

Le Miel : Facteurs Influençant sa Qualité

Ezéchielle Francine BOUET KOUANOU¹, Akim BELCO LATIFOU*^{1,2}, Christiane ADDA¹, Lucienne EDAH¹, Cica VISSIENON³, Zachari VISSIENON¹ et Virgile AHYI¹

¹Laboratoire Régional de Sûreté et de Sécurité Sanitaire des Aliments, Université Inter régionale IRGIB Africa, 07 BP 0231 Cotonou, Bénin.

²Laboratoire Central de Contrôle de la Sécurité Sanitaire des Aliments, Cotonou, Bénin

³Laboratoire de Pharmacognosie et de Biophysique, Université de Leipzig, Allemagne



Résumé – Le miel est un aliment sain, naturel et ayant des vertues pour la santé de l'Homme telles que des propriétés antibactériennes, cicatrisantes, anti-inflammatoires, antioxydantes, nutritionnelles, digestives mais aussi respiratoires. Il est produit par les abeilles qui sont des insectes qui jouent un grand rôle dans la pollinisation des plantes. Plusieurs facteurs affectent la qualité du miel partant de la production jusqu'au stockage. Le présent article fait la synthèse des travaux de recherche sur le processus de production du miel, sa composition, ses propriétés et son stockage. Ce qui est à retenir est que les espèces de plantes butinées, la manière de récolter, la manière de conserver impactent la qualité du miel.

Mots clés – Miel, Abeilles, Vertu.

Abstract – Honey is a healthy, natural food with virtues for human health such as antibacterial, healing, anti-inflammatory, antioxidant, nutritional, digestive and respiratory properties. It is produced by bees which are insects playing a great role in the pollination of plants. Several factors affect the quality of honey from production to storage. This article highlights research work on the honey production process, its composition, properties and storage. What is important to remember is that the species of nectar-bearing plants, the way of harvesting, the way of preserving affect the quality of honey.

Keywords – Honey, Bees, Virtue.

I. INTRODUCTION

L'abeille est l'une des espèces d'arthropodes d'une grande importance agronomique et écologique. Consommatrice de pollen et de nectar, elles assurent la pollinisation de nombreuses espèces de plantes sauvages et cultivées. Sans les abeilles, il n'y aurait presque plus de pollinisation et on perdrait une très grande quantité de la diversité des plantes. Du fait de sa large répartition géographique, l'espèce *Apis mellifera* est le pollinisateur dont l'importance économique est la plus grande pour les cultures au niveau mondial [1]. En dehors de la production

du miel, de la gelée royale et de la cire, les abeilles contribuent à plus de 80 % aux activités de pollinisation de l'agriculture mondiale [2] ; [3], estimées à 153 milliards d'euros par an [4]. Dès la préhistoire, le miel produit par les abeilles a été récolté par l'homme de façon très artisanale pour ses propriétés nutritives et thérapeutiques. Aujourd'hui, l'apiculteur s'efforce d'obtenir de ses abeilles un produit de qualité en quantité suffisante pour répondre à la demande des consommateurs, et ce malgré la tendance à l'affaiblissement et à la mortalité des colonies d'abeilles dans le monde entier. Actuellement, le miel est perçu par le grand public comme un aliment naturel, non pollué et.

bénéfique pour la santé. Cette image d'un miel guérisseur persiste malgré quelques cas anecdotiques d'allergie ou d'intoxication

Cependant, les étapes d'élaboration du miel sont complexes et susceptibles d'être altérées par les activités humaines, de manière volontaire ou non.

II. DU NECTAR AU MIEL

Le miel produit par les abeilles de l'espèce *Apis mellifera* (l'abeille domestique) peut provenir de deux sources mellifères distinctes : le nectar ou le miellat (et non le pollen, contrairement à ce qui est couramment pensé).

Le nectar, qui est en général la source principale de miel, est le liquide sucré sécrété par les glandes, dites nectarifères,

présentes sur de nombreuses plantes. Les nectaires qui abritent ces glandes sont situés le plus souvent dans les fleurs, mais peuvent aussi se trouver à la base de certaines feuilles [5].

Pour certains miels (le miel de sapin par exemple) la principale source sucrée est le miellat. Il s'agit de l'excrétion d'insectes parasites vivant sur la plante, tels que des pucerons, des cochenilles ou des cicadelles par exemple (figures 1, 2 et 3). Il est difficile d'observer les abeilles effectuer ce type de butinage. Il a été montré qu'en présence d'une grande quantité de nectar, elles délaissent le miellat. Cependant, lorsque les conditions climatiques sont défavorables, le miellat peut représenter une source nutritive intéressante pour l'abeille [6].



Figure 1 : Puceron vert
(*Macrosiphum rosae* L.)
(photo de J.P. Cambier publiée sur
<http://www.linternaute.com>)



Figure 2 : Cochenille farineuse
(*Pseudococcus affinisou*)
(photo publiée sur
<http://www.orchidee-papillon.fr>)



Figure 3 : Cicadelle blanche
(*Metcalfa pruinosa*)
(photo de Sean McCann publiée sur
<http://www.museum.toulouse.fr>)

La composition du nectar est différente de celle du miellat qui se rapproche de celle de la sève végétale. Mais une fois de retour à la ruche, l'abeille les transforme tous deux de la même manière, afin d'en obtenir du miel.

A. Le nectar

Le nectar est sécrété par les glandes nectarifères des nectaires de la plante en quelques heures à quelques jours. [7]cité par [8].

En fonction de leur localisation, on distingue (figure 4) :

- les nectaires extra-floraux, situés sur les parties végétatives de la plante (sur les bractées, feuilles, pétioles, stipules et tiges),
- les nectaires floraux, situés sur le réceptacle floral, à la base du périanthe (sépalés et pétales), ou des organes reproducteurs : étamines ou pistil. [9]et [5].

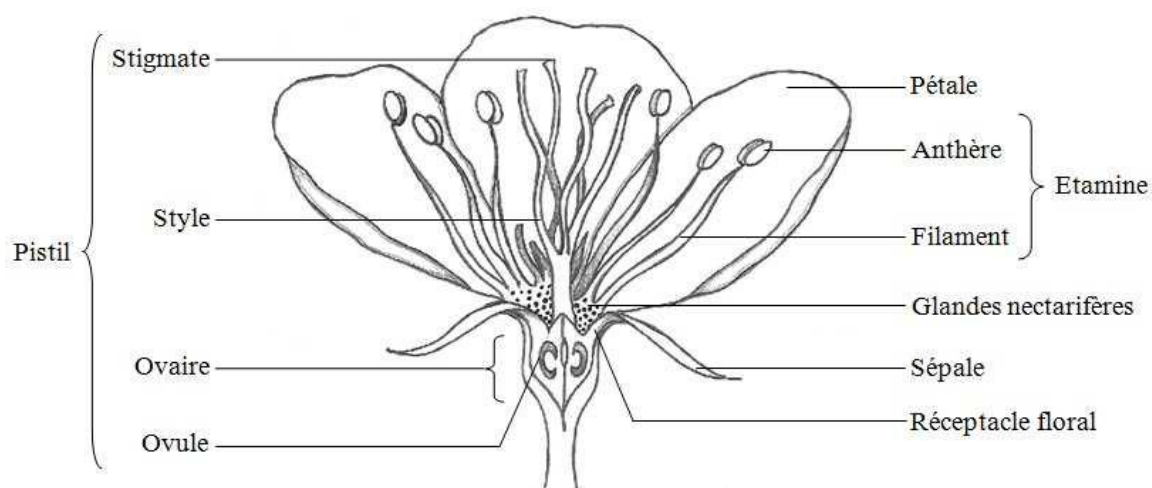


Figure 4 : Exemple de localisation des nectaires sur une plante

1. Composition du nectar

Le nectar est un mélange chimique complexe constitué d'eau, de sucres ainsi que d'autres substances (protéines, lipides, minéraux, etc.). Dans la majorité des nectars floraux, les sucres constitutifs sont le glucose, le fructose et le saccharose. Leurs proportions relatives sont propres à chaque espèce végétale [10] cité par [9].

Selon [12] et [13] les différences de composition des nectars des différentes espèces végétales peuvent être expliquées de deux manières :

- soit le processus de sécrétion des nectaires contrôlerait la composition chimique et varierait selon les espèces végétales,
- soit les constituants du nectar reflèteraient la composition chimique de la sève élaborée (*figure 5*) et celle-ci varierait entre les espèces.

a. Eau

Contrairement à ce que l'on pourrait croire, c'est le phloème et non pas le xylème qui apporte l'eau aux fleurs et à certains organes (*figure 5*) [13]. La teneur du nectar en eau varie entre 40 et 70% selon les plantes [14].

b. Sucres

En fonction des plantes étudiées et selon les auteurs, le nectar contient entre 90 et 99% de sucres dans sa matière sèche [14] et [9].

Les principaux sucres du nectar sont le glucose, le fructose et le saccharose. Leur proportion respective varie selon l'origine florale, plus précisément selon le processus de sécrétion des nectaires [15].

On distingue ainsi trois types principaux de nectars [15] :

- le nectar à saccharose prédominant,
- le nectar à taux équivalent de saccharose, fructose et glucose,
- le nectar dans lequel glucose et fructose prédominent, avec un rapport fructose sur glucose situé entre 2 et 28.

Le glucose et le fructose ne préexistent pas dans la sève élaborée. Ils proviennent de la lyse du saccharose, sucre présent en abondance dans le phloème. Il existe, en effet, dans le nectar et les cellules nectarifères, des enzymes capables de l'hydrolyser [15]. Toutefois [15] n'exclut pas le fait que la composition de ces sucres soit le résultat de transformations microbiennes.

D'autres sucres ont été identifiés : le raffinose, le galactose, l'arabinose, le mannose, le maltose, le mélibiose et le mélézitose, et plus rarement : le cellobiose, le stachyose, le gentiobiose, le lactose, le manninotriose, le thréalose, etc. [16].

De l'amidon est également présent dans le nectar, contrairement au miel.

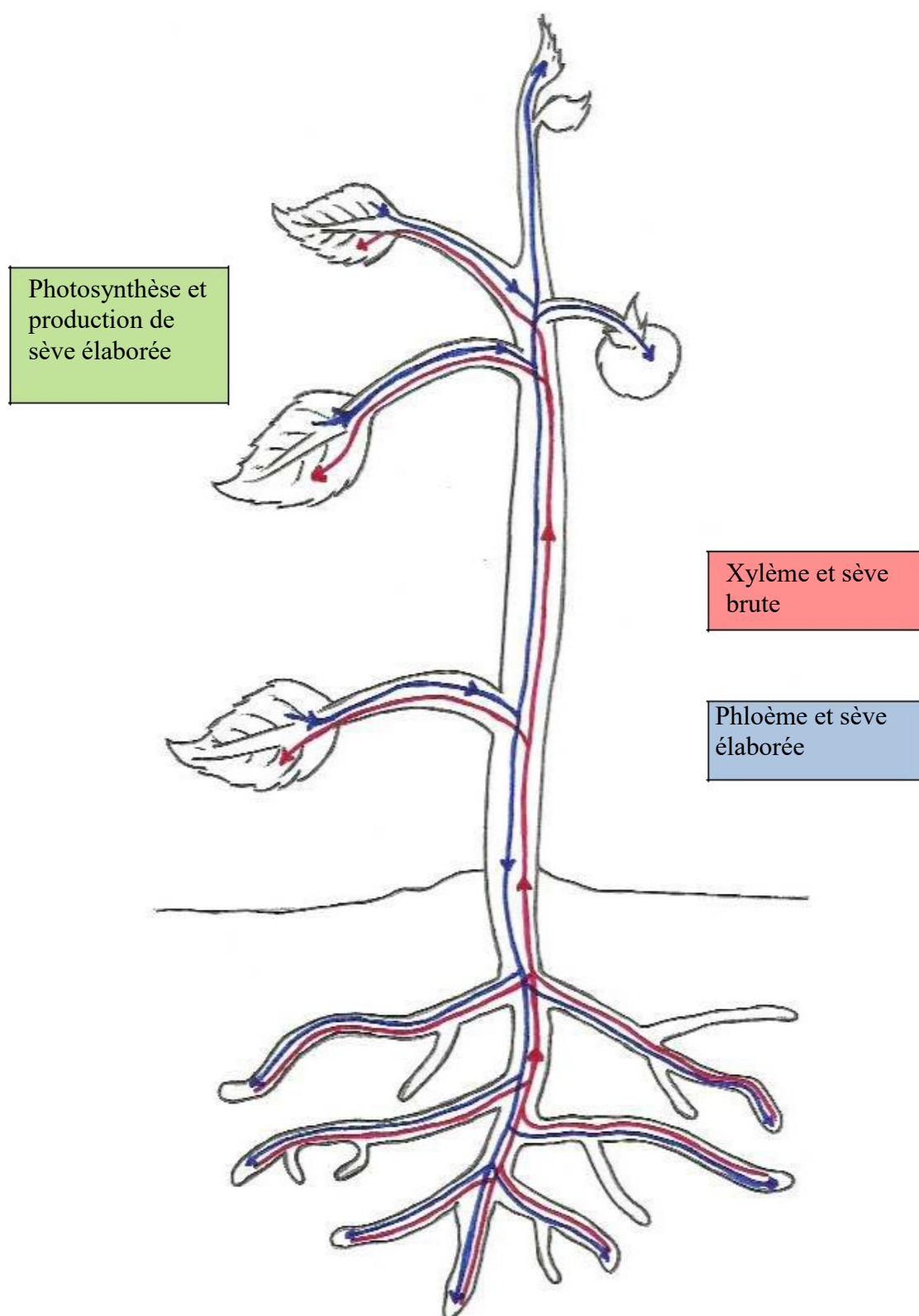


Figure 5 : Circulation de la sève brute et de la sève élaborée dans une plante

c. Autres composés

Les autres composés représentent moins de 0,03% à 10% de la matière sèche du nectar selon les auteurs [14]et [9].

Le nectar contient également des acides aminés, des protéines (peptides, albumines et enzymes), des lipides, des vitamines (acide ascorbique), des substances aromatiques, des composants inorganiques tels que des sels minéraux et des ions (du potassium, du sodium et des chlorures), ainsi qu'une grande quantité de corps non identifiés [17]et [18].

Selon [12], des composants secondaires toxiques ou répulsifs (des alcaloïdes, des phénols et des glucosides), souvent associés à la défense de la plante contre les herbivores, ont été retrouvés dans le nectar de plusieurs espèces de plantes.

Enfin, dans les conditions naturelles, le nectar n'est jamais stérile. Il héberge en quantité variable les micro-organismes les plus variés, et ceux-ci peuvent participer à sa transformation chimique [15].

2. Facteurs de variation

La production de nectar dépend de nombreux facteurs, externes ou internes à la plante : la photosynthèse et l'approvisionnement en constituants organiques du nectar, la croissance de la plante et le processus sécrétoire proprement dit.

a. Influence des facteurs externes

[19] a étudié l'influence des facteurs externes sur la production du nectar. Il distingue les facteurs climatiques et les facteurs telluriques.

Facteurs climatiques

La photosynthèse est essentielle à l'approvisionnement des nectaires en constituants organiques. L'ensoleillement est considéré comme le facteur environnemental le plus important.

L'impact de la **température** sur la production de nectar est plus discuté. Il est en effet difficile d'isoler les effets de la température sans les relier aux conditions d'ensoleillement.

Peu de données indiquent un impact de l'**humidité** sur la sécrétion nectarifère. En revanche une fois sécrété, le nectar échange des molécules d'eau avec l'atmosphère. Les variations d'humidité atmosphérique peuvent aussi modifier l'accessibilité et l'attractivité de la plante pour les insectes.

Facteurs telluriques

Contrairement aux facteurs climatiques, les facteurs liés au sol ont un intérêt pratique puisqu'ils peuvent être influencés par l'activité humaine.

Un **approvisionnement du sol en eau** convenant à une bonne croissance végétative et reproductive est une condition nécessaire à la réalisation d'une bonne saison apicole.

De même, tous les facteurs améliorant la **fertilité du sol** (phosphore, potassium, azote, etc.) améliorent la production nectarifère. Cependant, si ces facteurs sont en excès, l'effet inverse se produit : le nectar est alors généralement moins concentré ou moins abondant.

b. Influence des facteurs internes

[20] et [9] ont montré qu'il existe un facteur génétique conditionnant la quantité de nectar produit par les nectaires de tournesol (*Helianthus annuus*).

[20] montre également que la production de nectar conditionne en grande partie le degré d'attraction et par conséquent la fréquence de passage des agents pollinisateurs de même que l'intensité de la pollinisation de la culture. Cette notion est intéressante car elle implique que les ingénieurs agronomes ont non seulement intérêt à sélectionner des variétés de tournesol qui produisent beaucoup d'huile, mais aussi des variétés aux qualités mellifères importantes.

B. La transformation du nectar en miel

La transformation du nectar en miel est réalisée par les abeilles ouvrières (femelles non reproductrices) à partir de leur dixième jour de vie.

1. Collecte du nectar par l'abeille

Pour produire 100g de miel, l'abeille butineuse doit visiter un nombre considérable de fleurs (*figures 6 et 7*) : environ un million selon [21].

Elle aspire le nectar de chacune d'entre elles à l'aide de sa trompe (*figures 8 et 9*). L'appareil suçoir est composé d'un ensemble de pièces buccales dont principalement : des palpes labiaux, des galea des maxillaires et de la langue. L'ensemble est parfaitement étanche, ce qui permet l'aspiration du liquide sucré par les muscles du pharynx. Le nectar est ainsi envoyé dans l'œsophage puis dans le jabot [22].

Des glandes annexes ont également un rôle important [5]. Afin que l'aspiration soit plus facile, l'abeille dilue le

nectar avec de la salive, mélange de sécrétions riches en enzymes, provenant des glandes pharyngiennes labiales et

thoraciques [22].



Figure 6 : Butineuse au travail sur une fleur de pommier (Malus sp.)



Figure 7 : Butineuses sur un Laurier du caucase (Prunus laurocerasus caucasica)

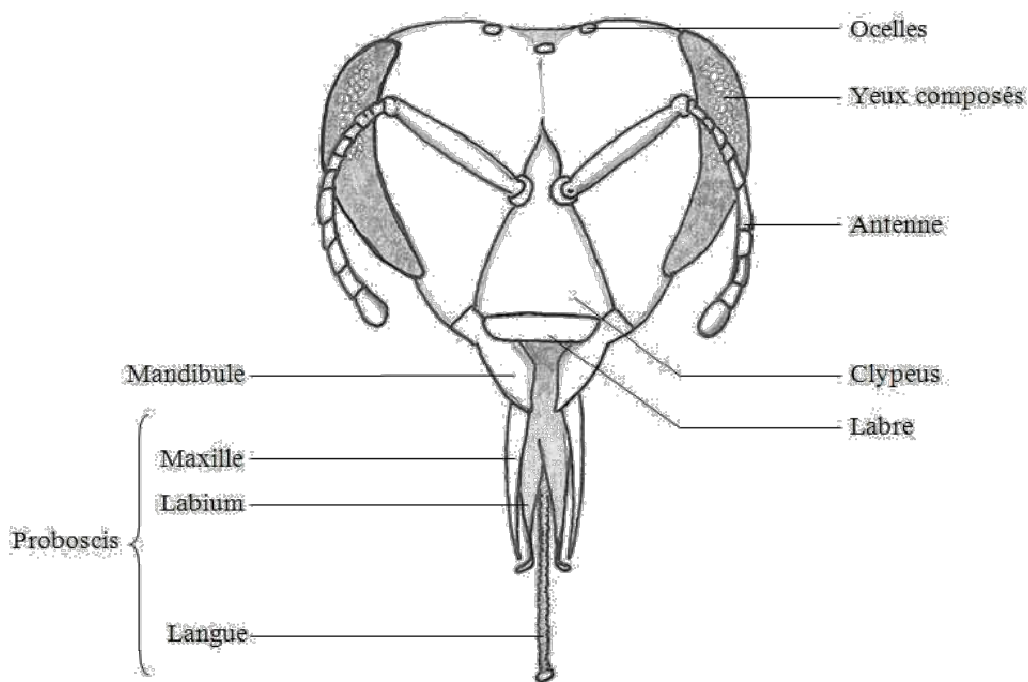


Figure 8 : Schéma de la tête et des pièces buccales d'une abeille ouvrière
Schéma dessiné par LEQUET L. d'après [22] et [23]

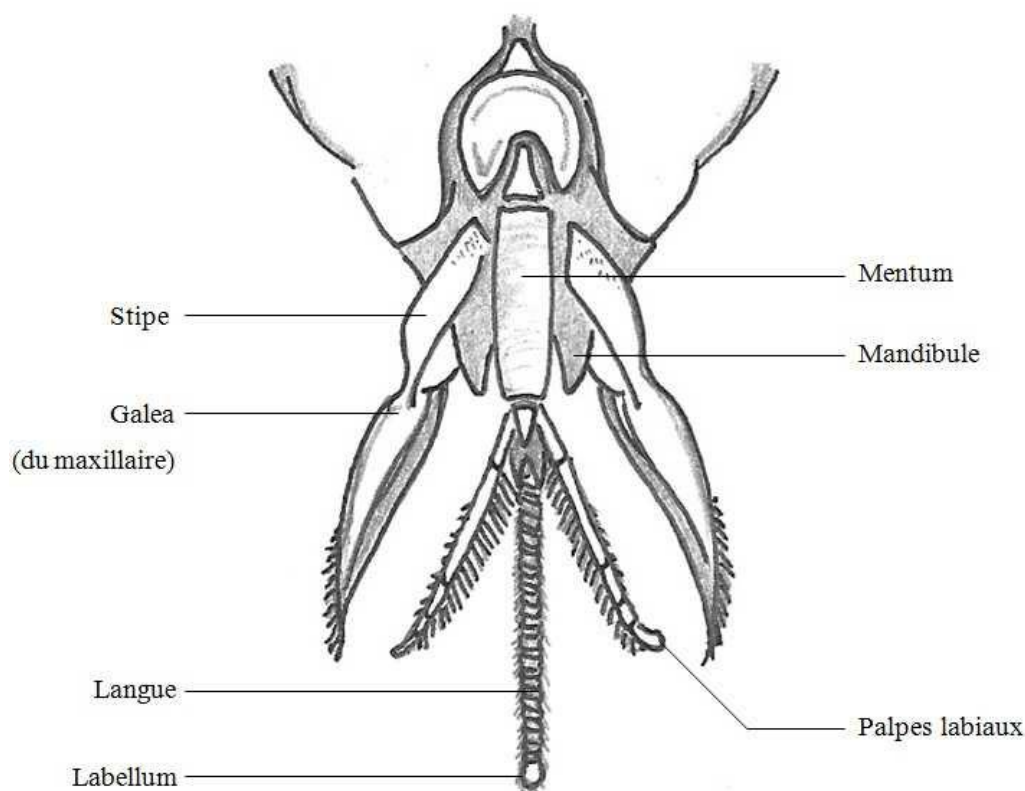


Figure 9 : Schéma de la trompe (ou proboscis) d'une abeille ouvrière

Schéma dessiné par LEQUET L. d'après [22] et [23]

Après son aspiration par la trompe, le nectar arrive dans le jabot. Celui-ci peut contenir jusqu'à 60 mm³ de liquide. Il est ouvert du côté de l'œsophage et fermé par le proventricule du côté de l'intestin moyen (figure 10).

Le proventricule a la fonction particulière de filtrer le contenu du jabot et d'envoyer les particules solides de petite taille (grains de pollen, spores de noséma et de loque, etc.)

dans l'intestin moyen de l'abeille, sans laisser passer le contenu liquidien. Cette filtration n'est pas absolue, mais permet d'une certaine manière à la récolte de nectar emmagasinée par l'abeille d'être purifiée [22].

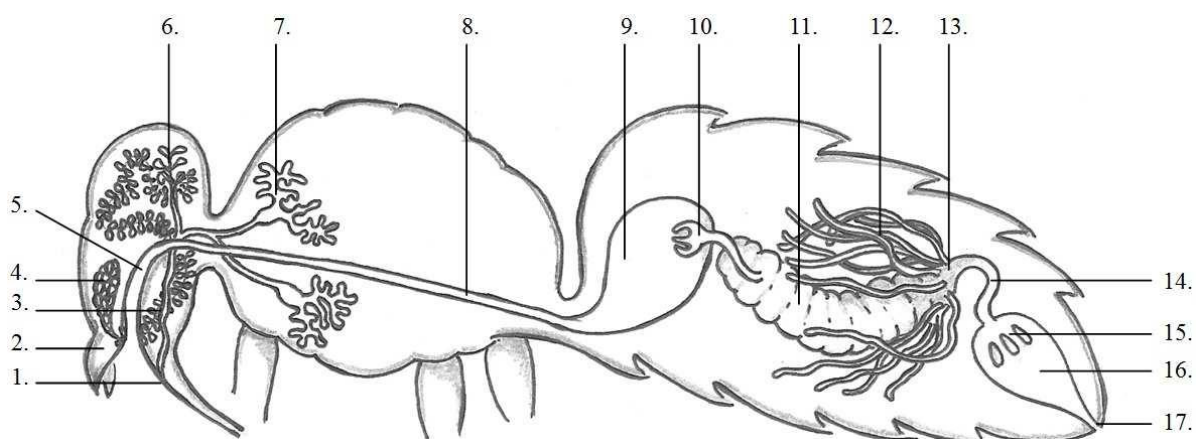


Figure 10 : Schéma de l'anatomie du tube digestif de l'abeille

Schéma dessiné par LEQUET L. d'après [22] et [23]

1.Appareil buccal 2. Glandes hypopharyngiennes (×2)
3. Glandes salivaires céphaliques (×2) 4. Glandes salivaires thoraciques (×2) 5. Canal collecteur 6. Mentum 7. Pharynx
8. Œsophage 9. Jabot 10. Proventricule

11. Ventricule 12. Pylore 13. Tubes de Malpighi (environ 200) 14. Intestin grêle 15. Glandes rectales 16. Ampoule rectale 17. Anus

2. Maturation du nectar en miel

La maturation du nectar en miel consiste en une transformation des sucres et une diminution de la teneur en eau. Elle commence dès la récolte du nectar par l'abeille, se poursuit lors du stockage dans la ruche et même un peu après la récolte du miel par l'apiculteur [24] et [22].

En moyenne, la durée de maturation du miel est de 2 à 5 jours. Elle dépend :

- de la teneur en eau initiale lors de l'emmagasinement du miel dans les alvéoles,
- de la quantité de miel présente dans les cellules,
- de la température et du degré d'humidité de l'air à l'intérieur de la ruche,
- de la place dont les abeilles disposent dans la ruche.[24] et [22]

Lorsque la butineuse rentre à la ruche, elle régurgite de son jabot le liquide récolté et le transmet à d'autres ouvrières par la gouttière linguale.Des échanges successifs entre abeilles vont permettre un enrichissement de ce liquide en enzymes et sa déshydratation.Quand la teneur en eau de la goutte de matière première est de 40 à 50%, elle est déposée dans une alvéole(*figure 11*).

Lors d'une récolte très abondante, la matière première subit peu de passages d'une abeille à l'autre et est assez rapidement entreposée.Lors des récoltes modérées, le processus de maturation a lieu pendant plus longtemps [24] et [22].

Les sucres caractéristiques du miel mûr apparaissent suite à différentes réactions enzymatiques.Les enzymes apportées par la salive (et en particulier l'invertase) hydrolysent le saccharose en glucose et fructose. Cette réaction d'hydrolyse est appelée « inversion du saccharose », car le saccharose est dextrogyre¹ et le produit de l'hydrolyse (glucose et fructose) est lévogyre [24] et [22].Une autre enzyme appelée glucose-oxydase catalyse l'oxydation de certaines molécules de glucose en acide gluconique, ce qui confère au miel son acidité. Lors de cette réaction, du peroxyde d'hydrogène est également produit [25], [24] et [22].La déshydratation subie par le nectar en cours de maturation s'explique par le fait que son degré hygroscopique soit plus élevé que celui de la ruche. Les abeilles y maintiennent en effet une température élevée (proche de 35°C) ce qui diminue le taux d'humidité.Puis commence la phase d'évaporation passive de l'eau qui dure 1 à 3 jours pendant lesquels les abeilles ventilent les cadres par un mouvement rapide des ailes pour amener la **teneur en eau à environ 18%**[24] et [22].Lorsque le miel est mature et qu'il a atteint un faible degré d'humidité, la glucose-oxydase devient inactive et le produit se stabilise. Les abeilles cirèrent operculent l'alvéole à l'aide d'une fine couche de cire, imperméable à l'air, ce qui permet une longue conservation du miel (*figure 12 et 13*).



Figure 11 : Remplissage des alvéoles par du miel frais

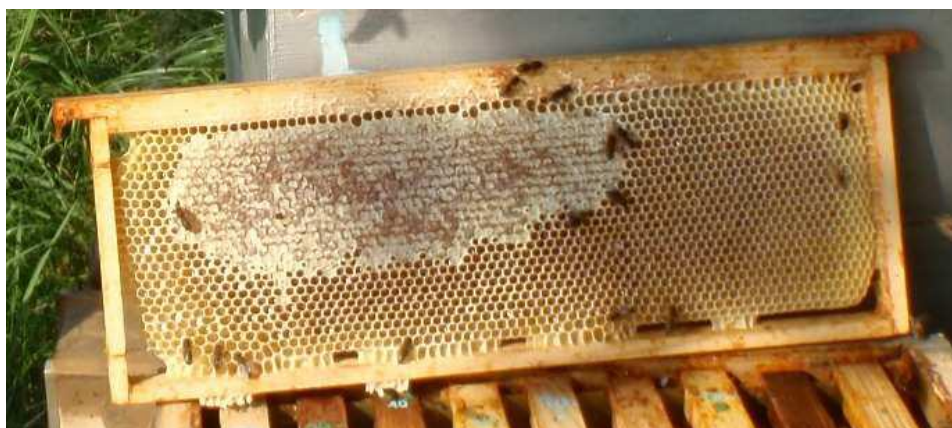


Figure 12 : Cadre de miel en cours de maturation (imparfaitement operculé)



Figure 13 : Cadre de miel operculé

3. Récolte

La technique de récolte décrite ci-après est celle utilisée par la plupart des apiculteurs amateurs. Dès 1965, PIEL-DESRUISSEAU J. décrit avec précision les différentes étapes ainsi que les moyens (outils, machines et locaux) et les méthodes de travail les plus efficaces en tenant compte du personnel disponible.

a. Pose des hausses

La récolte de miel se prépare dès la pose des premières hausses. Lorsque la colonie est suffisamment développée (ruche occupée par 7 ou 8 cadres de couvain), l'apiculteur dépose une hausse sur le corps de la ruche. Le moment de la pose des hausses est important et dépend de la situation géographique, du climat et de l'environnement botanique. Une pose prématurée risque d'entraîner une mortalité larvaire préjudiciable au développement de la colonie ou une ponte de la reine dans cette hausse et non plus dans le corps de ruche. Une pose tardive favorise l'essaimage par manque de place dans la ruche. Il est possible d'empiler plusieurs hausses en s'assurant que la structure corps-hausse soit stable.

b. Sélection des cadres de miel à récolter

Lors de la récolte, il est important de ne sélectionner que les cadres parfaitement operculés. Un tri parmi les cadres est effectué régulièrement au cours de la saison apicole afin de disposer les cadres operculés dans les hausses situées en haut de la ruche, et les cadres les plus vides dans la hausse la plus proche du corps de ruche afin de faciliter son remplissage.

c. Mise en place d'un chasse-abeilles

Deux jours avant la récolte, il est conseillé de placer un chasse-abeilles entre le corps et les hausses à récolter afin de limiter le nombre d'abeilles présentes dans les hausses. Les abeilles restantes seront balayées délicatement le jour de la récolte.

Pour des raisons de sécurité évidentes, il est en effet important de ramener à la miellerie le moins d'abeilles possible.

d. Transport

Les hausses pleines de cadres de miel operculés doivent être transportées (*figure 14*) proprement, et solidement arrimées jusqu'à la miellerie et pendant le déchargement.



Figure 14 : Transport des hausses en brouette jusqu'à la miellerie

e. Désoperculation

Avant d'extraire le miel d'un cadre, il est indispensable de retirer la fine pellicule de cire qui obstrue les alvéoles remplies de miel grâce à un couteau ou à une griffe à

désoperculer en acier inoxydable (*figure 15*). Les déchets de cire obtenus sont mis de côté dans un bac spécial afin de permettre la récupération de la cire (pour en faire des bougies par exemple) et du miel qu'elle emporte avec elle (pour l'utiliser comme nourriture pour les abeilles).



Figure 15 : Désoperculation

f. Centrifugation

Une fois libérés de leurs opercules, les cadres sont placés dans la centrifugeuse, en les répartissant de manière équilibrée selon leur poids. La rotation s'effectue ensuite de manière progressive jusqu'à ce que tout le miel contenu dans les alvéoles soit projeté contre les parois (*figure 16*). Le miel glisse le long des parois, s'accumule au fond de l'extracteur et est récupéré par l'apiculteur après ouverture de la vanne (*figure 17*).

g. Filtration

Le miel est ensuite récupéré et transvasé dans le maturateur muni de filtres de diamètres décroissants (*figures 18 et 19*). En effet, à la fin de l'extraction, le miel contient de nombreux débris et impuretés, en particulier de cire ou de pollen, qu'il est nécessaire d'éliminer.

h. Maturation et écumage

Le miel est laissé au repos pendant trois à quatre jours à une température de 20°C dans un maturateur hermétiquement fermé afin que l'ensemble des impuretés remonte à la surface et constitue une écume qui sera retirée (*figures 20 et 21*).

i. Conditionnement

Après ouverture du couvercle du maturateur puis de la vanne située en partie déclive, les pots (dont les modèles seront décrits plus loin) sont remplis un à un et fermés immédiatement (*figure 22*).

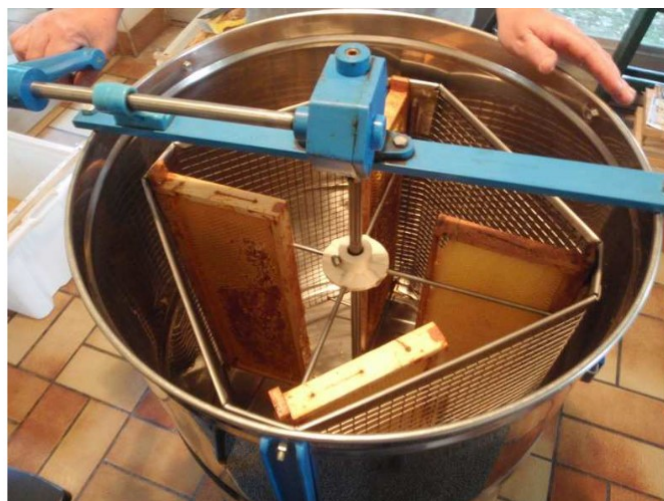


Figure 16 : Centrifugation

j. Etiquetage

Tous les pots de miel destinés à la vente se verront préciser leur poids et leur origine florale selon les règles d'étiquetage que nous étudierons plus loin.

k. Après l'extraction

Les hausses vides doivent être replacées sur les ruches pendant deux jours afin que les abeilles récupèrent totalement les dernières gouttes de miel qu'elles contiennent. Seules des hausses parfaitement vides pourront être stockées pour la saison suivante.

C. Le miel

Le dictionnaire Petit Robert définit le miel comme une « substance sirupeuse et sucrée, de couleur ambrée, que les abeilles élaborent dans leur jabot avec le nectar des fleurs ou d'autres matières végétales, et qu'elles dégorgent dans les alvéoles des rayons pour la nourriture de leur communauté ».

Le mot « miel » est issu du latin *mel*, *mellis* qui signifie « miel » et « douceur » apparenté au grec *meli*, *melitos* ainsi qu'au gothique *milith*. Le miel est ainsi étroitement lié à la notion de douceur, autant dans la littérature que dans l'esprit du consommateur.



Figure 17 : A la sortie de l'extracteur



Figure 18 : Filtration

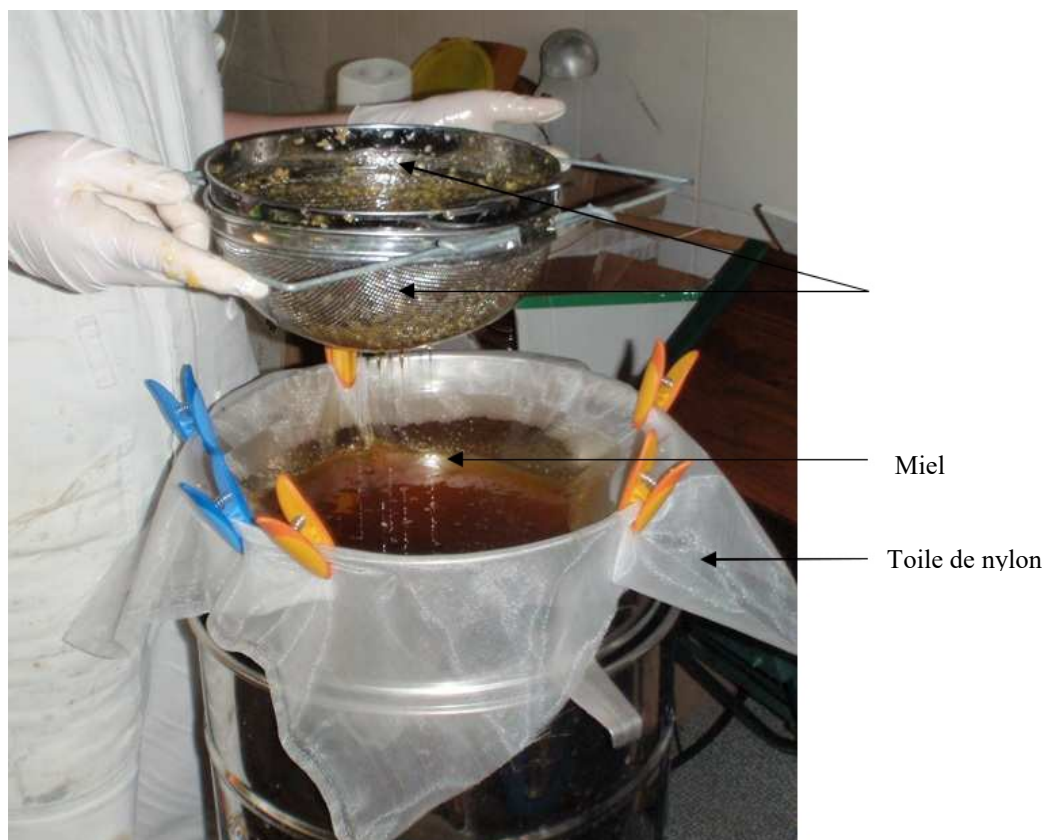


Figure 19 : Les trois filtres nécessaires à la filtration du miel



Figure 20 : Maturateur équipé defiltres



Figure 21 : Intérieur du maturateur après trois jours de repos



Vanne du maturateur

Figure 22 : Mise en pot

1. Définition légale

En France, le miel est actuellement défini par le décret n°2003-587 du 30 juin 2003 qui transcrit en droit français la directive européenne n°2001/110/CE du Conseil du 20 décembre 2001. Réglementairement, le miel est de fait « la substance sucrée naturelle produite par les abeilles de l'espèce *Apis mellifera* à partir du nectar de plantes ou des sécrétions provenant de parties vivantes des plantes ou des excréments laissés sur celles-ci par des insectes suceurs, qu'elles butinent, transforment, en les combinant avec des matières spécifiques propres, déposent, déshydratent, entreposent et laissent mûrir dans les rayons de la ruche. A l'exception du miel filtré, aucun pollen ou constituant propre

au miel ne doit être retiré, sauf si cela est inévitable lors de l'élimination de matières organiques et inorganiques étrangères. »

La détention, la vente ou la distribution gracieusesous l'appellation « miel » de tout produit ne répondant pas aux dispositions de ce décret est strictement interdite.

Les miels produits par des espèces proches de l'abeille domestique telles que *Apis cerana* et *Apis dorsata*, ou encore par les abeilles mélipones ou par les bourdons, seront obligatoirement identifiés autrement, leur composition en sucres étant très différente [26].

Le miel est donc, par définition, un produit 100% naturel, l'homme n'intervenant absolument pas dans sa fabrication proprement dite. Le travail de l'apiculteur consiste à fournir aux abeilles des conditions favorables, puis à récolter le miel, à s'assurer qu'il soit de bonne qualité et qu'il se conserve correctement.

On distingue en général les miels destinés à la consommation de ceux destinés à l'industrie. Le miel utilisé à des fins industrielles, en tant qu'ingrédient dans d'autres denrées alimentaires destinées à être transformées, peut présenter un goût étranger ou une odeur étrangère, avoir fermenté ou avoir été surchauffé [27] et [28].

2. Composition du miel

Comme nous l'avons vu précédemment, le nectar à l'origine du miel possède une composition différente pour chaque plante [10] cité par [9]. Cette différence, aussi infime soit-elle, se retrouve dans les miels, ce qui leur donne une saveur, une couleur ainsi qu'une évolution propre. Comme pour les vins, les récoltes de miels sont différentes selon les régions, mais aussi selon les conditions climatiques de l'année. On n'obtient donc jamais le même miel d'une année sur l'autre.

Les principaux constituants chimiques du miel sont proches de ceux du nectar : l'eau, les glucides

(monosaccharides tels que le glucose et le fructose ou polysaccharides tels que le maltose, le saccharose, le mélézitose, l'erlose), les acides organiques (libres ou combinés sous formes de lactones), les protides et les matières minérales.

Le miel contient également les enzymes provenant des sécrétions salivaires de l'abeille : la diastase ou amylase (qui provoque la dégradation de l'amidon en dextrine puis en maltose) et l'invertase (qui provoque la scission du saccharose en fructose et en glucose).

On y trouve aussi des vitamines, des arômes, des lipides, du glycérol (résultat d'une fermentation), des grains de pollens, des levures, des grains d'amidon, des spores de champignons, des algues, etc. Enfin, le 5-hydroxy-2-méthylfurfural (HMF) est un composant retrouvé systématiquement à l'état de traces dans le miel. Il provient de la dégradation du fructose et est un excellent indicateur de qualité.

Le miel doit, dans la mesure possible, être exempt de matières organiques et inorganiques étrangères à sa composition (particules de cire, résidus ou contaminants).

[29], [30] résume parfaitement les résultats des différents travaux relatifs à la composition du miel (figure 23).

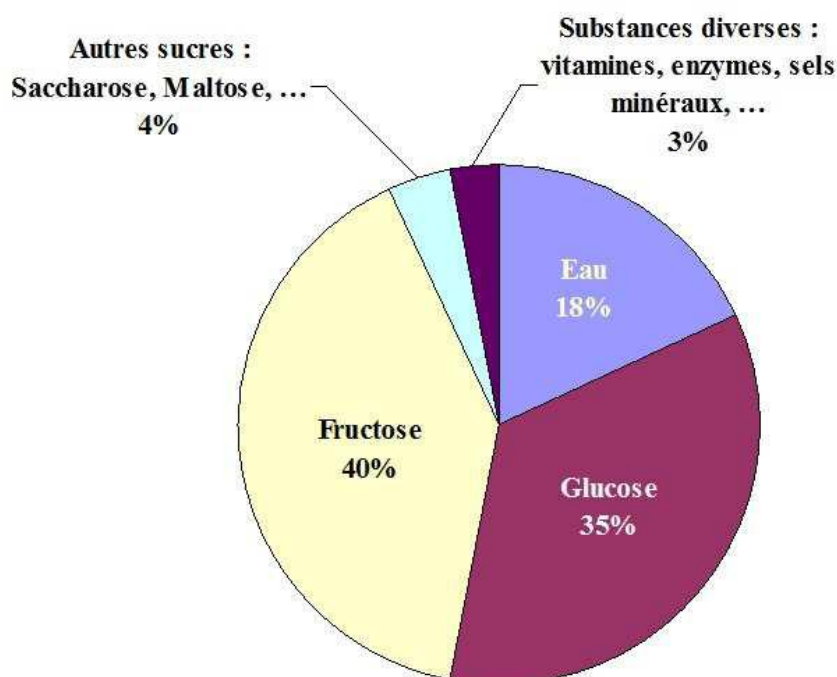


Figure 23 : Diagramme de composition du miel d'après [29], [30]

La composition biologique présentée ci-dessus a été précisée dans un cadre légal par l'annexe II du **Décret n°2003-587 du 30 juin 2003**. Les caractéristiques légales de la composition d'un miel destiné à la consommation humaine sont les suivantes :

a. Eau

La teneur en eau varie entre 14 et 25% selon les miels. L'humidité du miel favorisant sa fermentation, nous verrons que pour qu'un miel de fleurs se conserve plus de 2 ans, il ne faut pas que sa teneur en eau dépasse 18%. Le législateur a fixé une limite à 20% d'humidité pour la majorité des miels, à l'exception des miels suivant : 23% d'humidité pour le miel de bruyère *Calluna* destiné à la consommation directe, 23% d'humidité pour les miels destinés à l'industrie, à l'exception du miel de bruyère *Calluna* destiné à l'industrie dont le taux d'humidité peut atteindre 25% (Décret n°2003-587 du 30 juin 2003).

b. Glucides

Selon les miels, les glucides représentent 90 à 99% de la matière sèche. Les principaux sucres constitutifs du miel sont le fructose et le glucose. De nombreux autres sucres sont également présents dans le miel, en plus faible quantité. Certains sont d'origine purement végétale (ils entrent dans la composition du nectar ou du miellat) : le glucose, le fructose, le saccharose, le kestose, le mélézitose et le raffinose. D'autres, tels que le maltose, l'isomaltose, l'erylose et le dextrantriase, apparaissent seulement comme des produits secondaires après transformation par les enzymes de l'abeille.

La proportion des différents sucres présents dans le miel est très aléatoire. Elle dépend, en effet, directement du type de fleurs butinées par les abeilles [30]. Les nectars de ces fleurs sont caractérisés par leur ratio saccharose / (glucose + fructose), qui est constant au sein d'une espèce mais varie grandement d'une espèce à l'autre [12]. Il est par conséquent impossible d'obtenir deux fois le même miel sur le même site, lors de deux récoltes différentes de la même année ou d'une année à l'autre.

La teneur totale en fructose et glucose ne doit pas être inférieure à 60g pour 100g d'un miel de fleurs et 45g pour 100g d'un miel de miellat ou mélange de miel de miellat avec du miel de fleurs (Décret n°2003-587 du 30 juin 2003).

En ce qui concerne le saccharose, on ne doit pas en trouver plus de 5g dans 100g de miel. Quelques particularités sont à détailler pour certains miels :

- Pour le miel d'acacia (*Robinia pseudoacacia*), de luzerne (*Medicago sativa*), d'agrumes et de quelques autres plantes exotiques, ce seuil est de 10g / 100g.
- En ce qui concerne le miel de lavande (*Lavandula* spp.) et de bourrache (*Borago officinalis*), on ne peut dépasser 15g / 100g (Décret n°2003-587 du 30 juin 2003).

Enfin, le miel ne contient que très peu d'amidon, car une enzyme de l'abeille, la diastase ou amylase, provoque la dégradation de l'amidon du nectar en dextrine puis en maltose.

c. 5-hydroxy-2-méthylfurfural (HMF)

L'HMF est un composé organique dérivé de la déshydratation du fructose. Ni les nectars ou miellats, ni les miels frais n'en contiennent.

Cette molécule apparaît au cours du processus de vieillissement naturel du miel. Ce processus est accéléré si les miels sont **chauffés** ou s'ils sont très **acides**. L'analyse de la quantité d'HMF est donc une excellente méthode pour apprécier la qualité d'un miel : son vieillissement et son chauffage [31], [32], [33] et [34].

Du point de vue légal (Décret n°2003-587 du 30 juin 2003), les teneurs limites en HMF sont les suivantes :

- en général et à l'exception du miel destiné à l'industrie, le seuil maximal est de 40 mg/kg,
- les miels et mélanges de miels provenant de régions ayant un climat tropical ne peuvent excéder 80 mg/kg.

A une température de stockage de 4°C, en fonction de son acidité, un miel mettra 20 à 80 ans pour atteindre le seuil légal de 40mg/kg. A température ambiante de 20°C (température de stockage chez la plupart des consommateurs), cette durée sera de 2 à 4 ans. Si le miel est porté à température plus élevée, même pendant un court moment, la teneur en HMF augmentera plus vite.

d. Acides

Les miels contiennent des acides organiques (dont certains sont volatils), ainsi que des lactones. Leur provenance est diverse : certains sont issus du nectar directement, d'autres sont le fruit de réactions enzymatiques et de fermentations. Les acides identifiés dans le miel sont : l'acide gluconique (constituant acide majoritaire, issu du glucose), les acides butyriques, l'acide acétique, l'acide

formique, l'acide lactique, l'acide succinique, l'acide pro glutamique, l'acide malique et l'acide citrique.

L'acidité totale est la somme des acides libres et des lactones. Légalement, elle ne doit pas dépasser 50 milliéquivalents par kg. Pour les miels destinés à l'industrie, la limite tolérée est de 80 milliéquivalents (Décret n°2003-587 du 30 juin 2003).

e. Protides

Les miels convenablement récoltés sont pauvres en protéines, la source de protéine dans la ruche étant le pollen. Quelques traces de pollen sont cependant inévitables et participent d'ailleurs à son identification florale.

Seul le miel de bruyère *Calluna* contient une protéine particulière, responsable de l'évolution de sa viscosité au cours du temps.

f. Sels minéraux

La teneur en sels minéraux d'un miel est en générauffaible, avec d'importantes variations : les miels foncés en contiennent plus que les miels clairs.

g. Vitamines

Le miel contient une quantité infime de vitamines, probablement issues des quelques grains de pollen qu'il renferme.

Le miel de menthe (*Mentha aquatica*) a la particularité de contenir de la vitamine C (ou acide ascorbique).

h. Enzymes

Les enzymes contenues dans le miel sont de deux origines : végétale et animale. Le nectar contient des enzymes produites par les nectaires de la plante. Les abeilles y ajoutent des enzymes provenant de leurs glandes salivaires.

Deux enzymes sont étudiées plus particulièrement : l'**invertase**, qui provoque la scission du saccharose en fructose et en glucose, et l'**amylase** (couramment appelé **diastase**), qui provoque la dégradation de l'amidon en dextrine puis en maltose.

On trouve également une catalase, une phosphatase et une glucose-oxydase. Cette dernière transforme le glucose en acide gluconique, principal acide du miel (comme nous l'avons vu dans le paragraphe sur la maturation du miel).

L'activité enzymatique du miel est utilisée comme indicateur de chauffage du miel. D'un point de vue légal, un miel ne doit, en effet, pas être chauffé au point que ses

enzymes naturelles soient détruites ou considérablement inactivées. Or cette destruction est proportionnelle au temps et à la température de chauffage.

Légalement, l'indice diastasique d'un miel doit être supérieur à 8, à l'exception des miels destinés à l'industrie. Pour les miels ayant une faible teneur naturelle en enzymes (par exemple les miels d'agrumes) et une teneur en HMF inférieure à 15 mg/kg, l'indice diastasique doit être supérieur à 3.

i. Colloïdes

La teneur en colloïdes varie entre 0,1% et 1%. Ils sont constitués principalement par des protéines, des substances cireuses, des pigments, des pentosanes et diverses autres substances. Les colloïdes sont responsables de la turbidité lorsque l'on dilue un miel dans l'eau.

j. Substances aromatiques et composés phénoliques

Les **substances aromatiques** sont, comme leur nom l'indique, à l'origine de l'arôme du miel. Seules quelques unes ont été identifiées, notamment l'antranilate de méthyle, le diacétyl, le formaldéhyde, l'acétaldéhyde, l'acétone et l'isobutyraldéhyde.

Depuis quelques années, plusieurs auteurs s'efforcent de trouver des marqueurs de l'origine florale des miels. Certains pensent que les substances aromatiques sont de bons candidats. Dans une publication récente, [35] a étudié l'antranilate de méthyle, comme possible facteur caractéristique desmiels des plantes du genre *Citrus* (oranger, citronnier, mandarinier, pamplemoussier, clémentinier, etc.). Ses résultats montrent qu'en réalité cette substance aromatique ne peut pas servir de marqueur pour ces miels unifloraux [35].

Les **composés phénoliques** sont retrouvés principalement dans la propolis, car ils proviennent souvent des sécrétions de bourgeons et autres exsudats des plantes. Quelques études en parlent cependant en tant que composants du miel.

On en distingue trois familles : les acides benzoïques, les acides cinnamiques et les flavonoïdes. Leur composition dans le miel varie elle aussi avec l'origine florale [36].

Certains phénols participent à l'arôme au même titre que les substances terpéniques (caractéristiques de la lavande ou du sapin) ou d'autres composés à noyau aromatique d'origine naturelle, tels les acides phénylacétique et benzoïque (abondants dans les miels de bruyère). Certains composés phénoliques sont impliqués dans les qualités organoleptiques du miel (l'amertume du miel d'arbousier de

Sardaigne, par exemple). Les substances phénoliques interviennent également sur la couleur du miel : la couleur jaune, par exemple, est liée aux flavonoïdes.

Ces substances phénoliques possèdent certaines activités biologiques intéressantes :germicide, bactériostatique et anti-inflammatoire [36].

[37] a également cherché à évaluer si les flavonoïdes pouvaient être utilisés comme marqueurs de l'origine florale des miels. Il a déterminé que le miel de bruyère *Erica* renferme de la myricétine, celui de bruyère *Calluna* de l'acide ellagique et celui d'oranger de la flavanone hespérétine. Selon lui, l'utilité des flavonoïdes en tant que marqueurs de l'origine botanique reste donc à explorer [37].

3. Paramètres physiques

L'annexe II du Décret n°2003-587 du 30 juin 2003 définit non seulement la composition légale du miel, mais encadre aussi les paramètres physiques légaux du miel.

Nous détaillons ci-après ces différents paramètres, et expliquerons leur appréciation dans la deuxième partie de ce document.

a. Conductivité électrique

La conductivité électrique représente la capacité d'un corps à permettre le passage du courant électrique. Elle est exprimée en Siemens par centimètre (S/cm). Selon leur origine florale, les miels ont une conductivité variable. D'une manière générale, les miels de miellat conduisent beaucoup mieux le courant que les miels de fleurs [30].

Du point de vue législatif, la conductivité doit être supérieure à 800µS/cm pour les miels de miellat et de châtaignier et inférieure à 800µS/cm pour la majorité des autres miels (Décret n°2003-587 du 30 juin 2003).

b. Coloration

La coloration est une caractéristique physique importante des miels car elle est en rapport avec leur origine florale ainsi qu'avec leur composition. La couleur du miel peut aller d'une teinte presque incolore au brun sombre. Le chauffage, le vieillissement ainsi que la lumière provoquent une intensification de la coloration du miel [30].

c. Turbidité

Lorsque les miels sont sous forme liquide, ils sont généralement très transparents. Ils contiennent cependant des éléments en suspension qui leur confèrent une certaine turbidité (levures, poussières, grains de pollen, colloïdes, etc.) [30].

La néphélométrie est une des techniques de mesure de la teneur en particules en suspension ou de la turbidité d'un milieu (respectivement gazeux ou liquide). Elle fait partie de la photométrie des milieux troubles. Elle consiste à mesurer la lumière diffusée à 90° d'angle par rapport à la lumière incidente. L'instrument utilisé pour faire les mesures est le néphélomètre. Il est généralement constitué d'une source de lumière blanche ou de lumière infrarouge.

d. Indice de réfraction

Il est inversement proportionnel à l'humidité du miel. Cette propriété est d'ailleurs utilisée pour mesurer la teneur en eau d'un miel en se référant à des tables de correspondance ([33]).

e. Consistance

En fonction de sa composition et de ses conditions de conservation, le miel peut avoir une consistance fluide, épaisse ou cristallisée.

f. Saveur

Le goût et l'arôme varient et dépendent de l'origine végétale, mais le miel ne doit pas présenter de goût étranger ou d'odeur étrangère (fumée, etc.) ni avoir commencé à fermenter.

g. pH

Le pH d'un miel est fonction de la quantité d'acides ionisables qu'il renferme ainsi que de sa composition minérale. Les phénomènes de dégradations spontanées du miel lors de son vieillissement naturel ou d'un chauffage sont largement dépendants du pH au moment de la mise en pot et font eux-mêmes évoluer le pH (le miel s'acidifie en vieillissant) (Décret n°2003-587 du 30 juin 2003 et [30].

4. Propriétés du miel

Ces nombreux composants du miel lui confèrent plusieurs propriétés intéressantes. Les hommes ont depuis toujours utilisé le miel non seulement comme nourriture mais aussi pour ses propriétés antiseptiques, comme médicament, comme substance servant à la conservation des fruits et des graines, et également dans les embaumements humains, du temps des Pharaons égyptiens.

a. Propriétés nutritives

Le miel étant composé de sucres simples, il est facilement assimilé par l'organisme : il passe dans le sang très rapidement et la glycémie décroît ensuite lentement. Il est souvent utilisé par les sportifs pour sa valeur énergétique: 310kCal / 100g. Il est cependant moins

calorique que le sucre (environ 405kCal / 100g), ce qui en fait un aliment apprécié des diététiciens [38]. Il a été prouvé que mielle favorise aussi l'assimilation du calcium et la rétention de magnésium [39].

Il est donc conseillé, autant que possible, de remplacer dans l'alimentation le sucre par du miel car il a non seulement de bonnes propriétés nutritives, mais surtout de bonnes propriétés thérapeutiques.

b. Propriétés thérapeutiques

Certaines personnes paraissent sensibilisées au miel, qui déclenche chez elles des malaises. Cependant on attribue au miel un très grand nombre de propriétés thérapeutiques (propriétés antiseptiques, antianémiques et antitussives par exemple) [40] et [41].

D'après certaines études, un miel riche en fructose peut même être consommé par des personnes diabétiques [39].

Le miel est doué d'un pouvoir bactériostatique important, de par sa haute teneur en sucres (plus de 95% de la matière sèche), sa faible teneur en eau libre (0,50 à 0,62%) et en humidité (14 à 20%), son acidité et la présence de substances à activité antibactérienne (peroxyde d'hydrogène libre et inhibine). Il est régulièrement utilisé dans le traitement des plaies, comme l'explique très bien notre consœur Camille TOMCZAK dans sa thèse d'exercice vétérinaire [42] et [43].

Cependant, lors d'un chauffage prolongé, le miel perd ses propriétés (de moitié pour un chauffage à 80°C pendant 30 min, d'un quart pour un chauffage à 65°C pendant 5 minutes) [44]. Il est par conséquent préférable d'utiliser en thérapeutique un miel qui n'a pas été chauffé à plus de 40°C.

c. Conservation du miel

i. Evolution du miel

Lors de sa conservation sur de longues périodes, le miel subit des modifications de sa composition chimique. Sa coloration devient plus intense. Son taux d'HMF augmente avec une évolution plus rapide dans la 2^e année de conservation. L'acidité libre augmente. La teneur en glucose diminue, tout comme les activités enzymatiques. Ces phénomènes sont ralentis lorsque le miel est conservé à une température aux environs de 14°C [45].

ii. Fermentation et Pasteurisation

Le miel a une tendance naturelle à fermenter s'il n'est pas conservé au sec et de manière hermétique. Lors de la fermentation, les qualités organoleptiques du miel et ses

propriétés sont détériorées. Pour ralentir ce processus, il est possible de pasteuriser le miel au même titre que le lait. La technique et ses conséquences sur la qualité du miel ont été décrites par des chercheurs de l'INRA en 1964. Sous réserve de ne pas dépasser une température de 78°C et un temps de pasteurisation de 6 minutes, les conséquences de la pasteurisation sur la qualité du miel peuvent être considérées comme minimales. Les avantages sont une stabilisation du miel à l'état liquide pendant au moins 6 mois et une garantie contre toute fermentation ultérieure [46].

iii. Cristallisation

Dans les conditions naturelles, tous les miels finissent par cristalliser dans un laps de temps plus ou moins court, du fait de leur sursaturation en sucres. La cristallisation dépend de la composition du miel, et par conséquent de son origine florale. La grande variété de miels disponibles permet donc à chacun de trouver son bonheur sensoriel. Certains consommateurs apprécient une texture pâteuse, plus facile à tartiner, d'autres préfèrent conserver un miel liquide le plus longtemps possible.

Facteurs de variation de la cristallisation

Composition en sucres

Un **rapport fructose sur glucose faible** favorise l'apparition et la multiplication des granulations et entraîne une cristallisation rapide du miel. Ceci s'explique par le fait que le fructose est presque deux fois plus soluble que le glucose. En réalité, le phénomène est un peu plus complexe, car de très nombreux sucres composent le miel et interfèrent entre eux dans le processus de cristallisation [47] et [48].

Humidité

Légalement, un miel ne doit pas contenir plus de 20 % d'eau. Il n'y a pas, bien sûr, de minimum légal. Il est possible (mais très rare) d'obtenir des miels qui approchent les 14% d'humidité seulement. Il faut cependant tenir compte de l'hygroscopie du miel au cours de sa conservation. Le miel absorbe en effet facilement l'humidité de l'air ambiant. C'est pourquoi il doit être manipulé et entreposé dans des locaux secs et dans des récipients fermés hermétiquement.

Un **rapport quantitatif élevé entre le glucose et l'eau** favorise lui aussi l'apparition et la multiplication des granulations. La richesse en glucose favorise la sursaturation des sucres. Un rapport glucose sur eau supérieur à 2 est un très bon indice d'aptitude à une

solidification rapide. Les miels qui contiennent beaucoup d'eau ont tendance à rester longtemps liquides. Selon leur composition en sucres, ils pourront malgré tout finir par cristalliser, mais avec souvent des problèmes ultérieurs de séparation de phases ou de fermentation. Cependant un miel qui contient très peu d'eau est beaucoup plus visqueux, ce qui n'autorise pas le déplacement des molécules de sucre afin de former un réseau cristallin. C'est ce qui explique que certains miels gardent une forme visqueuse, très épaisse, mais ne cristallisent pas [49] et [50]. D'après [47], la vitesse de cristallisation est optimale autour de 17 à 18 % d'eau. Au-delà, elle est ralentie parce qu'on s'éloigne de la sursaturation. En deçà, elle est ralentie parce que la viscosité augmente [47].

[51], [52] et [53] ont comparé les différents indicateurs de cristallisation et ils ont conclu que seul le rapport glucose sur eau peut être utilisé efficacement pour prédire la tendance des miels à cristalliser.

Présence d'amorces

Diverses amorces (cristaux primaires, grains de pollens, poussières, etc.) participent à la cristallisation. Elles influent sur la nature de la cristallisation (grains fins ou grossiers) ainsi que sur la vitesse de la cristallisation (plus rapide en leur présence).

La primo cristallisation d'un miel s'établit en général autour de cristaux primaires de sucres déjà présents dans le nectar. Ceux-ci servent de modèles et la cristallisation d'abord lente s'auto-accélère au fur et à mesure que se développent les nouveaux cristaux. Plus une cristallisation est rapide et plus les cristaux sont petits, ce qui est recherché car le miel est aussi plus homogène.

La température de stockage

Lorsqu'il se trouve dans la ruche, le miel est stocké à une température proche de 34°C. Il est donc toujours liquide. Une fois récolté, le miel est stocké à température ambiante, beaucoup plus basse, ce qui diminue la solubilité des sucres et enclenche le phénomène de cristallisation. La température joue un rôle important dans la vitesse de

développement des cristaux, avec un optimum connu autour de 14°C. À une température inférieure, le miel devient plus visqueux, ce qui empêche l'établissement d'un réseau cristallin [45].

Contrôle de la cristallisation par l'apiculteur

Cristallisation dirigée

Certains miels ont une tendance naturelle à produire de gros cristaux. Ils sont généralement peu appréciés en raison des sensations tactiles désagréables qu'ils laissent en bouche. Pour éviter ces désagréments, on peut contrôler la cristallisation en favorisant la multiplication rapide de petits cristaux.

La technique de l'ensemencement consiste à introduire dans un miel liquide une petite quantité de miel cristallisé finement. Ces petits cristaux se comporteront alors comme des nucléus primaires et ils serviront de trame pour le futur réseau cristallin. C'est une technique largement utilisée pour des miels comme ceux de trèfles blancs. Le miel initialement utilisé pour l'ensemencement est souvent le miel de colza [54].

Technique de liquéfaction d'un miel cristallisé

Refonte

Un consommateur qui préférerait le miel liquide au miel cristallisé peut faire chauffer très doucement le pot de miel au bain marie, jusqu'à obtenir la consistance voulue.

En ce qui concerne le producteur, il est parfois indispensable de réchauffer un miel cristallisé afin de pouvoir le reconditionner. Une liquéfaction suffisante pour la mise en pot est obtenue vers 45°C sans altérer trop gravement les propriétés biologiques et diététiques du miel si la refonte est réalisée très lentement. Si une partie du miel est chauffée à une température supérieure, elle perdra ses qualités, ce qui entraînera une dénaturation du produit. À une température comprise entre 55 et 60°C, par exemple, on obtiendra un miel parfaitement liquéfié et limpide, mais il ne recristallisera qu'avec très lentement et aura tendance à former des cristaux grossiers [55].



Figure 24 : Séparation de phase sur un miel de Framboisier



Figure 25 : Arborescence d'un miel

Utilisation d'ultrasons

Afin d'économiser du temps, il est également possible pour le conditionneur, de liquéfier le miel par ultrasons. Ceux-ci provoquent en effet des modifications thermiques et mécaniques suffisantes pour rompre les liaisons entre les cristaux et favoriser le retour à l'état liquide et semblent limiter une recristallisation ultérieure (ceci n'a cependant pas été clairement démontré).

Cette technique entraîne une moindre altération du produit. En effet, [56] a montré que la teneur en HMF est moins élevée par les ultrasons que par la température. L'impact sur l'activité diastasique est la même pour les deux techniques. La conductibilité électrique, le pH et la teneur en eau sont en général très peu modifiés dans un cas comme dans l'autre [56].

Pasteurisation

Sur les miels à cristallisation rapide, la pasteurisation retarde nettement ce processus mais ne l'empêche pas définitivement. Elle est un échec sur les miels de Bruyère qui contiennent toujours quelques impuretés jouant le rôle de noyaux de recristallisation [46].

Anomalies de cristallisation

Séparation de phase

Un miel cristallisé en séparation de phase contient une trop grande proportion d'eau par rapport aux sucres. Cette eau finit par se libérer du réseau cristallin. La phase liquide surnage tandis que les cristaux restent au fond du pot (figure 24). Cela favorise le phénomène de fermentation du miel et le rend impropre à la consommation [57].

Arborescence

Un miel en arborescence est un miel liquéfié par chauffage qui « recristallise » de façon anarchique, en arborescence (figure 25). Cela modifie l'aspect extérieur du miel et n'attire pas le consommateur, mais n'altère pas le goût du miel.

d. Emballages et modalités d'étiquetage

Depuis 2003, il n'existe plus de contenants déterminés pour le miel. Toutes les sortes de contenants sont autorisées. Néanmoins, les plus fréquents sont les pots en verre ou en plastique alimentaire, généralement de contenance 250g, 500g ou 1kg.

Les règles d'étiquetage du miel sont encadrées par le décret n°2003-587 du 30 juin 2003 et le [58]. D'après le code de la consommation, comme pour toute autre denrée alimentaire, doit figurer sur le pot de miel un étiquetage clair, en français, informant objectivement le consommateur sur la nature de sa contenance (figure 26).

L'étiquetage ne doit comporter aucune mention susceptible d'induire le consommateur en erreur par rapport à la composition ou à l'origine du produit, ni de lui faire croire que cette denrée possède des caractéristiques particulières, alors que tous les produits similaires présentent ces mêmes caractéristiques.

Le miel est considéré par le législateur comme une denrée alimentaire systématiquement préemballée avant sa présentation à la vente.



Figure 26 : Exemple d'étiquette

i. Dénominations légales de vente

C'est la partie de l'étiquette qui définit le produit. Elle est inscrite en grands caractères afin d'être visible en premier par le consommateur.

Les principales dénominations de ventes autorisées ont : « **Miel de fleurs** » ou « **Miel de nectar** » pour le miel provenant en majorité du nectar des plantes et « **Miel de miellat** » pour le miel obtenu majoritairement à partir des sécrétions sucrées laissées par les pucerons sur les plantes. Ces deux dénominations peuvent tout simplement être remplacées par « **Miel** » sans autre précision, en particulier lorsqu'on ne connaît pas l'origine exacte du miel.

D'autres dénominations de vente en rapport avec le mode de production ou de présentation doivent être mentionnées s'il s'agit de « **Miel en rayons** », de « **Miel avec morceaux de rayons** » (vendu tel quel, comme l'abeille a rempli les alvéoles dans la ruche), de « **Miel égoutté** », de « **Miel filtré** » ou de « **Miel destiné à l'industrie** ». Pour ce qui concerne le miel destiné à l'industrie, les termes : « destiné exclusivement à la cuisson » doivent être inscrits sur l'étiquette à proximité immédiate de la dénomination du produit.

Sauf pour le miel filtré et le miel destiné à l'industrie, les dénominations de vente peuvent être complétées par des dénominations de ventes spécifiques (mentionnées en plus petit caractère sur l'étiquette afin de ne pas porter à confusion).

Elles peuvent :

- soit faire référence à l'origine florale ou végétale si le produit provient entièrement de l'origine indiquée et en possède les caractéristiques organoleptiques, physico-chimiques et microscopiques (« Miel d'acacia »),
- soit faire référence à l'origine régionale, territoriale ou topographique si le produit provient intégralement de l'origine indiquée (« Miel du Jura »), mais dès lors qu'un miel bénéficie d'un signe officiel de qualité (Appellation d'Origine Contrôlée ou AOC, Indication Géographique Protégée ou IGP), le nom géographique ne peut pas être utilisé dans la dénomination de vente d'un miel ayant la même origine géographique.
- soit faire justement référence à ces critères spécifiques de qualité (Appellation d'Origine Contrôlée « Miel de Corse », Indication

Géographique Protégée « Miel d'Alsace », Label Rouge « Miel de Sapin »). Ces miels répondent à un cahier des charges strict et des contrôles réguliers en laboratoire sont effectués afin d'en garantir la qualité au consommateur.

Les miels dont la dénomination de vente est complétée par ces indications ne peuvent pas avoir été additionnés de miel filtré ou de miel destiné à l'industrie.

Certaines dénominations souvent retrouvées sur les marchés, ne sont donc plus autorisées depuis 2003. Les dénominations de vente désormais interdites sont : « Miel pur », « Miel sain », « Miel de pays », « Miel de terroir », « 100% miel » et « Miel à la gelée royale » (qui sera remplacé par « Préparation à base de miel et de gelée royale »).

Les dénominations pouvant figurées sur l'étiquette à titre de mention informative sont : « *Miel mille fleurs* », « *Miel toutes fleurs* », « *Miel crémeux* », « *Miel liquide* » et « *Miel doré* ».

ii. L'origine

Il est obligatoire d'indiquer sur l'étiquette l'origine géographique du miel (pays, département ou commune) (« *Récolté en France* »).

S'il s'agit d'un mélange de miels récoltés dans plus d'un Etat membre de la Communauté européenne ou plus d'un pays tiers, cette indication peut être remplacée par l'une des indications suivantes, selon le cas : « *Mélange de miels originaires de la CE* », « *Mélange de miels non originaires de la CE* » ou « *Mélange de miels originaires et non originaires de la CE* ».

iii. La liste des ingrédients

L'article R.112-15 du code de la consommation n'exige pas une liste d'ingrédients pour les produits ne comportant qu'un seul ingrédient à condition que la dénomination de vente soit identique au nom de l'ingrédient, comme c'est le cas pour le miel désigné sous la dénomination de vente « miel ».

Pour un miel multifloral, il faut en revanche détailler la liste des ingrédients, ce qui permet au consommateur d'être informé de la nature des fleurs butinées. Dans le cas d'un miel de fleurs, cette liste peut difficilement être exhaustive. L'apiculteur pourra cependant réaliser ou faire réaliser par un laboratoire une analyse pollinique de son miel. Les ingrédients sont classés par ordre d'importance décroissante. Pour éviter toute confusion, cette liste est inscrite en caractères plus petits.

iv. La quantité nette du produit

On trouve principalement sur les marchés des pots de miel de 250g, 500g ou 1kg, mais d'autres conditionnements font depuis peu leur apparition.

v. La date de consommation

Contrairement au vin, le miel ne se bonifie pas en vieillissant. Il évolue lentement vers la perte de ses propriétés, une augmentation de coloration, un goût plus amer, etc.

La DLUO (Date Limite d'Utilisation Optimale) « à consommer de préférence jusqu'au/avant le .../.../... » est une des mentions obligatoires qui doit figurer sur l'étiquette d'un pot de miel. Il ne s'agit pas d'une date de péremption, car le miel peut être consommé sans risque après cette date, mais d'une date limite de garantie que le miel n'a pas fermenté, qu'il respecte toujours les critères de qualités légaux et qu'il a conservé ses qualités organoleptiques et ses propriétés.

En principe, il faut mentionner clairement le jour, le mois et l'année. Toutefois, la DLUO peut ne comprendre que l'indication du mois et de l'année lorsque la durabilité estimée est comprise entre 3 mois et 18 mois ou l'indication de l'année lorsque la durabilité estimée est supérieure à 18 mois. Cette date est annoncée par la mention « A consommer de préférence avant fin (mois et année) ou (année).

Le législateur n'impose pas de DLUO. En général, par habitude, la plupart des apiculteurs choisissent une durabilité de 2 ans. Cependant certains miels vieillissent plus vite que d'autres, par exemple, si la température de conservation est élevée, si le miel est plus acide, s'il possède une teneur en eau élevée ou si la teneur en HMF est déjà élevée au moment de la mise en pot. La responsabilité revient à l'apiculteur de bien connaître l'évolution de son produit et de faire réaliser une analyse à une date proche de la DLUO pour savoir si le miel est toujours dans les normes. Selon les cas, les miels la DLUO peut être de 6 mois à 5 ans.

vi. L'identification du fabricant

Le nom (ou la raison sociale) et l'adresse de l'apiculteur récoltant doivent apparaître. « récolté et mis en pot par : ... ».

Si le conditionnement est fait par un prestataire, il faut également indiquer les coordonnées du centre d'emballage.

vii. Le numéro du lot de fabrication

A des fins de traçabilité, cette mention est obligatoire depuis 2005. En revanche, la dénomination du lot est libre. On peut par exemple choisir d'identifier un lot par la date de la récolte et/ou celle de la mise en pot. (« récolté et mis en pot le 06/06/2020 »).

viii. Les conditions particulières de conservation et d'utilisation

«Refermer soigneusement le pot après chaque utilisation. »

«A conserver dans un endroit sec, de préférence à 14°C. »

«La consommation de miel est déconseillée aux nourrissons de moins de 12 mois. »

ix. Les éventuelles particularités

«Miel maison » ou « Miel fait maison » (si le produit est préparé de manière non industrielle, sur le lieu de vente).

e. Mentions valorisantes

i. Labels et Appellations

Le fait, pour un apiculteur de choisir de travailler sous un label comporte certaines contraintes. Il est tenu de respecter un cahier des charges exigeant concernant la préparation des ruches, les dates et lieux de transhumance, la récolte du miel, son extraction à froid, sa filtration dans une miellerie agréée, la durée de maturation, le stockage dans un local approprié à température contrôlée. Il s'engage à subir des contrôles annuels, à payer des cotisations supplémentaires, etc.

En contrepartie, l'apiculteur y trouve non seulement une valorisation de son produit par un étiquetage spécifique et une promotion déjà assurée, mais aussi un meilleur accès aux informations techniques, économiques et réglementaires. Le consommateur y trouve une qualité gustative supérieure et une parfaite traçabilité du produit.

Les labels et appellations sont en outre une référence réglementaire supplémentaire pour les laboratoires d'analyse.

AOC (Appellation d'Origine Contrôlée)

Miel de sapin des Vosges

Il est encadré par le Décret du 31 août 2010 (qui abroge le décret du 30 juillet 1996 et le décret du 23 septembre 1999), et le Décret du 25 août 2003 (qui remplace le 1^{er} alinéa de l'art. 5 du décret du 23 septembre 1999).

Miel de Corse ou Mele di Corsica

Il est encadré par le Décret n°2010-1045 du 31 août 2010 relatif à l'appellation d'origine contrôlée « Miel de Corse - Mele di Corsica » (qui *abroge le décret du 30 janvier 1998 et l'arrêté du 20 mai 1998*).

IGP (Indication Géographique Protégée)

Miel d'Alsace – IG/07/96

Il est encadré par le Règlement CEE n°736/2005 de la commission du 13 mai 2005 complétant l'annexe du Règlement CEE n°2400/96 en ce qui concerne l'enregistrement d'une dénomination dans le « Registre des appellations d'origine protégées et des indications géographiques protégées ».

Miel de Provence – IG/03/95

Depuis l'Arrêté du 30 juillet 2009, l'indication géographique protégée « IG/03/95 Miel de Provence » regroupe les labels rouges « LA 13/94 Miel de toutes fleurs » et « LA 24/89 Miel de lavande et de lavandin ».

Label Rouge

Miel de sapin – LA/06/94

L'Arrêté du 20 janvier 2010 portant homologation de cahiers des charges de label rouge, est homologué du 2 février 2010 au 30 juin 2010. Il présente le cahier des charges du label rouge « LA/06/94 Miel de sapin ».

Indications de provenance

Dénomination Montagne

Le Règlement Technique National Montagne relatif au miel est défini dans l'Arrêté du 9 décembre 2005.

Dénomination « produits pays »

La mention « produits pays » est réservée aux denrées alimentaires produites et conditionnées dans un département d'outre-mer. Cette mention peut être complétée des transcriptions créoles « produits pei, peyi, pèi ou péyi ».

Miel Biologique

- Miel d'acacia
- Miel d'arbousier
- Miel d'asphodèle
- Miel de bourdaine
- Miel de bruyère blanche
- Miel de bruyère cendrée
- Miel de callune
- Miel de luzerne
- Miel de forêt ou de feuillus mais référençable "miel de metcalfa"
- Miel d'oranger
- Miel de phacelie
- Miel de pissenlit
- Miel de rhododendron

Ce miel est fabriqué selon un cahier des charges spécifique, et certifié par un organisme de contrôle (MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PÊCHE (1999)).

En application et en complément du Règlement CEE n°2092/91, le cahier des charges concernant le mode de production et de préparation biologique des animaux et des produits animaux est défini par l'Arrêté du 28 août 2000 (qui *abroge l'Arrêté du 23 février 1996*).

Appellations monoflorales

De nombreux articles sur les miels monofloraux ont été publiés récemment : [59], [60], [61], [62], [63]. Ils expliquent l'importance des appellations monoflorales, tant pour leur valeur marchande que pour les difficultés de définition qu'elles suscitent.

Les appellations monoflorales (*figure 27*) ne figurent pas en tant que dénomination de vente, mais donnent une valeur ajoutée au produit. On peut les faire figurer sur l'étiquette sous forme de « liste d'ingrédients ».

Un miel dit « monofloral » est issu d'un nectar ou d'un miellat collecté par les abeilles sur une espèce végétale en particulier. Il est obtenu lorsque l'apiculteur pose une hausse au début de la miellée de ce végétal et la retire immédiatement après, la ruche se situant dans une zone où le végétal en question constitue la très grande majorité de la flore, comme c'est le cas dans les champs de lavande, par exemple.

Des données analytiques (analyse pollinique, couleur, conductibilité électrique, spectre des sucres, etc. que nous étudierons dans la deuxième partie) permettent de caractériser la source principale ainsi que le degré de spécificité du produit. Une analyse sensorielle vient compléter ces données pour confirmer les résultats de laboratoire et attribuer au miel la valeur « monoflorale ».

- | | |
|-------------------------------------|---------------------------------|
| - Miel de cerisier | - Miel de romarin |
| - Miel de chardons | - Miel de ronces |
| - Miel de châtaignier | -Miel de sapin pectine |
| -Miel de chêne ou miel de forêt | -Miel de sapin ou miel d'épicéa |
| - Miel de citronnier | - Miel de sarrasin |
| -Miel de colza ou miel de printemps | - Miel de sarriette |
| - Miel d'eucalyptus | - Miel de serpolet |
| - Miel de fenouil | - Miel de thym |
| - Miel de lavande | - Miel de tilleul |
| - Miel de lavandin | - Miel de tournesol |
| - Miel de lierre | - Miel de trèfle |

Figure 27 : Exemples de miels monofloraux d'après [59]

f. Cas d'intoxication

Les cas d'intoxication au miel sont très rares. Il faut cependant faire attention aux espèces de plantes que butinent les abeilles (certaines sont à l'origine de miels toxiques) ainsi qu'aux conditions d'hygiène lors de la récolte du miel.

i. Miels toxiques

D'après Nicolas VIDAL-NAQUET, vétérinaire titulaire du Diplôme Inter-Ecoles d'Apiculture et Pathologie apicole, un cas d'intoxication au miel a été référencé début 2008 à la Réunion. Le miel concerné contenait très probablement une grayanatoxine, toxine contenue dans les rhododendrons ou les azalées et qui se retrouve dans le miel après butinage de ces fleurs par les abeilles. Les symptômes observés ont été des sueurs, de l'hypotension, de la bradycardie, de la diarrhée et des vomissements.[64], décrit lui aussi un cas d'intoxication avec du miel de Rhododendron en Turquie, chez un enfant de 8 ans, avec perte de conscience pendant 7 heures après l'arrivée aux urgences et après l'ingestion de seulement trois cuillerées de ce miel. Le Rhododendron est une plante à risque dans certaines régions du monde, mais ce n'est pas la seule.

Quinze cas d'intoxication à l'atropine ont été recensés au Venezuela entre 1984 et 1998 par [65], suite à la consommation de miel. Les ruches incriminées étaient situées à proximité de plants de *Datura stramonium* (*Datura stramonium*).

ii. Botulisme

Les cas de botulisme sont très rares, souvent dus à des souillures de plaie ou des contaminations alimentaires avec des préparations familiales. Cependant, le botulisme infantile est souvent associé à la consommation de miel de fabrication artisanale [66]

Le miel est en effet susceptible de contenir des spores de *Clostridium botulinum*, bactérie présente dans l'environnement, le sol et les poussières.

Dans une actualité du 14 mai 2010, l'AFSSA rappelle, conformément aux recommandations de l'OMS, que la consommation de miel est déconseillée aux nourrissons de moins de 12 mois. En cas d'ingestion de spores de *Clostridium botulinum*, les défenses immunitaires du nourrisson ne sont pas suffisantes pour empêcher la germination des spores bactériennes et la production de la toxine botulique. Cette toxine entraîne des symptômes de constipation, faiblesse générale avec perte de contrôle des mouvements de la tête et paralysie musculaire (notamment du diaphragme, ce qui peut entraîner un collapsus respiratoire nécessitant une réanimation avec ventilation assistée).

En jouant sur les sols, par géophagie, les spores de *Clostridium botulinum* peuvent aussi être facilement avalées par l'enfant mais le mode de contamination potentiel n'est pas évalué dans les publications sur ce sujet.

Deux modes de contamination du miel peuvent être envisagés : par les abeilles et par l'apiculteur. Les butineuses sont en effet susceptibles de ramener à la ruche des spores de *Clostridium botulinum*, présentes dans la poussière ou dans l'environnement. La contamination humaine est également possible par défaut d'hygiène apicole, lors de la manipulation des cadres par l'apiculteur, lorsque les hausses sont posées à même le sol ou lorsque le matériel d'extraction ne répond pas aux normes sanitaires par exemple [67].

Selon l'InVS, les cas de botulisme infantile liés au miel restent très rares (2 cas en France entre 2004 et 2008) [68]. Ces quelques cas d'intoxication n'ont pas suscité de

mesure d'analyse microbiologique systématique des miels de la part des instances européennes et nationales. Aucune norme pour le botulisme n'est donc précisée dans les textes.

En revanche, des recommandations ciblées envers les parents, les patients ayant eu une chirurgie digestive grave ou un état immunitaire défaillant et les professionnels de santé semblent plus appropriées. Une information efficace doit être mise en place, que ce soit vis-à-vis du consommateur, par un étiquetage clair, et vis-à-vis des apiculteurs, par une explication du mode de contamination du miel via un guide des bonnes pratiques apicoles. Ces mesures semblent pour l'instant suffisantes pour limiter le nombre de cas de botulisme infantile. D'une manière générale, il est déconseillé de consommer du miel provenant de pays à faible niveau d'hygiène [67].

iii. Par des résidus

L'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA) a été saisie le 30 avril 2002 par la Direction Générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des Fraudes (DGCCRF) et la Direction Générale de l'Alimentation (DGAL) sur le risque éventuel lié à la présence de résidus de tétracycline et de streptomycine dans le miel pour le consommateur afin de savoir si des seuils garantissant la santé humaine pouvaient être admis pour le miel.

Dans sa saisine n°2002-SA-0126 du 18 septembre 2002, l'AFSSA conclut que les teneurs en résidus de tétracycline et de streptomycine observées dans les échantillons de miel qu'elle a analysés ne contribuent que faiblement à la dose journalière ingérée [69].

En ce qui concerne les résidus d'antibiotiques, il ne semble donc pas pour l'instant y avoir plus de risque à manger du miel qu'à consommer de la viande.

Aucun cas d'intoxication liée à des résidus de pesticides ou de métaux lourds dans le miel n'a été référencé à notre connaissance [70].

g. Intérêt économique du miel

Les dernières données fiables concernant l'économie du miel datent de 2008. Elles sont publiées dans le document de travail des services de la commission, accompagnant le Rapport de la commission au Conseil et au Parlement Européen sur l'application des articles 105 et suivants du règlement (CE) n°1234/2007 du Conseil relatif aux actions visant à améliorer les conditions de la production et de la commercialisation des produits de l'apiculture.

i. La filière miel dans le monde

La production mondiale a atteint quasiment 1 664 200 tonnes en 2013 selon la FAO (figure 29). La plus grosse partie de la production de miel se trouve en Asie. La Chine est devenue récemment le premier pays producteur (24,5% de la production mondiale) suivie de la Turquie et de l'Argentine (5,4% de la production mondiale pour ces deux pays). Les 27 pays de l'Union Européenne produisent quant à eux 13,1% de la production mondiale.

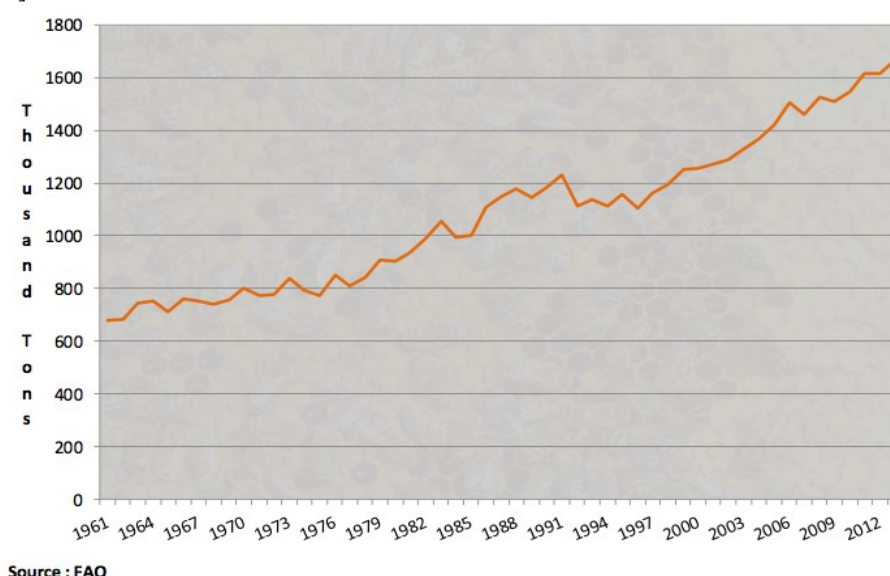


Figure 29 : Production mondiale de miel (en milliers de tonnes) de 1961 à 2013

La consommation maximale de miel a été réévaluée en 2010 par le comité du *Codex Alimentarius* à 50g par personne et par jour (contre 20g/pers./jour jusqu'à présent). Cette valeur est importante puisqu'elle servira prochainement dans le calcul des Limites Maximales Résiduelles (LMR) pour chaque résidu du miel [71].

III. CONCLUSION

Le miel est un don de la nature d'une valeur inestimable. En plus d'être un aliment de haute qualité, le miel est utilisé dans l'industrie, le cosmétique, la médecine etc. Deux sources sont à la base de la production du miel par les abeilles : le nectar ou le miellat. La composition du nectar dépend de l'espèce végétale d'où il provient. Plusieurs facteurs influencent la qualité du miel. On note entre le processus d'extraction du miel qui est complexe et influence sa qualité. Il existe également des stratégies de conservations qui peuvent favoriser une plus longue conservation en préservant la plupart des propriétés intactes. On note quelques rares cas d'intoxication au miel attribué à certaines plantes d'où les abeilles ont butinées.

IV. CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs déclarent qu'ils n'ont aucun conflit d'intérêts.

V. CONTRIBUTION DES AUTEURS

Ce travail a été réalisé en collaboration avec tous les auteurs ayant lu et approuvé le manuscrit final. L'auteur BE a fait la revue de littérature et rédigé le 1^{er} draft du manuscrit ; les auteurs ABL, CA, LE, ZV et VA ont contribué à l'élaboration du plan de rédaction, lu et corrigé le manuscrit, tandis que l'auteur CV a contribué à la collecte des documents et a aussi lu et corrigé le document.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient les membres du comité de thèse de Mme Ezéchielle Francine BOUET KOUANOU qui ont validé le plan général du présent manuscrit.

REFERENCES

- [5] Johnson R. 2007. Recent honey bee colony declines. Congressional Research Service Report for Congress (disponible sur le web: www.fas.org/srgp/crs/misc/RL33938.pdf, page consultée le 9/11/2014 à 18h30).
- [2] Winston M. L. 1987. The biology of the honey bee. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, USA, 281p.
- [3] Breeze T. D., Bailey A.P., Balcombe K. G., Potts. S. G. 2011. Pollination services in the UK: How important are honeybees? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 142:137-143.
- [4] Gallai N., Salles J. M., Settele J., Vaissière B. E. 2009. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecol. Econ.* 68: 810-821.
- [5] MARCHENAY P., BERARD L. 2007. L'homme, l'abeille et le miel. Editions De Borée, Romagnant, 224 p.
- [6] CLEMENT H. 2006. Le Traité Rustica de l'Apiculture. Editions Rustica/FLER, Paris, 528 p.
- [7] FAHN A. 2000. Structure and function of secretory cells. *Adv. Bot. Res.*, 31, 37-75.
- [8] PACINI E., NEPI M., VESPRINI J.L. 2003. Nectar biodiversity: a short review. *Plant Syst. Evol.*, 238, 7-21.
- [9] BEUTLER R. 1953. Nectar. *Bee World*, 34, 106-116, 128-136, 156-162.
- [10] WYKES G.R. 1952. An investigation of the sugars present in the nectar of flowers of various species. *New Phytol.*, 51, 210-215.
- [11] VEAR F., PHAM-DELEGUE M.H., TOURVIEILLE DE LABROUHE D., MARILLEAU R., LOUBLIER Y., LE METAYER M. *et al.* 1990. Genetical studies of nectar and pollen production in sunflower. *Agronomie*, 10, (3), 219-231.
- [12] ADLER L.S. 2000. The ecological significance of toxic nectar. *OIKOS*, 91, 409-420
- [13] DE LA BARRERA E. et NOBEL P.S. 2004. Nectar: properties, floral aspects, and speculations on origin. *Trends Plant Sci.*, 9, (2), Plant Science 9.
- [14] LÜTTGE U. 1977. Nectar composition and membrane transport of sugars and amino acids: a review on the present state of nectar research. *Apidologie*, 8, (4), 305-319.
- [15] ZIEGLER H. 1968. La sécrétion du nectar. In : CHAUVIN R. Traité de biologie de l'abeille. Editions Masson et Cie, Paris, Tome 3, 218-248.
- [16] PHAM-DELEGUE M.H. 1992. Bases comportementales et chimiques de la relation insecte pollinisateur-plante : le modèle Abeille-Tournesol en production de semences hybrides. Thèse de doctorat d'Etat Sciences de la vie (Neurosciences), Université de Paris 06, Paris.
- [17] BAKER H.G. 1977. Non-sugar chemical constituents of nectar. *Apidologie*, 8, (4), 349-356
- [18] HIEBERT S.M., CALDER W.A. 1983. Sodium potassium and chloride in floral nectars: energy-free contributions to refractive index and salt balance. *Ecology*, 64, (2), 399-402.
- [19] SHUEL R.W. 1964. L'influence des facteurs externes sur la production du nectar. *Ann. Abeille*, 7, (1), 5-12.

- [20] CIRNU I., DUMITRACHE V., HOCIOTA E., AVRAMESCU P. 1976. Variabilité de la production de nectar et du degré d'attraction des variétés et des hybrides de tournesol (*Helianthus Annuus L.*) pour les abeilles. *Rev. Fr. Apic.*, 344, 332-333.
- [21] IOÏRICHE N. 1984. Les abeilles, pharmaciennes ailées. 3e édition complétée Editions MIR, Moscou, 240 p.
- [22] MAURIZIO A. 1968. La formation du miel. In : CHAUVIN R. Traité de biologie de l'abeille. Editions Masson et Cie, Paris, Tome 3, 264-276.
- [23] REGARD A., DOUHET Dr., ADAM L. 1977. L'abeille de A à Z Embryologie Anatomie 2^e édition. F.N.O.S.A.D., Paris, 91 p.
- [24] POPA A. 1962. The maturation of honey. *J. Insect Physiol.*, 5, 180-183.
- [25] SIMPSON J. 1960. The functions of the salivary glands of *Apis mellifera*. *J. Insect Physiol.*, 4, 107-121.
- [26] JOSHI S.R., PECHHACKER H., WILLAM A., VON DER OHE W. 2000. Physico-chemical characteristics of *Apis dorsata*, *Apis cerana* and *Apis mellifera* honey from Chitwan district, central Nepal. *Apidologie*, 31, (3), 367-375.
- [27] CODEX ALIMENTARIUS 1969. CAC/RS 12-1969 - Norme régionale européenne recommandée pour le miel - Programme mixte FAO-OMS sur les normes alimentaires. [en ligne] Adresse URL : http://www.codexalimentarius.net/web/index_fr.jsp
- [28] CODEX ALIMENTARIUS 1981. CODEX STAN 12-1981 - Norme pour le Miel. [en ligne] Adresse URL : http://www.codexalimentarius.net/web/index_fr.jsp
- [29] LOUVEAUX J. 1959. La technologie du miel. *Ann. Abeille*, 2, (4), 343-354.
- [30] LOUVEAUX J. 1968a. Composition, propriétés et technologie du miel. In : CHAUVIN R. Traité de biologie de l'abeille. Editions Masson et Cie, Paris, Tome 3, 277-324.
- [31] GONNET M. 1963. L'hydroxyméthylfurfural dans les miels. Mise au point d'une méthode de dosage. *Ann. Abeille*, 6, (1), 53-67.
- [32] DUSTMANN J.H., VAN PRAAGH J.P., BOTE K. 1985. Zur bestimmung von diastase invertase und H.M.F. in honig. *Apidologie*, 16, (1), 19-30.
- [33] BOGDANOV S., MARTIN P., LÜLLMANN C. 1997. Harmonised methods of the European Honey Commission. *Apidologie*, Extra issue, 1-59.
- [34] DESCHAMPS V.C. 1998. Production et commercialisation du miel. Thèse de doctorat vétérinaire, Université Paul Sabatier, Toulouse, 118 p.
- [35] SESTA G., PIANA L., PERSANO ODDO L., LUSCO L., BELLIGOLI P. 2008). Methyl anthranilate in *Citrus* honey. Analytical method and suitability as a chemical marker. *Apidologie*, 39, (3), 334-342.
- [36] AMIOT M.J., AUBERT S., GONNET M., TACCHINI M. 1989. Les composés phénoliques des miels : étude préliminaire sur l'identification et la quantification par familles. *Apidologie*, 20, (2), 115-125.
- [37] SOLER C., GIL M.I., GARCIA-VIGUERA C., TOMAS-BARBERAN F.A. 1995. Flavonoid patterns of French honeys with different floral origin. *Apidologie*, 26, (1), 53-60.
- [38] GOUT J. 2009. Le miel. Editions Jean-Paul Gisserot, Paris, 64 p.
- [39] CHAUVIN R. 1968. Action physiologique et thérapeutique des produits de la ruche. In : Traité de biologie de l'abeille. Editions Masson et Cie, Paris, Tome 3, 116-154.
- [40] GUARCH C. 2008. Le miel. Cuisine, santé et beauté. Editions Cabédita, Yens sur Morges, 72 p.
- [41] CHANAUD P. 2010. Les miels. Variétés, bienfaits, recettes. Edisud, Aix-en-Provence, 192 p.
- [42] LAVIE P. 1968. Les substances antibiotiques dans la colonie d'abeilles. In : CHAUVIN R. Traité de biologie de l'abeille. Editions Masson et Cie, Paris, Tome 3, 1-115.
- [43] TOMCZAK C. 2010. Utilisation du miel dans le traitement des plaies. Revue bibliographique. Thèse de doctorat vétérinaire, Université Claude Bernard, Lyon.
- [44] GONNET M. et LAVIE P. 1960. Influence du chauffage sur le facteur antibiotique présent dans les miels. *Ann. Abeille*, 3, (4), 349-364.
- [45] GONNET M. 1965. Les modifications de la composition chimique des miels au cours de la conservation. *Ann. Abeille*, 8, (2), 129-146.
- [46] GONNET M., LAVIE P., LOUVEAUX J. 1964. La pasteurisation des miels. *Ann. Abeille*, 7, (2), 81-102
- [47] SCHWEITZER P. 2004. La cristallisation des miels. *L'Abeille de France*, 901, 149-157.
- [48] GONNET M., AUBERT S., FERRY P. 1986. Evolution de la couleur du miel lors de sa cristallisation. *Apidologie*, 17, (1), 49-62.
- [49] TABOURET T. 1979. Rôle de l'activité de l'eau dans la cristallisation du miel. *Apidologie*, 10, (4), 341-358.
- [50] POLUS P. 2007. Récolte et conditionnement du miel. *L'Abeille de France*, 937, 255-261.
- [51] MANIKIS I. et THRASYVOULOU A. 2001. La relation entre les caractéristiques physiques et chimiques des miels et leurs paramètres de cristallisation. *Apiacta*, 36, (2), 106-112.

- [52] TABOURET T., CARTERON A., LHERITIER J. 1987. La tendance des miels à cristalliser : un essai d'approche statistique. *Apidologie*, 18, (1), 11-26.
- [53] TABOURET T., BERDAGUE J.L., LHERITIER J. 1992. La tendance des miels à cristalliser : nouvel essai d'approche statistique. *Apidologie*, 23, 415-429.
- [54] GONNET M. 1994. La cristallisation dirigée des miels : actualisation des méthodes de travail et avantages liés à cette pratique technologique. *Abeilles et Fleurs*, 430, 9-10.
- [55] LOUVEAUX J. et TRUBERT E. 1958. Etude technique sur la fonte du miel cristallisé. *Ann. Abeille*, 1, (1), 19-30.
- [56] THRASYVOULOU A., MANIKIS J., TSELIOS D. 1994. Liquefying crystallized honey with ultrasonic waves. *Apidologie*, 25, (3), 297-302.
- [57] POLUS P. 2008. Anomalies de cristallisation : séparation de phase et arborescence. *L'Abeille de France*, 944, 83-84.
- [58] CODEX ALIMENTARIUS. 1985. CODEX STAN 1-1985 - Norme générale pour l'étiquetage des denrées alimentaires préemballées. [en ligne] Adresse URL : http://www.codexalimentarius.net/web/index_fr.jsp
- [59] GONNET M. et VACHE G. 1998. Analyse sensorielle descriptive de quelques miels monofloraux de France et d'Europe. Editions Abeille de France, Paris, France.
- [60] PERSANO ODDO L. et BOGDANOV S. 2004. Determination of honey botanical origin: problems and issues. *Apidologie*, 35, S2-S3.
- [61] PERSANO ODDO L. et PIRO R. 2004. Main European unifloral honeys descriptive sheets. *Apidologie*, 35, S38-S81.
- [62] PERSANO ODDO L., PIAZZA M.G., SABATINI A.G., ACCORTI M. 1995. Characterization of unifloral honeys. *Apidologie*, 26, (6), 453-465.
- [63] PIAZZA M.G., PERSANO ODDO L. 2004. Bibliographical review of the main European unifloral honeys. *Apidologie*, 35, S94-S111.
- [64] DILBER E., KALYONCU M., YARIS N., OKTEN A. 2002. A Case of Mad Honey Poisoning Presenting with Convulsion: Intoxication Instead of Alternative Therapy. *Turk. J. Med. Sci.*, 32, 361-362.
- [65] RAMIREZ M., RIVERA E., EREU C. 1999. Fifteen cases of atropine poisoning after honey ingestion. *Vet. Hum. Toxicol.*, 41, (1), 19-20.
- [66] KOEPKE R., SOBEL G., ARNON S.S. 2008. Global occurrence of infant botulism 1976-2006. *Pediatrics*, 122, 73-82.
- [67] BECKER A. 2005. Botulisme et Miel. *L'Abeille de France*, 910, 18-20.
- [68] INVS 2010. Caractéristiques épidémiologiques du botulisme chez l'homme en France de 2004 à 2008 [en ligne] Adresse URL : <http://www.invs.sante.fr/surveillance/botulisme/donnees.htm>
- [69] AFSSA 2002. Saisine n°2002-SA-0126. Avis du 18 septembre 2002 relatif à l'évaluation du risque éventuel lié à la présence de résidus de tétracyclines et de streptomycine dans le miel. [en ligne] Adresse URL : <http://www.afssa.fr/Documents/RCCP2002sa0126.pdf>
- [71] CODEX ALIMENTARIUS 2010a. CX/RVDF 10/19/10 - Discussion paper on veterinary drugs in honey production. [en ligne] Adresse URL : <http://nicolas.blogs.com/files/faooms-1.pdf>