus élevé ; en revanche, s'il y a davantage de molécules à chaînes courtes, elles fondent à des températures plus basses. Le point de fusion de la cire d'abeille pure est 64,5 °C et son adultération avec de la paraffine réduit son point de fusion et affaiblit le matériau (**Bradbear, 2010**).

Les plaquettes de cire produites par les abeilles contiennent en outre aussi des hydrocarbures. Au cours de ces dernières années, le prix de la cire d'abeille a fortement augmenté sur le marché mondial. Il est donc financièrement très attrayant de la diluer avec des produits bon marché. Des analyses effectuées par le service sanitaire apicole d'Aulendorf (Allemagne) montrent des cas de falsifications : un décalage dans le rapport des quantités entre acide oléique, acide stéarique et acide palmitique (**Ruedi, 2017**).

### 8. Contrôle de la qualité de la cire d'abeille :

La qualité de cire d'abeille est évaluée en fonction de sa pureté et de sa couleur. Elle doit n'avoir aucun goût, elle doit également avoir une odeur caractéristique, une consistance plastique, ne doit laisser aucune trace de graisse sur les doigts, doit avoir une couleur jaunâtre et uniforme pour les cires de première qualité et une couleur blanche et uniforme pour celles de meilleure qualité comme les cires d'opercules au niveau des rayons sans couvain. La cire

de couleur claire est davantage appréciée que la cire foncée. La couleur foncée de la cire est signe de contamination ou de surchauffage.

En pratique, la cire jaune est plutôt utilisée en thérapeutique tandis que la cire blanche est employée dans les préparations cosmétiques. Il faut distinguer la cire jaune (*Cera flava*) de la cire blanche (*Cera alba*). La cire jaune est la cire naturelle principalement utilisée par les apiculteurs comme support des alvéoles, la cire blanche est une cire jaune qui a été blanchie (Nicolay, 2014). Le contrôle qualité se fait en quatre étapes :

### 8.1. Analyse sensorielle :

Cette analyse se fait par des moyens de contrôle simple et s'apparente à une analyse macroscopique. Selon Bogdanov (2017), les critères de l'analyse sensorielle sont les suivants :

- couleur : jaune à jaune-brun.
- odeur : agréable et miellée.
- test du chewing-gum : ne colle pas aux dents.
- Test de rupture : la structure doit être fine, granuleuse, émoussée et non cristalline.
- Test de découpe : la cire ne doit pas coller au couteau.
- Test des échardes : avec l'ongle ou le couteau, les éclats doivent avoir une forme de spirale.
- pétrissage : la cire doit être plastique après 10 minutes de malaxage.
- cohérence.

### 8.2. Les contrôles de la monographie :

Les monographies des cires blanche et jaune citent des tests macroscopiques et des essais : le point de goutte, l'indice d'acide, d'ester, de saponification, la présence de paraffines de glycérol et d'autres polyols (Nicolay, 2014).

### 8.3. Analyse par Chromatographie en Phase Gazeuse :

La CPG est un complément du contrôle permet d'analyser les nombreux hydrocarbures qui composent la cire. Le profil obtenu par CPG permet de détecter des anomalies et les adultérant en comparant avec des profils de cires (Nicolay, 2014).

### 8.4. Analyse des résidus

Des traces de produits toxiques peuvent être présentes dans la cire. Ce sont essentiellement des molécules lipophiles provenant de l'industrie phyto-agro-alimentaire. On trouve des pesticides et acaricides, par exemple du dichlorobenzène et de la naphthaline utilisés contre les mites qui peuvent être présentes dans les ruches. Les concentrations usuellement retrouvées sont comprises entre 0,5 et 10 mg/kg de cire.

Pour se prémunir contre cette contamination, il faut encourager les méthodes d'agriculture biologique. Si nécessaire, les pesticides peuvent être extraits de la cire par des traitements chimiques (Nicolay, 2014).

Un autre problème potentiel pour la qualité de la cire d'abeille, utilisée en apiculture est la teneur en spores de *Penibacillus larvae* des expériences ont montré que seule une très forte contamination par des spores pouvait provoquer la loque américaine. En effet, seul le chauffage de la cire à 140°C pendant 30 minutes détruit les spores. Le chauffage de la cire pure à des températures aussi élevées peut provoquer une surchauffe et la dénaturation de la cire. Le chauffage sous pression de mélanges eau-cire dans des marmites à pression est une autre possibilité de stériliser la cire pour la production de cire à petite échelle.

Pour l'utilisation en cosmétique et en pharmacie, la cire d'abeille doit contenir des quantités minimales de contaminants. Pour les utilisations en tant qu'additif alimentaire, il n'existe pas de spécifications pour la cire, mais les mêmes LMR que celles valables pour le miel devraient théoriquement s'appliquer (Bogdanov, 2017).

**Tableau IV:** Bonne pratique de gestion de la qualité de cire d'abeille (**Brignoles, 2019**).

<p><b>Limiter l'introduction de contaminants dans les ruches</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Utilisation de produit avec AMM et respect des modalités de traitement acaricides pour éviter de contaminer les cires, notamment les doses et les temps d'application des produits.</li> <li>✓ Éviter les répulsifs chimiques dans les enfumoirs lors de la récolte.</li> <li>✓ Choisir des zones d'emplacement des ruches pour limiter autant que possible le risque de résidus de produits phytosanitaires.</li> </ul>
<p><b>Assurer de bonnes conditions de conservation des cadres bâtis vides</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Stocker les cadres bâtis dans de bonnes conditions afin d'éviter les attaques des ravageurs comme les fausses teignes.</li> <li>✓ Ne pas stocker les cadres dans lesquels se trouve du pollen afin d'éviter la croissance des larves.</li> <li>✓ Stocker les hausses contenant les cadres bâtis empilées sur au moins 10 hausses de hauteur fermées par des grilles laissant passer l'air.</li> <li>✓ Détruire les cires des cadres attaqués par la fausse teigne.</li> </ul>
<p><b>Renouveler régulièrement les cires</b></p>	<p>Retirer régulièrement des vieilles cires ayant pu accumuler des contaminants, en introduisant de nouvelles feuilles de cire gaufrée. Cela limite l'accumulation des agents pathogènes et des contaminants auxquels les abeilles sont exposées.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fréquence de renouvellement <ul style="list-style-type: none"> <li>• Des cadres de corps : un tiers à un quart des cadres par an à effectuer généralement au printemps quand les abeilles bâtissent et quand la ponte se développe.</li> <li>• Des cadres de hausses : en fonction des possibilités financières et matérielles de l'apiculteur. Utilisation d'une grille à reine entre le corps et la hausse pour éviter que la reine y ponde</li> </ul> </li> <li>✓ Ne plus utiliser pour un usage apicole les cires des cadres <ul style="list-style-type: none"> <li>• Issus de ruches malades en particulier détruire par le feu les cadres de colonies atteintes de loque américaine, corps et hausses ;</li> <li>• Déformés, avec plus de 10 % de cellules à mâles, avec des cellules réduites ;</li> <li>• Dont la cire est noire et dure ;</li> <li>• Attaqués par la fausse teigne.</li> </ul> </li> </ul>

<p><b>Maîtriser la qualité de la cire</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Privilégier de la cire issue d'opercules</li> <li>✓ Exiger de la cire pure, non falsifiée avec des cires étrangères ou de la paraffine.</li> <li>✓ Demander au cirier un certificat d'origine des cires (type) et/ou un bulletin d'analyses de résidus et/ou d'adultération.</li> <li>✓ Acheter de la cire à des apiculteurs de confiance.</li> <li>✓ Tester la qualité des feuilles de cire achetées à un nouveau fournisseur ou récupérées suite à la transformation d'un lot.</li> <li>✓ Comparer le bâtissage des abeilles sur plusieurs échantillons de cires différentes et le développement du couvain.</li> </ul>
<p><b>Faire réaliser des analyses par un laboratoire</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ En cas de doute sur la qualité de la cire ou pour vérifier la fiabilité d'un nouveau fournisseur faire des analyses physico-chimiques et de recherche d'adultération.</li> <li>✓ Analyses de résidus (acaricides, pesticides, métaux lourds etc.)</li> </ul>
<p>Les ciriers doivent donc avoir un agrément spécifique et ils doivent mettre en évidence qu'ils répondent aux principes HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point) (Bruneau, 2017)</p>	

# Chapitre III : Propriétés de la cire : applications en différents domaines d'utilisation



## 1. Propriétés thérapeutiques

Cette utilisation s'appuie sur ses caractéristiques physico-chimiques : la cire d'abeille est molle et souple donc malléable, fusible à une température modérée, stable chimiquement, insoluble dans l'eau, saponifiable, capable de fixer les parfums et miscible dans de nombreux produits organiques, aucun produit de synthèse ne possède ce panel de propriétés, et la cire reste donc très utilisée (**Apimondia, 2001**).

Les domaines d'utilisation de la cire d'abeille sont très nombreux avec plus de 300 utilisations industrielles recensées. Les industries cosmétiques et pharmaceutiques sont les principaux utilisateurs, à raison de 70% du commerce mondial (**Elhadj Amar, 2022**). Ces dernières années la cire d'abeille utilisée aussi dans le domaine alimentaire pour l'enrobage des aliments et le développement des emballages alimentaires renouvelables.

## 2. Les différents domaines d'utilisation de la cire d'abeille :

### 2.1. Usage alimentaire :

Selon la FAO (Compendium of food additive specifications) « la cire d'abeille est défini comme un produit obtenu à partir des cadres d'abeilles après que le miel ait été extrait ».

Elle ne contient ni protéine digestible, ni glucide ni hydrate de carbone et n'est donc pas un produit alimentaire. Elle peut cependant entrer dans la composition des denrées alimentaires (**Marieke et al., 2005**). Ce produit est utilisé au niveau de l'industrie comme un additif alimentaire sous le code E901 (**Bogdanov, 2009b**), comme vétrificateur, agent de libération, stabilisateur, texturant pour base de gomme à mâcher, support pour additifs alimentaires (y compris les arômes et les couleurs), agent de trouble (**Bruneau, 2017**), les cires sont aussi utilisées pour l'enrobage du différents aliments.

#### 2.1.1. Fromage :

Des cires de qualité alimentaire sont utilisées pour créer un revêtement protecteur autour de certains fromages (figure13). Ces cires sont spécialement conçues pour protéger les fromages et conserver leurs propriétés et leurs saveurs spécifiques.



**Figure 13** : Pellicule de fromage à base de cire d'abeille (Anonyme, 2022).

### 2.1.2. Fruits et légumes :

L'enrobage de certains aliments par une fine pellicule de cire apparaît principalement comme un moyen simple et économique de répondre aux contraintes du marché : améliorer l'aspect final du produit, ralentir le processus de mûrissement et allonger la durée de vie des produits frais tels que les fruits et légumes (agrumes frais, melons, pommes, poires, pêches et ananas) (Anonyme, 2022).

### 2.1.3. Confiserie :

La cire est utilisée comme agent de séparation et de glaçage dans l'industrie de la confiserie (Haderbache, 2004), et aussi pour enrober certains bonbons pour lui confèrent un aspect brillant (figure14) et modifier la consistance de chewing-gum à l'exclusion du chocolat (Bogdanov, 2017).



**Figure 14** : Usage de cire comme additif dans les confiseries (Bogdanov, 2017).

**2.2. La cire et l'emballage :**

Dans le secteur de l'emballage, les cires sont largement utilisées pour le revêtement du papier et du carton en raison de leurs propriétés d'étanchéité et leur résistance à l'eau et à l'huile. Et aussi pour la protection des bacs de produits alimentaires contre les effets des acides provenant des jus de fruits ou du miel. Les fûts en acier destinés au stockage et à l'expédition du miel doivent être traités pour éviter la corrosion et la dissolution du fer. Le traitement peut faire appel à une peinture alimentaire coûteuse, à un revêtement en plastique fabriqué à partir d'un film plastique alimentaire ou à une fine couche de cire d'abeille qui empêche le passage du cuivre dans les aliments (**Haderbache ,2004**).

L'emballage alimentaire nécessite aussi des cires spécialement formulées pour permettre le contact avec les aliments. Elle les protège lors du transport et de la manutention, créer une barrière contre l'humidité, mais aussi les vapeurs et les gaz, prévenir la contamination avec des emballages thermo-scellés, sont autant de fonctions que les industriels demandent aux cires.

Ces dernières années ont vu le développement des emballages renouvelables, les spécialistes de domaine ont innové un emballage alimentaire spéciale « L'Apiwrap » qu'est composé de tissu en coton BIO enrobé de cire d'abeille (figure 15) : une alternative naturelle aux emballages plastiques pour le stockage et la protection des aliments tel que les sandwiches, snacking, pain, cookies, gâteaux, fruits, légumes, fromages en les laissant respirer et en empêchant l'humidité de passer. Ainsi, cela adhère complètement à l'engagement que chacun doit avoir aujourd'hui pour préserver notre planète terre : mettre fin aux énormes quantités de déchets alimentaires à la maison en éliminant le film alimentaire des denrées que nous stockons. Ces emballages sont décoratifs, facile à nettoyer, durable et surtout réutilisables (**Anonyme, 2022**).



**Figure 15 :** Tissus à la cire d'abeille (Anonyme, 2022).

### 2.3. Usage médicinale :

La cire d'abeille est inerte, c'est-à-dire qu'elle n'interagit pas du tout avec le système digestif humain et traverse le corps sans être altérée. Cependant, les substances dissoutes ou encapsulées dans la cire sont lentement libérées. Elle est importante pour le transit dans le tube digestif et l'estomac mais elle-même expulsée sans avoir été assimilée (Blanc, 2010). Elles stimulent la sécrétion salivaire et le réflexe gastrique. La mastication de la cire stimule les sécrétions de la muqueuse de l'estomac et a montré de bons résultats dans des cas d'anorexie et d'hypo acidité gastrique. Les opercules (mâchés longtemps) sont recommandés dans les maladies broncho-pulmonaires (Strant, 2014).

La cire joue souvent un rôle de lubrifiant ou d'émulsifiant et elle a une fonction d'agent de charge. Cette propriété est exploitée dans de nombreuses préparations médicinales. En galénique la cire utilise dans fabrication des médicaments telle que l'enrobage des pilules, agent de liaison et support du médicament, elle donne un aspect lisse et brillant aux comprimés, elle est également autorisée dans les compléments alimentaires en tant que support de colorants (Bogdanov, 2017). En dentisterie humaine, la cire est utilisée pour renforcer les bandages périodontaux et comme prothèse dentaire pour la réalisation d'empreintes et de moulages de dents (Begon, 1978). Les gommes à la cire d'abeilles détartrent, nettoient et blanchissent les dents, en particulier chez les fumeurs, renforçant les gencives (Strant, 2014). Et aussi dans la fabrication des capsules, les pommades et les onguents en tant que consistence (Lucente et al., 1996). Sa solidité et le fait qu'elle fonde lentement font qu'elle est une matière appropriée pour les suppositoires en assurant une assimilation lente des substances actives. En pharmacie et dans la pharmacopée, on l'appelle *cera flava* (cire jaune purifiée) ou *cera alba* (cire blanchie).

La cire augmente le transit intestinal et est employée sous forme d'emplâtre dans certaines affections rhumatismales pour sa chaleur constante (**Gout, 1991**). Les kinésithérapeutes et masseurs appliquent de la cire pure et chaude en compresse sur les muscles et articulations. Son effet de régulateur thermique et apaisant est favorable à la guérison des pieds et talons crevassés.

Il existe également de nombreux produits à base de cire mettant à profit ses propriétés malléables et imperméables cas des bouchons d'oreille à base de cire. Elle peut également être employée pour former des coques en prévention des crevasses mammaires chez la femme qui allaite. Ces coques en cire sont à placer directement dans le soutien-gorge entre deux tétées. Elles hydratent les mamelons et les protègent des mouvements des tissus (**Baudel, 2017**).

La médecine naturelle recourt aux bougies sans mèche pour stimuler la circulation du sang et le courant lymphatique dans les oreilles, la gorge, le nez et les sinus tout en régularisant la tension. La cire stimule encore la coordination des hémisphères cérébraux. Les bougies accompagnent par ailleurs les rituels et la méditation (**Marieke et al., 2005**).

Selon l'ancienne médecine perso-arabe la cire d'abeille a les effets pharmacologiques suivants : sédatif de la douleur ; apéritif pour les nerfs ; anti-pruritique ; anti-gale ; anti-fuite ; soulagement de la ménorragie, des maux de gorge et l'ulcère gastroduodéal (**Bogdanov, 2017**).

Elle présente une action anti-inflammatoire, cicatrisante et désinfectante utiles dans le traitement de brûlures, d'escarres, de plaies, d'abcès, de vergetures (**Domerego et al., 2009 ; Apimondia 2001**). Elle a des propriétés antioxydantes, notamment contre le stress oxydatif créé par le tétrachlorure de carbone et la peroxydation des lipides dans le cerveau et les reins cette propriété antioxydant et la présence de certains pigments similaires à ceux de la propolis pourraient participer à une action anticancéreuse (**Gharbi, 2011**).

La cire possède une action antifongique et antibactérienne contre les salmonelles (**Donadieu 1984 in Apimondia 2001**), *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans* (**Al-Waili, 2005a**).

#### 2.4. Usage en cosmétologie :

La cire est employée en cosmétologie pour ces propriétés émoullientes, émulsifiantes, protectrices, nourrissantes et agent de liaison pour les huiles et graisses devant fondre doucement. Ces cosmétiques sont de ce fait très durs ou solides quand ils sont froids et ils ne fondent pas facilement au soleil, comme les graisses solides. De plus, la douceur de la cire convient bien au corps humain. La cire peut être utilisée en application externe incorporée dans les crèmes pour les mains, la peau, elle apporte un confort instantané grâce à son action émoulliente et la protège durablement contre les agressions extérieures comme le froid ou le vent (**Strant , 2014**), les pommades et lotions pour la peau exemple crème de jour hydratante pour peaux normales, dans les savons, shampoings et ses arômes dans les parfums (**Marieke et al., 2005**).

Elle est préconisée pour nettoyer l'épiderme, nourrir et adoucir le derme et prévenir le vieillissement cutané et pour les soins visage et corps cas des pommades pour le teint ou encore les crèmes antirides (**Blanc, 2010**). Son pouvoir filmogène est mis à profit dans les produits de beauté (figure 16) tel que les rouges à lèvres et les sticks déodorants, son pouvoir texturant dans les gloss, On la retrouve dans les laits démaquillants, les mascaras d'autant plus que la cire d'abeille est le seul produit connu regroupant toutes ces qualités, recherchées dans l'industrie cosmétique (**Bogdanov, 2009b**). Elle est un ingrédient incontournable dans les baumes à lèvres. Elle peut aussi s'utiliser sur les cheveux pour nourrir les pointes et faciliter le coiffage en association avec d'autres actifs. La cire fondue, appliquée sur la peau, est utilisée pour l'épilation (**Strant, 2014**) en étant d'abord appliquée sous une forme liquide puis retirée lorsqu'elle est solidifiée (**Marieke et al., 2005**).



**Figure 16 :** Produit cosmétique à base de cire d'abeille (**Blanc, 2010**).

# Conclusion

## Conclusion

---

Au terme de ce travail et après avoir réalisé une recherche bibliographique concernant la cire d'abeille dans le but de connaître ses propriétés sa composition et les altérations quel que soit biologiques, chimiques et l'application des bonnes pratiques apicole pour garantir une meilleure qualité.

La cire d'abeille définit comme un produit apicole issu de l'abeille secrétée par les glandes cirières des jeunes ouvrières de la colonie, destinée à stocker le miel, le pollen ou le couvain. Elle faisait toujours partie de l'histoire de l'humanité à travers les âges et les cultures, d'ailleurs la civilisation égyptienne nous donne les preuves de son utilisation par les embaumeurs comme agent conservateur. C'est un corps gras chimiquement stable formé principalement d'hydrocarbonés saturés, d'esters, d'acides gras supérieurs, d'acides libres, d'alcools et d'éléments volatils qui lui donnent son parfum caractéristique. On distingue plusieurs types de cires, la cire noire, jaune, blanche et la cire gaufrée sa qualité est évaluée en fonction de sa pureté et de sa couleur.

Elle contient un panel très important de propriétés physico-chimique et biologiques aucun produit de synthèse ne possède ce panel de propriétés, ce qui devraient ouvrir la voie à des études de plus grandes ampleurs permettant ainsi de relier de manière scientifique la composition de la cire à leur utilisation.

Les domaines de son utilisation sont très nombreux avec plus de 300 utilisations, dans de nombreux domaines thérapeutiques : médicale, cosmétique sans effets secondaires, et aussi dans le domaine alimentaire, l'innovation des emballages alimentaire ainsi que dans l'apiculture elle-même avec la fabrication de la cire gaufrée utile à la production de nouveaux rayons et cadres.

# Résumé

**Références**

**Bibliographiques**

## **A**

**AI-WAILI, NS. (2005a)** .Mixture of honey, beeswax and olive oil inhibits growth of Staphylococcus aureus and Candida albicans Arch. Med. Res. 36(1):10-13

**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>, [consulté le 09 août 2022].

**ANONYME, (2004)**.Règlement (CE) n° 1935/2004 du Parlement Européen et du Conseil du 27 octobre 2004, concernant les matériaux et objets destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires et abrogeant les directives 80/590/CEE et 89/109/CEE.

**ANONYME, (2022)**.Cire d'abeille dans le secteur alimentaire, cosmétique et pharmaceutique, secteur dentaire, médicale et emballage [En ligne] disponible sur :<https://www.adcsolution.com/adc-chimie>, [Consulté le 7 août 2022].

**ANONYME, (2022)**.Tissus à la cire d'abeille [en ligne], disponible sur <https://www.mielinfrance.fr/boutique/tissus-a-la-cire-d-abeille>[consulté le 23 juillet 2022].

**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

## **B**

**BACHER, R. (2008)**. Les abeilles, le miel et l'apiculture .Ed. Terre vivante, p14

**BALLOT-FLURIN, C. (2013)**.Les bienfaits de L'apithérapie. Édition-eyrolles, p 71.

**BAUDEL, M. (2017)**. L'apithérapie [Thèse de doctorat ]. Université Picardie jules verne. Faculté de Pharmacie.

**BEGON, J. (1978)** .La cire pure d'abeilles, La Belgique apicole, Février 1978.

**BELLMANN, H. (1999)**.Guide des abeilles, bourdons, guêpes et fourmis d'Europe L'identification, le comportement, l'habitat. p 302.

**BLANC, M. (2010).** Propriétés et usage médical des produits de la ruche [Thèse de doctorat ]. Université de Limoges. Faculté de Médecine et de Pharmacie.

**BOGDANOV, S. (1999).** Critères d'appréciation de la qualité de la cire d'abeille, Centre suisse de recherche Apicole, J. suisse. D'apicult.

**BOGDANOV, S. (2006).** Contaminants of bee products. Apidologie. 37(1):1-18.

**BOGDANOV, (2009a).** « Beeswax : Production, Composition and Control ». Beeswax book[en ligne], disponible sur <http://www.bee-hexagon.net/wax/> [consulté le 26 juin 2022].

**BOGDANOV, (2009b).** « Beeswax : Uses and Trade ». Beeswax book [en ligne], disponible sur <http://www.bee-hexagon.net/wax/> [consulté le 26 juin 2022].

**BOGDANOV, S. (2017).** « The honeybags steal from the humble-bees ». Beeswax Book, Chapter 1, disponible[En ligne]sur [http:// www.bee-hexagon.net](http://www.bee-hexagon.net). [Consulté le 10 Août 2022], p12.

**BOGDANOV, S. (2017).** « History, Uses and Trade, Bee Product Science », Beeswax Book: Chapter 2: [En ligne] disponible sur [http:// www.bee-hexagon.net](http://www.bee-hexagon.net). [Consulté le 15 Août 2022], p10-11.

**BOULAABA, I. (2019).** Place du miel à l'officine [Thèse de doctorat ]. La faculté de pharmacie de Marseille.

**BRADBEEAR, N. (2005).** Apiculture et moyens d'existence durable : Brochure sur la diversification 1. FAO, Rome, 64p.

**BRADBEEAR, N. (2010).** Le rôle des abeilles dans le développement rural. Manuel sur la récolte, la transformation et la commercialisation des produits et services dérivés des abeilles. FAO, Rome, p123-133.

**BRAND, HM. (1989).** Modified beeswax and a process for the modification of beeswax. European Patent Application (No EP 319 062).

**BRIGNOLES. (2019).** La cire d'abeille du constat aux recommandations, p32-38.

**BRUNEAU, E. (2004).** « Gaufrier sa cire ». Abeilles and cie, n° 104: 26-27.

**BRUNEAU, E. (2009)** .Chapitre IX : Les produits de la ruche in Clément H. et al. Le Traité Rustica de l'apiculture Editions Rustica, Paris, 354-387.

**BRUNEAU, E. (2012)**. « Cire, des résidus à éviter ». Actu Api, n° 58: 1-8.

**BRUNEAU, E. (2017)**. « Couvain en mosaïque et adultération des cires », p 27.

**BOULAABA, I. (2019)**. Place du miel à l'officine [Thèse de doctorat ]. La faculté de pharmacie de Marseille.

**BUHL, V. (2010)**. English: Honeybee. at [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:201018\\_\(27\)\\_Honey\\_bee,\\_Honigbiene,\\_Apis\\_mellifica.JPG](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:201018_(27)_Honey_bee,_Honigbiene,_Apis_mellifica.JPG).

**BUTI-LANDES, (2018)**. Assembles générales N°17. Février 2018, p11-12.

## C

**CAILLASA, (1948)**. Le ruché de rapport et les produits de la ruche, Chapitres I et II, Encyclopédie pratique d'apiculture moderne.

**CASTEEL, D.B. (1912)**. « The manipulation of the wax scales of the honey-bee ». US Department of Agriculture, Bureau of Entomology, 161: 1-13.

**CATAYS, G. (2016)**. Contribution à la caractérisation de la diversité génétique de l'abeille domestique *Apis mellifera* en France : cas du locus *csd* de détermination du sexe. [Thèse de doctorat ]. Médecine vétérinaire. Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse – ENVT, p 314.

**CHAUVIN, R. (1968)**. Traité de biologie de l'abeille, système nerveux, comportement et régulation sociale, Edition Masson et compagnie, p241-330.

**CLEMENT, H. (2011)**. Le Traité Rustica de l'Apiculture, 2° Edition, Paris, Editions Rustica, p528.

**COGGSHALL W.L ; MORSE R.A. (1984)**. Beeswax: Production, Harvesting, Processing and Products. Wicwas Press. Second printing: 1995.

**COUSIN, L. (2014).** L'abeille et le conseil à l'officine [Thèse de doctorat ]. Université de Poitiers. Faculté de Médecine et de Pharmacie.

## **D**

**DARCHEN, R. (1968).** « Les glandes cirières et la cire ». In Traité de biologie de l'abeille, 1: 450-73. Biologie et physiologie générales.

**DARRIGOL, J-L. (1979).**Le miel pour votre santé, Saint Jean De Braye, Editions Dangles, p140.

**DECOURTYE, A ; LE CONTE, P ; PIERRE, J ; CHAUZAT, M. P ; & THIEBEAU, P. (2007).** Introduction de jachères florales en zones de grandes cultures: comment mieux concilier agriculture, biodiversité et apiculture. *Le Courrier de l'environnement de l'INRA*, 54(54), 33-56.

**DIEUDONNE, B. (2008).**Manuel de Formation Apicole, Abeilles – Environnement – Développement, p44. Consulté le 4/06/2022, disponible en ligne : [http://www.cedcameroun.org/wp-content/uploads/2014/08/Manuel-du D%C3%A9butant-apicole.pdf](http://www.cedcameroun.org/wp-content/uploads/2014/08/Manuel-du-D%C3%A9butant-apicole.pdf).

**DOMEREGO R ; IMBERT G ; BLANCHARD C. (2009).** Les remèdes de la ruche Editions Alpens, Monaco, p95.

**DONADIEUY, et MARCHISET C. (1984).** La cire thérapeutique naturelle, Paris, Maloine édit, p131.

**DORNHAUS A; KLUGL F; OECHSLEIN C et al. (2006).** Benefits of recruitment in honey bees effects of ecology and colony size in an individual-based model. *Behavioral Ecology*, 17(3) :336–344.

## **E**

**ELHADJ AMAR, D. (2022).** Conception Et Réalisation D'une Chaudière à Cire [Mémoire de masters ].Mohamed Boudiaf University of M'sila.

## **F**

**FAYET, A ; KEITH. (2017).** Morphologie& anatomie de l'abeille. Rucher École de Rocamadour. [www.rucher-rocamadour.org](http://www.rucher-rocamadour.org), p33.

## **G**

**GHARBI, M. (2011).** Les produits de la ruche : Origines - Fonctions naturelles - Composition Propriétés thérapeutiques Apithérapie et perspectives d'emploi en médecine vétérinaire[Thèse de doctorat ].Université Claude-Bernard - Lyon I (Médecine - Pharmacie).

**GOULD JAMES L, GOULD CAROL G. (1993).***La vie des Abeilles In :Les Abeilles, comportement, communication et capacités sensorielles* Paris : Pour la science, diffusion Belin, p 27-54.

**GOUT, J .1991.**Le miel et les hommes, Thionville, Gérard Klopp, p249.

**GRAIKOU, K. et al. (2011).** Chmical analysis of Greek pollen - Antioxidant, antimicrobial and proteasome activation properties. Chem Cent J 5, 33.

## **H**

**HADERBACHE, L. (2004).**La cire d'abeille contrôle de qualité et détection des fraudes (Cas particulier des paraffines) pour l'aspect économique de cire d'abeille [Mémoire de masters ].Université de Boumerdes.

**HANNUS S ; ROSENKRANZ P ; ZIEGELMANNB. (2017).** Lithium metal salt for use in treatment of varroa destructor mite infestation of honey bees. World Intellectual Property Organization (WIPO) patent WO 2017/042240 A1.

**HEPBURN. HR, (1991).**Synthèse et sécrétion de la cire par les abeilles, Apidologie, p 21-36.

**HUMMEL R ; FELTIN M, (2018).** L'abeille ouvrière. Syndicat des apiculteurs de Than et environs, p 4-6.

## **J**

**JEAN, L. (2003).**Le traité Rustica de l'apiculture. Edition Rustica, paris. p25-394.

**JEAN-PROST, P. (2005).** Apiculture : connaître l'abeille, conduire le rucher 7ème édition. (Tec & Doc Lavoisier), p 382.

## **K**

**KSOURI, C. (2019).** Enquête sur l'apiculture dans la région des Ziban [Mémoire de master]. Université Mohamed Khider de Biskra. Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie.

## **L**

**LAMBERT, N ; LABONTE, R. (1980).**Préparation de la cire, p2.

**LAMBRECHTS, C ; KAROUBI, L ; MAIRE, P ; HUSSEMAINE-FLORENT, H. (LAROUSSE, 2006).** & Collectif. Le Petit Larousse illustré : En couleurs Version reliée.

**LE CONTE, Y. (2002).** Mieux connaître l'abeille. Dans Le traité rustica de l'apiculture. Editions Rustica, p12-51.

**LUCENTE, P; CAVALLI, M; VEZZANI, C; ORLANDI, C; VINCENZI, C. (1996).**Contact cheilitis due to beeswax. Contact Dermatitis 35 (4): 258.

## **M**

**MARCHENAY, PH. (1984).** L'homme et l'abeille, Edition Berger- Levrauet, p220-230.

**MARCHENAY P ; Bérard L. (2007).**L'homme, l'abeille et le miel Edition De Borée. p223.

**MARIEKE M ; HENK VAN B ; LEEN VAN'T L ; JAAP K ; JAN VAN DE WAERDT, (2005).** Produits de l'apiculture (propriétés, transformation et commercialisation).Fondation Agromisa et CTA, Wageningen, p46-51.

**MERABTI, A. (2015).** Implantation d'un rucher au niveau de l'exploitation agricole de L'université d'Ouarela. [Mémoire de master].Université d'Ourgela,p41.

**MERTENAT V. (2019).**Les produits de la ruche et L'APITHERAPIE, p6.

## N

**NICOLAÏ, J. (2014).** Perspectives d'avenir en Apithérapie à l'officine [thèse de doctorat]. Université Angers.

**NORONAMBININA, A. (2018).** Conception et réalisation d'un moule a cire gaufrée [Mémoire de master]. Université D'Antananarivo Ecole supérieure Polytechnique D'Antananarivo.

## O

**OIE. 2016a.** « Texte introductif général fournissant des informations de base aux chapitres du code sanitaire pour les animaux terrestres sur les maladies des abeilles ». [En ligne], disponible sur <http://www.oie.int/fr/notre-expertise-scientifique/informations-spécifiques-et-recommandations/maladies-des-abeilles/>, [consulté le 09 juin 2022].

## P

**PFEFFERLE, C. (2022).** Production de la cire par les abeilles [En ligne] disponible sur [www.ApiSavoir.ch](http://www.ApiSavoir.ch). [Consulté le 14 Juillet 2022].

**PHAM-DELEGUE, M-H. (1999).** Les abeilles. Genève, Minerva. p206.

## R

**RIBBENS, L. (2022).** Qualité et adultération des cires. p9-11.

## S

**SCHRYVE, A. (2016).** État des lieux sur les cires à usages apicole utilisé en France métropolitaine. Évaluation des points critiques [Thèse de doctorat]. UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD - LYON I (Médecine - Pharmacie).

**SEELEY, TD. (1995).** The Wisdom of the Hive. Harvard University Press.

**STRANT.M, (2014).** Apithérapie. Abeilles & cie, p27-28.

## **W**

**WARRÉ, A. (2005).**L'apiculture pour tous, 5ème édition, Paris, p. 153-167.

**WILSON, WT. (1971)** .Resistance to American foulbrood in honey bees XI. Fate of Bacillus larvae spores ingested by adults. J. Invertebr. Pathol ; 17: 247 – 255.

**WINSTON, M. (1987).** The Biology of the Honey Bee. Harvard University Press: Cambridge, MA, USA, 1987; ISBN 0-674-07409-2.

**WINSSTON, M. (1993).** La biologie de l'abeille. Editions Nauwelaerts et Frison-Roche. p 276.



## **Résumé**

La cire est l'un des produits de la ruche qui résulte d'un long et rigoureux travail mené par l'abeille. De ce fait l'étude de l'anatomie et de la physiologie de l'abeille nous permet de mieux comprendre son fonctionnement et son mode de vie. C'est également le cas lors de l'observation des méthodes de récolte de la cire par l'apiculteur. La connaissance de l'origine de ce produit permet une meilleure compréhension dans l'étude de leurs propriétés. Ces dernières sont nombreuses et variées utilisées par l'Homme : antibactériennes, anti-inflammatoires, cicatrisantes, antivirales, antifongiques, et nourrissantes.

Dès lors, ils présentent un potentiel intéressant dans divers secteurs d'activité comme la cosmétologie, médicale et dans le domaine alimentaire pour l'enrobage des denrées alimentaire et le développement des emballages alimentaire à base de cire d'abeille.

**Mots-Clés :** abeille, cire, apiculteur, ruche.

## **Summary**

Wax is one of the products of the hive which results from a long and rigorous work carried out by the bee. Therefore, the study of the anatomy and physiology of the bee allows us to better understand its functioning and its way of life. This is also the case when observing the beekeeper's wax harvesting methods. The knowledge of the origin of this product allows a better understanding in the study of their properties. The latter are numerous and varied used by man: antibacterial, anti-inflammatory, healing, antiviral, antifungal, and nourishing.

Therefore, they present an interesting potential in various sectors of activity such as, medical, cosmetic and in the food field for the coating of foodstuffs and the development of food packaging based on beeswax.

**Keys words:** bee, wax, beekeeper, hive.