

UNIVERSITE DE LIMOGES

FACULTE DE PHARMACIE

ANNEE 2011

THESE N°

<p>LE MIEL, UN COMPOSE COMPLEXE AUX PROPRIETES SURPRENANTES</p>
--

THESE

POUR LE DIPLÔME D'ETAT DE DOCTEUR EN PHARMACIE

Présentée et soutenue publiquement le 1^{er} avril 2011

Par Alexandra ROSSANT née le 18 décembre 1985

EXAMINATEURS DE LA THESE

Pr. Alexis Desmoulière Faculté de Pharmacie, Université de Limoges, France	Président
Pr. Michel Botineau Faculté de Pharmacie, Université de Limoges, France	Juge
Dr. Frédéric Bonté LVMH Recherche, Saint Jean-de-Braye, France	Juge
Dr. Michel Quatresous Pharmacien, Châteauroux, France	Juge

UNIVERSITE DE LIMOGES : FACULTE DE PHARMACIE

DOYEN DE LA FACULTE : Monsieur le Professeur Jean-Luc **DUROUX**
1^{er} VICE-DOYEN : Madame Catherine **FAGNERE**, Maître de Conférences
2^{ème} VICE-DOYEN : Monsieur Serge **BATTU**, Maître de Conférences

PROFESSEURS :

BENEYTOUT Jean-Louis	BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE
BOTINEAU Michel	BOTANIQUE ET CRYPTOLOGIE
BROSSARD Claude	PHARMACOTECHNIE
BUXERAUD Jacques	CHIMIE ORGANIQUE ET THERAPEUTIQUE
CARDOT Philippe	CHIMIE ANALYTIQUE ET BROMATOLOGIE
CHULIA Albert	PHARMACOGNOSIE
CHULIA Dominique	PHARMACOTECHNIE
DELAGE Christiane	CHIMIE GENERALE ET MINERALE
DESMOULIERE Alexis	PHYSIOLOGIE
DREYFUSS Gilles	MICROBIOLOGIE-PARASITOLOGIE-IMMUNOLOGIE
DUROUX Jean-Luc	BIOPHYSIQUE, BIOMATHEMATIQUES ET INFORMATIQUE
LOUDART Nicole	PHARMACOLOGIE

PROFESSEURS DES UNIVERSITES-PRATICIENS HOSPITALIERS DES DISCIPLINES PHARMACEUTIQUES :

LACHATRE Gérard	TOXICOLOGIE
MOESCH Christian	HYGIENE HYDROLOGIE ENVIRONNEMENT
ROGEZ Sylvie	MICROBIOLOGIE-PARASITOLOGIE-IMMUNOLOGIE

MAITRES DE CONFERENCES :

BASLY Jean-Philippe	CHIMIE ANALYTIQUE ET BROMATOLOGIE
BATTU Serge	CHIMIE ANALYTIQUE ET BROMATOLOGIE
BEAUBRUN-GIRY Karine	PHARMACOTECHNIE
BILLET Fabrice	PHYSIOLOGIE

CALLISTE Claude	BIOPHYSIQUE, BIOMATHEMATIQUES ET INFORMATIQUE
CLEDAT Dominique	CHIMIE ANALYTIQUE ET BROMATOLOGIE
COMBY Francis	CHIMIE ORGANIQUE ET THERAPEUTIQUE
COURTIOUX Bertrand	PHARMACOLOGIE, PARASITOLOGIE
DELEBASSEE Sylvie	MICROBIOLOGIE-PARASITOLOGIE-IMMUNOLOGIE
DEMIOT Claire-Elise	PHARMACOLOGIE
FAGNERE Catherine	CHIMIE ORGANIQUE ET THERAPEUTIQUE
FROISSARD Didier	BOTANIQUE ET CRYPTOLOGIE
JAMBUT Anne-Catherine	CHIMIE ORGANIQUE ET THERAPEUTIQUE
LABROUSSE Pascal	BOTANIQUE ET CRYPTOLOGIE
LEGER David	BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE
LIAGRE Bertrand	BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE
LOTFI Hayat	TOXICOLOGIE
MARION-THORE Sandrine	CHIMIE ORGANIQUE ET THERAPEUTIQUE
MARRE-FOURNIER Françoise	BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE
MILLOT Marion	PHARMACOGNOSIE
MOREAU Jeanne	MICROBIOLOGIE-PARASITOLOGIE-IMMUNOLOGIE
POUGET Christelle	CHIMIE ORGANIQUE ET THERAPEUTIQUE
ROUSSEAU Annick	BIOPHYSIQUE, BIOMATHEMATIQUES ET INFORMATIQUE
SIMON Alain	CHIMIE GENERALE ET MINERALE
TROUILLAS Patrick	BIOPHYSIQUE, BIOMATHEMATIQUES ET INFORMATIQUE
VIANA Marylène	PHARMACOTECHNIE
VIGNOLES Philippe	BIOPHYSIQUE, BIOMATHEMATIQUES ET INFORMATIQUE

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES-PRATICIENS HOSPITALIERS DES DISCIPLINES PHARMACEUTIQUES :

DREYFUSS Marie-Françoise	CHIMIE ANALYTIQUE ET BROMATOLOGIE
---------------------------------	-----------------------------------

PROFESSEUR CERTIFIE :

MARBOUTY Jean-Michel	ANGLAIS
-----------------------------	---------

SOMMAIRE

INTRODUCTION	2
CHAPITRE I : L'abeille dans la classification des Insectes	5
CHAPITRE II : Connaissance de l'abeille	8
CHAPITRE III : Les abeilles et les fleurs	27
CHAPITRE IV : L'apiculture	41
CHAPITRE V : La composition du miel	53
CHAPITRE VI : Les propriétés du miel	72
CHAPITRE VII : Les autres produits de la ruche	105
CONCLUSION	118
BIBLIOGRAPHIE	120
TABLE DES MATIERES	127
TABLE DES FIGURES	130
TABLE DES TABLEAUX	132

INTRODUCTION

De tout temps, les abeilles ont toujours fasciné les hommes. En effet, dans beaucoup de civilisations et de croyances, le miel a toujours eu une place privilégiée. Il est notamment indissociable des rites et coutumes qui accompagnent la naissance et la mort. Ce cadeau de la nature est le symbole à la fois de la vie, de l'abondance, de la pureté et de la sagesse (Lefief-Delcourt A., 2010). La première peinture représentant des hommes cueilleurs de miel a été retrouvée en Espagne, et daterait d'environ 10 000 ans avant J.-C. Les propriétés du miel sont connues depuis l'Antiquité. Selon les Egyptiens, le miel serait né des larmes du dieu soleil Rê. Ils l'utilisaient comme offrande aux dieux, mais aussi pour la production de médicaments, pour des soins de beauté, et comme agent sucrant dans la préparation de pains et gâteaux (figure 1).

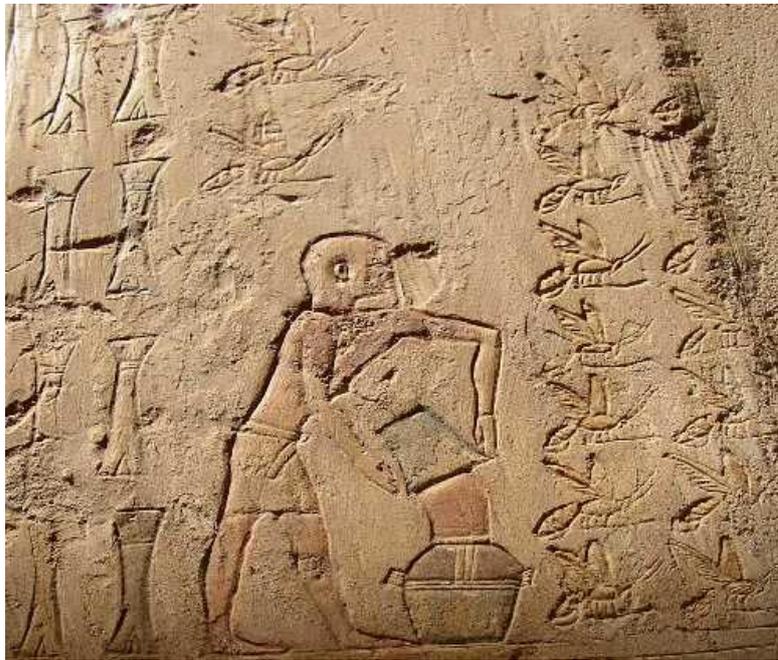


Figure 1 : Scène de récolte du miel dans l'Égypte antique
(www.planeteabeille.com).

La plupart des remèdes utilisés à cette époque étaient faits à base de vin, de miel et de lait. Au cours de l'embaumement, ils utilisaient le miel, la cire et la propolis, pour la conservation des corps. Selon la croyance grecque, le miel aurait été donné

aux hommes par Dionysos. Comme en Egypte, le miel joue un rôle essentiel dans les rites funéraires, et il est aussi utilisé pour nourrir les dieux de l'Olympe. Les Grecs et les Romains appliquaient le miel sur la peau pour ses propriétés adoucissantes, régénératrices, nourrissantes et hydratantes. Hippocrate (460-377 avant J.-C.), « père spirituel » de la médecine, disait que l'usage du miel conduisait à la plus grande vieillesse et il le prescrivait pour combattre la fièvre, les blessures, les ulcères et les plaies purulentes (Domerego R., 2002). Au Moyen Age, le miel était utilisé pour la fabrication du pain d'épices, mais aussi pour la réalisation de pansements sans désinfection préalable des blessures. Dans la tradition chrétienne, la Terre promise est un « pays ruisselant de lait et de miel ». Il est bien plus qu'un symbole de douceur et de plaisir : il évoque aussi la sagesse, la connaissance, la vérité. Dans la tradition musulmane aussi, des fleuves de miel coulent au paradis... (Lefief-Delcourt A., 2010), (www.catoire-fantasque.be). Dans l'histoire de France, l'abeille apparaît classiquement dans la symbolique royale. Son labeur en fait l'image de l'activité, de l'organisation et du travail. Sa servitude envers la reine symbolise l'obéissance. Elle est également souvent associée à la guerre, à la victoire, et à la richesse (figure 2).



Figure 2 : Toile représentant Louis XII entrant dans Gènes, en 1499 (www.la-ruche-sauvage.com).

Durant la première et la seconde guerre mondiale, le miel a beaucoup été utilisé pour accélérer la cicatrisation des plaies des soldats. Par la suite, avec le développement de nouveaux produits inscrits à la pharmacopée pour la cicatrisation des plaies, le miel a été délaissé. De même, avec l'apparition du sucre de canne, l'utilisation du miel comme agent sucrant a peu à peu été oublié. Actuellement un regain d'intérêt pour l'usage du miel en médecine refait surface. Toutefois, il reste encore peu utilisé. De nombreuses recherches tentent de rationaliser et d'optimiser son usage.

Dans ce mémoire, avant d'aborder les chapitres concernant la composition et les différentes propriétés du miel, il nous a paru essentiel de présenter le monde des abeilles. Ainsi, nous aborderons donc dans le chapitre 1, l'abeille dans la classification des Insectes, dans le chapitre 2, la connaissance de l'abeille, dans le chapitre 3, les abeilles et les fleurs, dans le chapitre 4, l'apiculture, dans le chapitre 5, la composition du miel, dans le chapitre 6, les propriétés du miel, et dans le chapitre 7 enfin, les autres produits de la ruche avant de conclure.

Chapitre I

L'abeille dans la classification des insectes

Dans l'arbre phylogénétique des animaux, les insectes forment une classe de l'embranchement des arthropodes définie par des téguments chitineux. Les insectes sont caractérisés par : un corps composé de trois parties (la tête, le thorax et l'abdomen), trois paires de pattes, généralement deux paires d'ailes, une paire d'antenne, et une respiration trachéenne. Chez les insectes, l'ordre des hyménoptères comprend plus de cent mille espèces. On trouve dans cet ordre les abeilles du genre *Apis* que nous étudierons par la suite. Les caractéristiques des hyménoptères sont : une métamorphose complète, un métathorax soudé au premier segment abdominal, des ailes membraneuses avec des nervations formant des dessins d'au maximum seize unités dans l'aile supérieure, et dix à cent tubes de Malpighi, présents dans le tube digestif, et qui permettent l'excrétion. Chez l'abeille, on note plus particulièrement : deux paires d'ailes membraneuses associées par des crochets ; des pièces buccales de type broyeur-lécheur ; un dimorphisme sexuel accentué ; un cerveau très développé et une reproduction par parthénogenèse (sans mâle) fréquente (Pham-Délégue M., 1999). Les hyménoptères présentent des comportements étonnamment complexes, disposant d'un système nerveux et d'organes sensoriels particulièrement développés, représentant ainsi l'un des groupes les plus évolués parmi les insectes. L'existence d'un aiguillon et de comportements évolués (comme bâtir un nid avec des matériaux spécifiques) distingue certains hyménoptères classés dans l'infra-ordre des Aculéates. Les Apoïdes, sous embranchement des Aculéates, sont caractérisés par la présence de nombreux poils sur leurs cuticules et d'une longue langue, par une alimentation à base de nectar et de pollen et par un système pour stocker le pollen sur les pattes arrière ou sur la face ventrale de l'abdomen. On distingue les Apoïdes inférieurs qui sont tous solitaires, et les Apoïdes supérieurs qui comprennent la famille des Apidae et qui possèdent tous un degré de socialité. Actuellement, la tribu des Apini contient un seul genre *Apis*, et une seule espèce à laquelle appartient l'abeille domestique. Ce sont les abeilles dites mellifères, que l'on retrouve un peu partout à travers le monde. De plus, c'est l'espèce la plus intéressante à élever, car ce sont elles qui assurent les meilleurs rendements. Elles sont caractérisées par un comportement hautement social. Les principales races d'*Apis mellifera* sont : *Apis mellifera*

mellifera (abeille noire d'Europe occidentale), *Apis mellifera ligustica* (abeille Italienne), *Apis mellifera carnica* (abeille présente des Alpes à la mer Noire), *Apis mellifera caucasica* (abeille Caucasienne), *Apis mellifera intermissa* (pays du Maghreb), *Apis mellifera adansoni* (pays d'Afrique tropicale) etc (Le Conte Y., 2002 ; Pham-Délègue M., 1999), (figure 3).

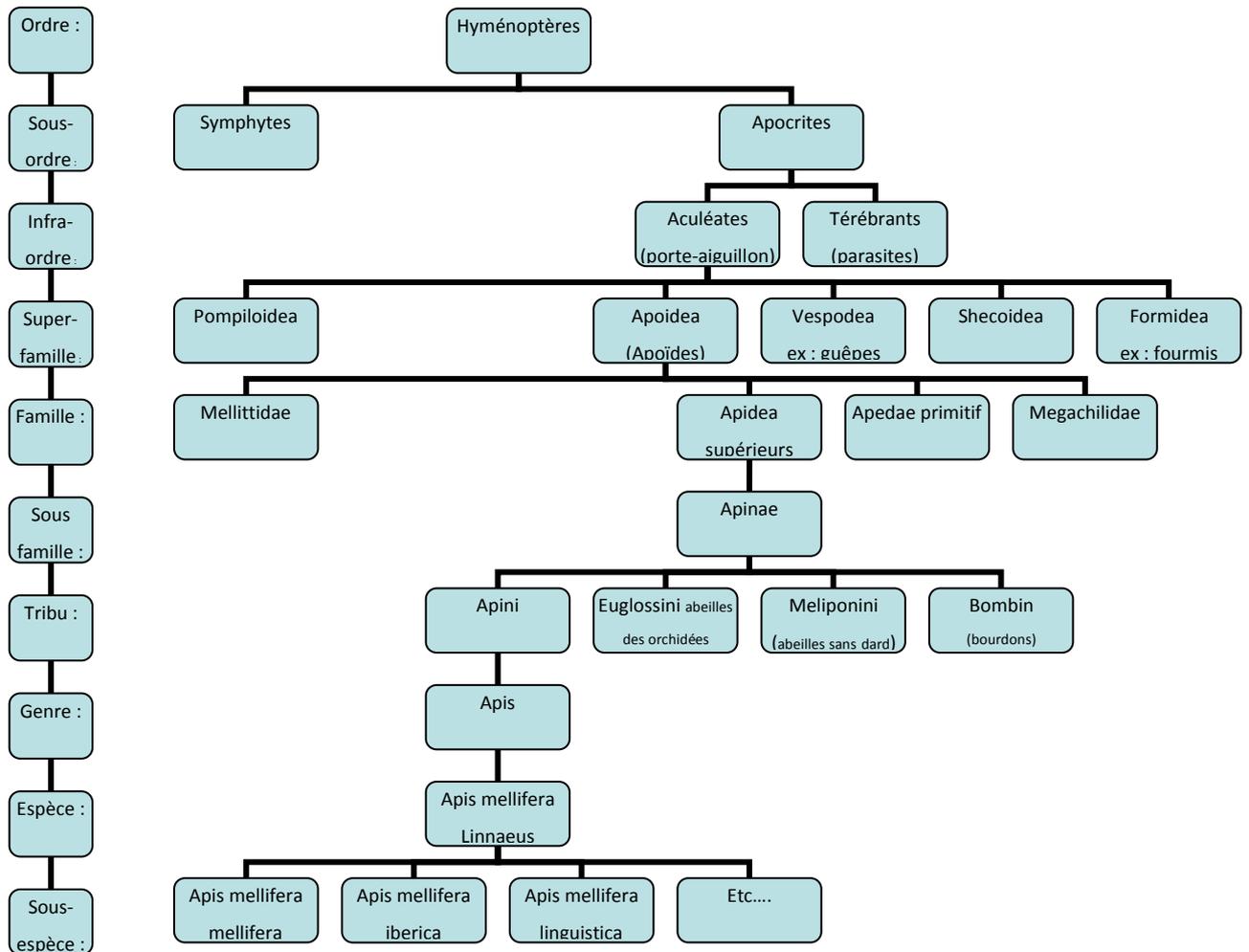


Figure 3 : *Apis mellifera* dans la classification systématique (Le Conte Y., 2002).

Chapitre II

Connaissance de l'abeille

Les abeilles possèdent une organisation fascinante. En effet, trois castes structurent la société des abeilles : la reine, les ouvrières et les faux bourdons. Fort 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 la survie de chacun. Au sein de la ruche, aucun individu ne peut vivre seul (Clément H., 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 Y., 2002), (figure 4).



Figure 4 : La reine, l'ouvrière et le mâle (Marchenay P. et Bérard L., 2007).

1. La reine ou mère :

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 seize jours après (Marchenay P. et Bérard L., 2007), (figure 5).

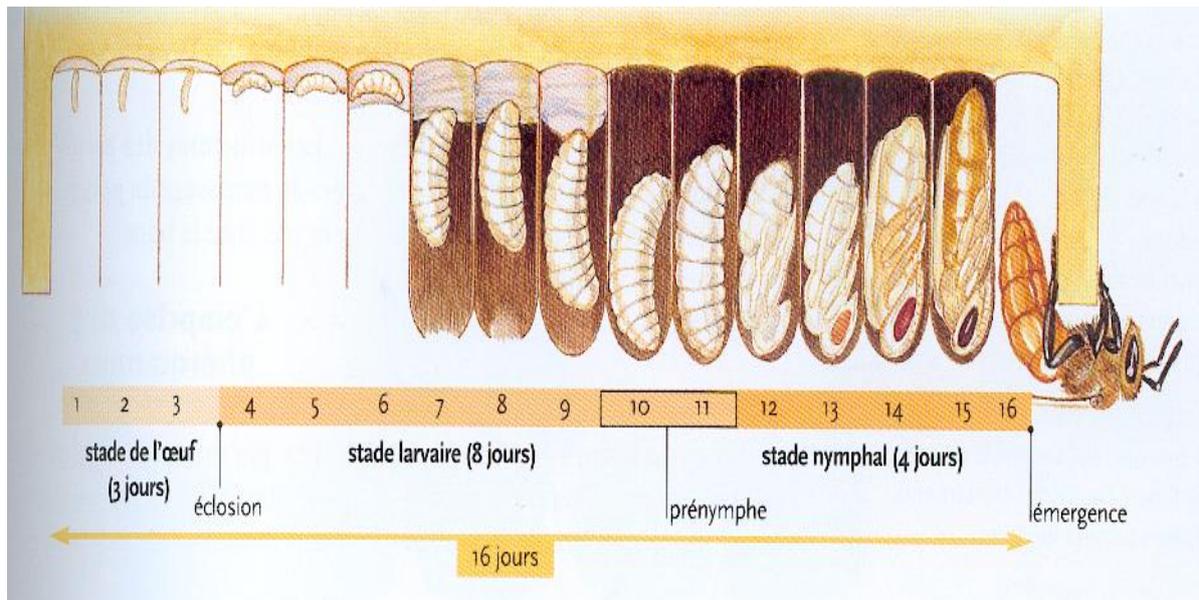


Figure 5 : De l'œuf à la reine (Le Conte Y., 2002).

Seule vraie femelle dans la ruche, la reine donne naissance à la colonie tout entière. 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 P. et Bérard L., 2007). Adaptée à la reproduction, la morphologie de la reine lui permet de pondre des œufs mais aussi de réguler les activités de la colonie grâce aux phéromones que secrètent ses glandes mandibulaires. Sa tête est dotée d'une langue de petite taille et de mandibules très développées. Son thorax est plus gros et son abdomen deux fois plus long que celui d'une ouvrière. Son système reproducteur est formé de deux ovaires hypertrophiés et d'une spermathèque aux qualités exceptionnelles qui permet à la reine, une fois fécondée par plusieurs mâles au cours du vol nuptial, de conserver les spermatozoïdes actifs durant toute sa vie (en moyenne trois à quatre ans), (figure 6).

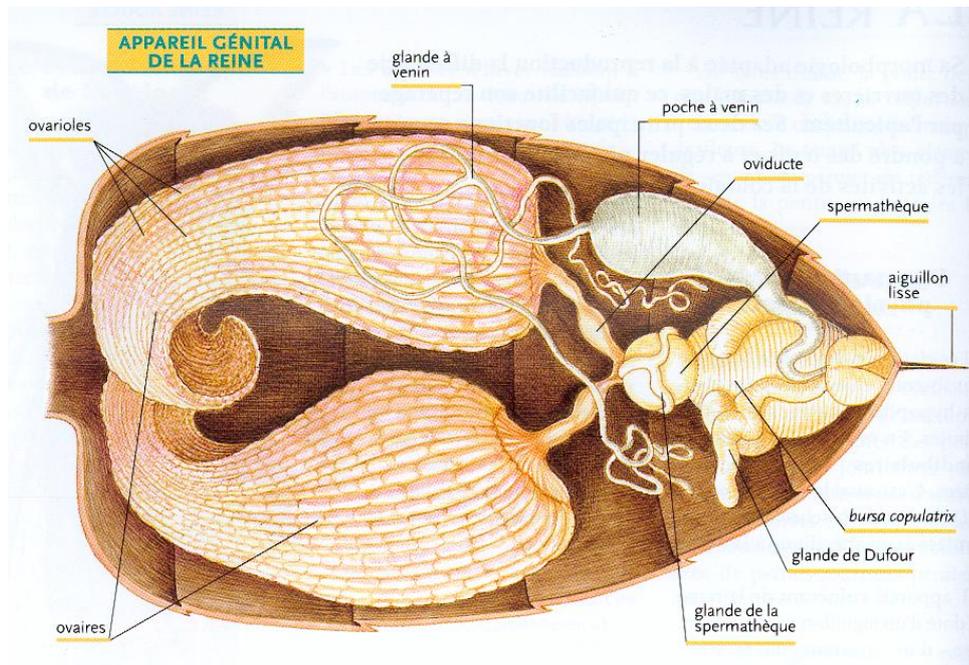


Figure 6 : Appareil génital de la reine (Le Conte Y., 2002).

Son dard, lisse et donc rétractable, est différent de celui de l'ouvrière ; il lui permet d'occire toutes les autres reines prétendantes juste après sa naissance. Hormis le vol de fécondation, la reine vit cloîtrée dans la ruche où elle ne cesse de pondre (jusqu'à deux mille œufs par jour) (Clément H., 2009), (figure 7).



Figure 7 : Deux cellules royales operculées (Le Conte Y., 2002).

2. Le mâle ou faux bourdon :

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 (figure 8).

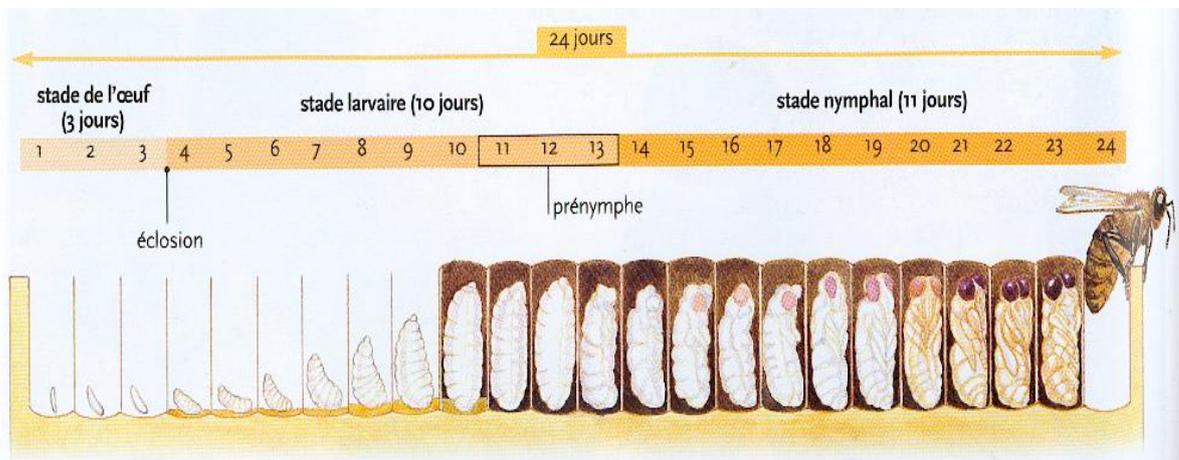


Figure 8 : De l'œuf au faux bourdon (Le Conte Y., 2002).

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, ce qui précède légèrement le début de la période d'essaimage (voir la partie 5 du chapitre I et www.apiculture-populaire.com). La principale mission des mâles est la reproduction (Le Conte Y., 2002). Facilement reconnaissables, les faux bourdons ont une taille plus imposante que les ouvrières. 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 H., 2009). Au sein de la ruche, ils sont volontiers assimilés à des paresseux oisifs (Marchenay P. et Bérard L., 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 M., 1999).

3. La reproduction chez les abeilles :

3.1. La reproduction sexuée :

La fécondation de la reine par les faux bourdons se fait toujours en vol à une hauteur de 10 à 30 mètres dans un lieu où les mâles (provenant de différentes colonies) se rassemblent situé à environ 2 à 3 km de sa colonie. Ce lieu de fécondation est toujours le même d'une année à l'autre sans que l'on sache vraiment quels sont les éléments déterminants. Lorsque la reine attirée par les phéromones sexuelles mâles, arrive dans ce lieu de rassemblement, les mâles la poursuivent attirés par sa forme et, à plus proche distance, par ses phéromones mandibulaires. Les plus rapides et les plus vigoureux seront ceux qui la féconderont. Cette attraction vers un grand nombre de mâles assure un brassage génétique important et limite la consanguinité préjudiciable à l'abeille (Le Conte Y., 2002). La météorologie doit remplir des conditions précises : une température de 20°C au minimum, peu de vent, ciel bleu et grande luminosité. En effet, en cas de temps défavorable, la fécondation réalisée sera incomplète (Pham-Délègue M., 1999). La jeune reine est sexuellement mature cinq à six jours après sa naissance. La fécondation a lieu généralement pendant les huit jours suivants, au maximum dans les trois semaines suivantes, car après, son système reproductif régresse et n'est plus réceptif (Le Conte Y., 2002). La compétition est grande entre les prétendants. Leur sort n'est pourtant pas enviable car, dès la fécondation réalisée, l'heureux élu y laisse ses attributs mâles et une partie de son système digestif, ce qui entraîne sa chute immédiate et sa mort (Clément H., 2009). Les accouplements se poursuivent jusqu'au remplissage de la spermathèque de la reine grâce à des relations successives avec quatre, cinq jusqu'à vingt mâles, ce qui nécessite parfois un deuxième vol de fécondation (Pham-Délègue M., 1999). Comme mentionné plus haut, le sperme stocké dans la spermathèque sera utilisable durant quatre à cinq ans. Dans la ruche cohabitent ainsi plusieurs

fratries : des cohortes d'ouvrières nées de la même mère, mais de pères différents. Dès son retour à la ruche, la reine commence rapidement à pondre. Un œuf fécondé pourra ensuite donner naissance soit à une ouvrière soit à une reine.

3.2. La parthénogenèse :

La parthénogenèse désigne l'apparition de générations sans fécondation. Chez les abeilles, il s'agit d'une parthénogenèse arrhénotoque, selon laquelle les œufs non fécondés donnent naissance à des mâles, dits parthénogénétiques. Les mâles sont présents dans la colonie du printemps jusqu'à l'automne (lorsque que les ressources alimentaires sont bonnes), et on les retrouve en plus grande quantité au moment de l'essaimage. Leur nombre est relativement faible, de quelques centaines à quelques milliers suivant la taille de la colonie à l'exception de quelques cas : une reine vierge n'a pas la possibilité de voler pour s'accoupler ; ou si une reine disparaît et n'est pas remplacée (les ovaires de certaines ouvrières deviennent alors fonctionnels car ils ne sont plus inhibés par les phéromones de la reine, et les œufs produits, non fécondés, produisent de jeunes mâles), ou encore lorsque la spermathèque d'une reine est vide. Dans ces trois cas, le nombre de mâles est disproportionné par rapport à la population d'ouvrières qui n'est pas renouvelée. Devenue « bourdonneuse », la reine qui ne pond plus que des mâles met en danger l'avenir de la colonie, et le moment est venu qu'une nouvelle reine fraîchement fécondée la remplace... La vieille reine est alors « emballée » ce qui signifie que des ouvrières l'entourent de toutes parts jusqu'à l'étouffer, et cet événement est appelé supercédure. Les mâles parthénogénétiques n'ont que n chromosomes, et ils sont dits haploïdes, tandis que la reine et les ouvrières possèdent 2n chromosomes et sont dites diploïdes (chez l'abeille, $n=16$). Les gènes du mâle sont rigoureusement identiques à ceux de sa mère. Il peut arriver que des mâles naissent d'œufs fécondés et soient diploïdes, en particulier dans les situations de forte consanguinité, mais ces individus ne sont pas viables (Pham-Délègue M., 1999), (www.apiculture-populaire.com), (figure 9).

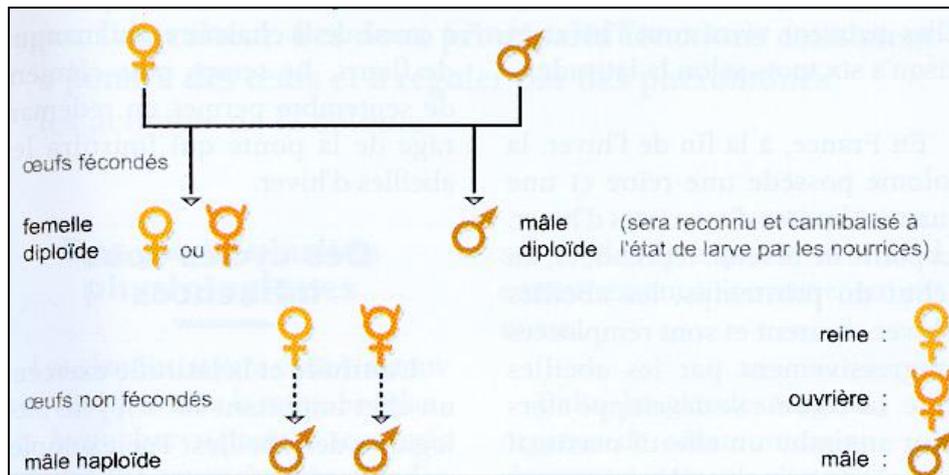


Figure 9 : La reproduction des abeilles (Le Conte Y., 2002).

4. L'abeille ouvrière :

Ce sont des femelles à l'appareil génital atrophié. Elles constituent la quasi-totalité des individus de la ruche (entre vingt et vingt-cinq mille individus en hiver, jusqu'à plus de cinquante mille parfois en pleine saison) (Clément H., 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 M., 1999), (figure 10).

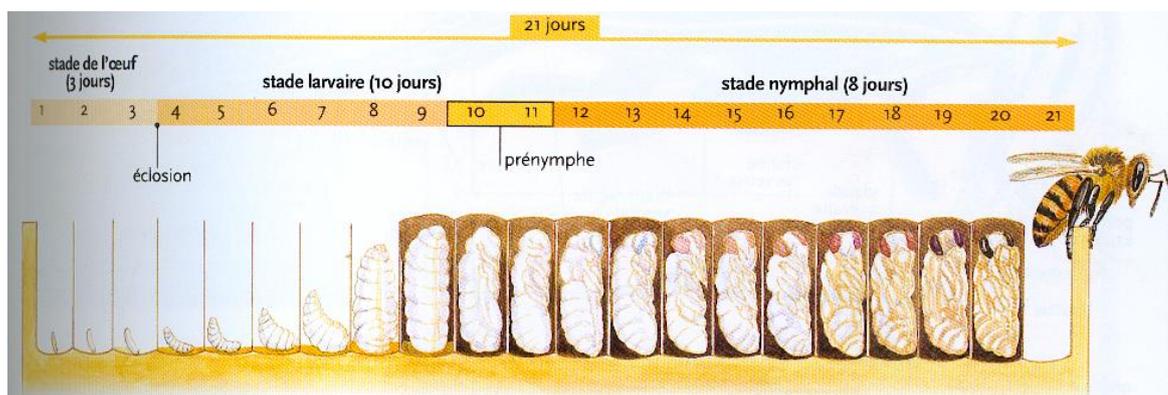


Figure 10 : De l'œuf à l'ouvrière (Le Conte Y., 2002).

Elles exécutent tous les travaux : entretien, nettoyage, soins aux jeunes, gardiennage, élaboration du miel, construction des rayons, butinage. Toutes ces fonctions et ces activités correspondent à des adaptations physiologiques et sont rythmées par le développement de différentes glandes, en fonction de leur âge et selon les besoins de la colonie (Marchenay P. et Bérard L., 2007), (figure 11).

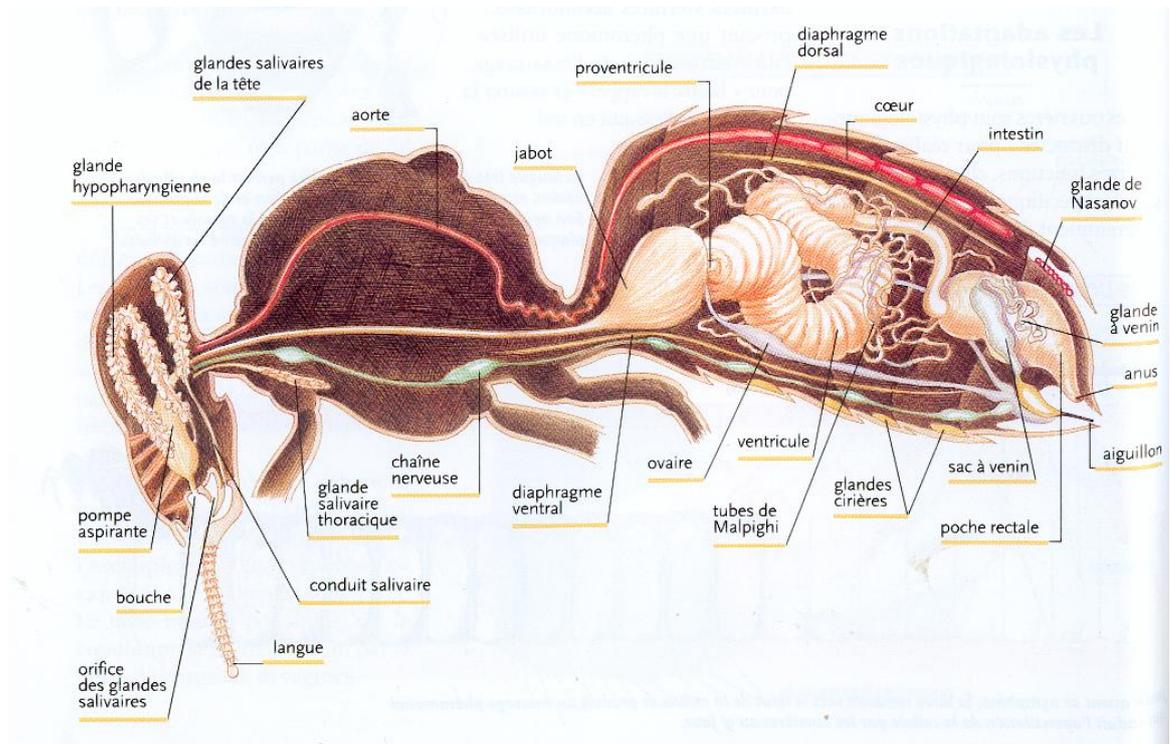


Figure 11 : Les principaux organes de l'ouvrière (Le Conte Y., 2002).

Très sophistiqué, leur système buccal permet la récolte du nectar qu'elles emmagasinent dans leur jabot (organe présent dans l'appareil digestif de l'ouvrière adulte, il sert au transport du nectar et de l'eau que l'abeille peut ensuite régurgiter). Ce système buccal est composé de mandibules courtes et puissantes qui fonctionnent comme des pinces et qui permettent à l'abeille de façonner la cire, de récolter le pollen et des fragments de propolis sur les bourgeons. Ce sont aussi des armes contre les ennemis de petites tailles. Le système buccal contient également les maxilles, les palpes labiaux et la langue qui permettent à l'abeille d'aspirer les aliments liquides (Pham-Délégue M., 1999), (figure 12).

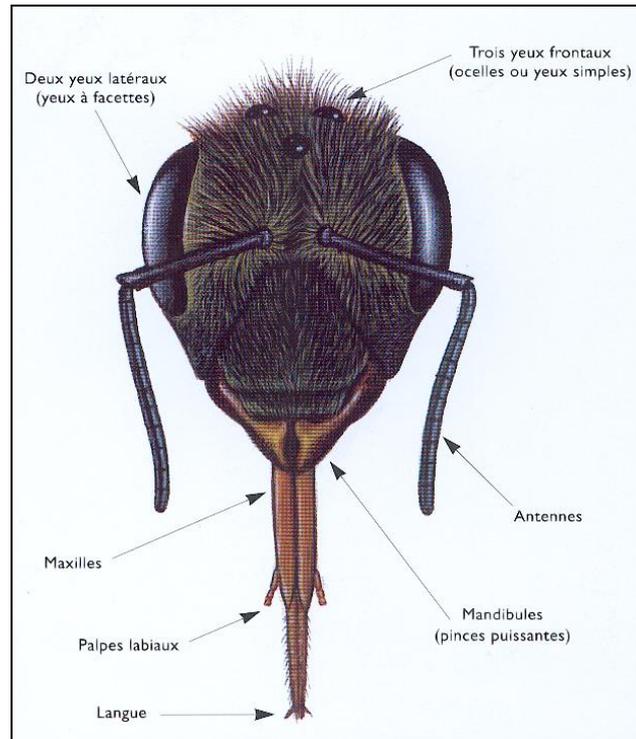


Figure 12: Tête de l'abeille (Pham-Délègue M., 1999).

Leurs pattes arrière sont munies d'outils adaptés à la récolte du pollen et de la propolis. En perpétuel mouvement, leurs antennes, pourvues d'organes sensoriels très développés pour le goût, l'orientation, l'évaluation de l'humidité, ou la détection de gaz carbonique, offrent aux abeilles la possibilité de percevoir parfaitement l'environnement dans lequel elles évoluent, à l'intérieur comme à l'extérieur de la ruche. Les ouvrières sont munies d'un dard non rétractable qui, lors d'une piqûre, engendre la mort de l'insecte. L'espérance de vie d'une ouvrière varie au cours de l'année : de quatre à cinq semaines pour les abeilles d'été à plusieurs mois pour les abeilles d'hiver (Clément H., 2009).

4.1. Les missions de l'ouvrière :

Au cours de sa vie, l'ouvrière exerce plusieurs types de travaux qui, en général, nécessitent la mise en service de différentes glandes. Ainsi, juste après sa naissance, la jeune abeille a pour mission le nettoyage des cellules, car la reine ne pond que si les alvéoles sont parfaitement propres. Des ouvrières un peu plus âgées s'occupent de l'évacuation des débris et des cadavres de la colonie, assurant ainsi un état sanitaire optimal. A partir du troisième jour, se développent

près du cerveau, les glandes hypopharyngiennes et mandibulaires qui permettent de fabriquer la nourriture larvaire. L'ouvrière devient alors nourrice : elle est en mesure de sécréter la gelée royale. Chaque larve est alimentée de manière personnalisée en fonction de son âge et de sa caste. La larve de la future reine n'est alimentée que de gelée royale, alors que la larve d'ouvrière est alimentée de gelée royale pendant seulement trois jours après lesquels, elle reçoit un mélange de pollen, de miel et d'eau. Chaque larve est ainsi contrôlée près de sept mille fois et bénéficie de plus de mille repas. Tandis que ses glandes hypopharyngiennes et mandibulaires s'atrophient, les glandes cirières se développent. L'abeille devient alors architecte et maçonne. Du douzième au dix-huitième jour, l'ouvrière productrice de cire devient bâtisseuse de rayons. Mais cette sécrétion n'est pas sans contrepartie, car ces ouvrières doivent consommer beaucoup de miel (10 kg) et 1 kg de pollen pour faire 1 kg de cire en moyenne. Les travaux de construction réalisés par les abeilles à l'intérieur de la ruche sont de deux types. Les alvéoles sont élaborées par un groupe d'ouvrières et les réparations ultérieures, modifications et operculations des cellules, constituent des activités individuelles. Il ne faut pas moins de 120 ouvrières pour construire une cellule. Les cellules hexagonales légèrement inclinées vers l'intérieur offrent des conditions de stockage optimales pour le miel. Les glandes à cire commencent à se résorber vers le dix-huitième jour, et l'ouvrière va alors devenir manutentionnaire pour décharger les butineuses de leur lourd fardeau. Le transfert s'opère par trophallaxie. Le nectar stocké dans le jabot de la butineuse est aspiré, après de longs contacts avec les antennes et les mandibules, par la receveuse qui ensuite le régurgite et l'ingurgite à nouveau pour le déshydrater (figure 13).



Figure 13 : Deux abeilles pratiquant la trophallaxie (Marchenay P. et Bérard L., 2007).

Quand au pollen, il est malaxé avec de la salive et du miel avant d'être emmagasiné dans les alvéoles. L'abeille devient ensuite ventileuse, contribuant à réguler le microclimat qui règne dans la ruche. En été, cette activité permet la bonne maturation du miel ; en hiver, elle assure le chauffage de la colonie. L'abeille utilise aussi cette technique pendant l'essaimage. Les ouvrières assurent également un service de gardiennage à l'entrée de la ruche (pour éviter qu'une abeille d'une autre colonie vienne piller les réserves de miel). Pour cela, elles vérifient en permanence l'identité des abeilles entrant dans la ruche, car chaque colonie a une odeur bien spécifique. Si la posture menaçante qu'elles adoptent, très caractéristique (bien cambrées sur leurs quatre pattes arrière), ne suffit pas, elles déclenchent l'attaque, soudaine, violente et douloureuse. En sécrétant des phéromones d'alarmes avec leurs glandes mandibulaires et la glande à venin, elles recrutent de nouveaux « soldats » qui viennent aussitôt renforcer les rangs. La ruche peut aussi subir des agressions de la part de multiples prédateurs : il peut s'agir d'un mammifère (ours, fouine, mulot), d'un oiseau (pivert...), ou d'un insecte (frelons, guêpes, fourmis...). Après le vingt et unième jour, l'abeille devient, jusqu'à sa mort, butineuse. Infatigablement, elle effectuera les voyages d'approvisionnement en eau, pollen, nectar et propolis, dans un rayon de 3 à 4 km autour de la ruche. Autre mission, et non des moindres, les ouvrières entourent la

reine, constituant une cour toujours présente et entièrement dévouée (Clément H., 2009 ; Le Conte Y, 2002 ; Marchenay P. et Bérard L., 2007), (figure 14).

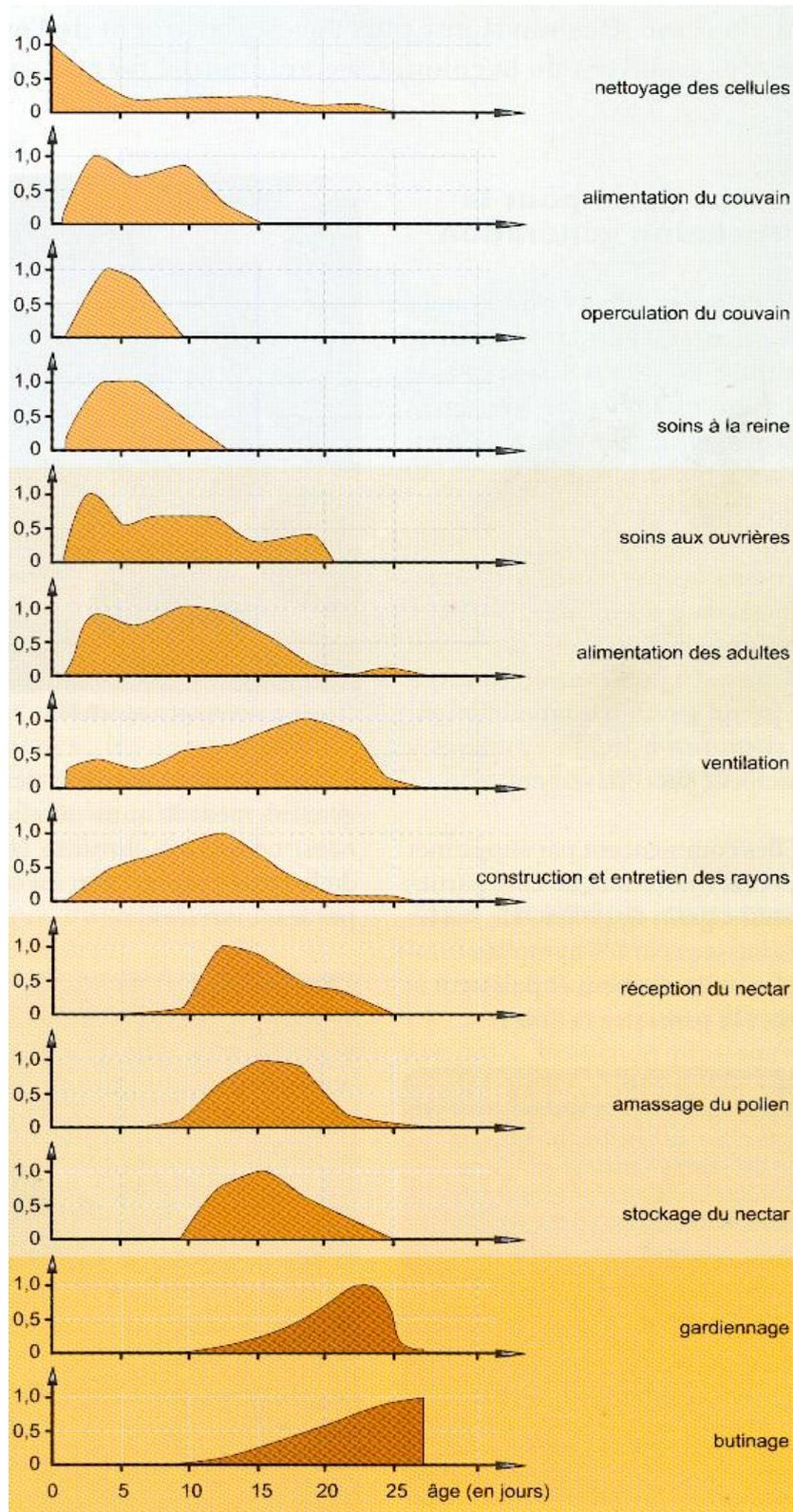


Figure 14: Emploi du temps de l'ouvrière (Le Conte Y., 2002).

4.2. L'ouvrière d'hiver :

A la fin de l'été et en automne, la population de la ruche diminue. Les abeilles qui passeront l'hiver naissent après l'été jusqu'en novembre et vivent en moyenne cinq à six mois. Après novembre, on ne trouve généralement plus de couvain (ensemble des œufs, larves et nymphes protégés par les nourrices) dans la colonie jusqu'à la sortie de l'hiver car les températures extérieures sont trop froides. Pour lutter contre le froid, les membres de la ruche se serrent étroitement les uns contre les autres en s'agrippant par les pattes pour former une masse compacte qui se resserre au fur et à mesure que la température diminue. Les abeilles se protègent ainsi des courants d'air, et évitent les déperditions de chaleur. Exposées au froid, celles qui forment la couche extérieure de cette grappe entrent périodiquement à l'intérieur pour se réchauffer. En hiver, la colonie occupe seulement quatre à cinq cadres au centre de la ruche. Quelle que soit la température extérieure, les abeilles peuvent survivre à une température minimale de 13°C au centre de la grappe, mais le plus souvent cette partie centrale de la grappe est maintenue à une température de 20-25°C (figure 15).

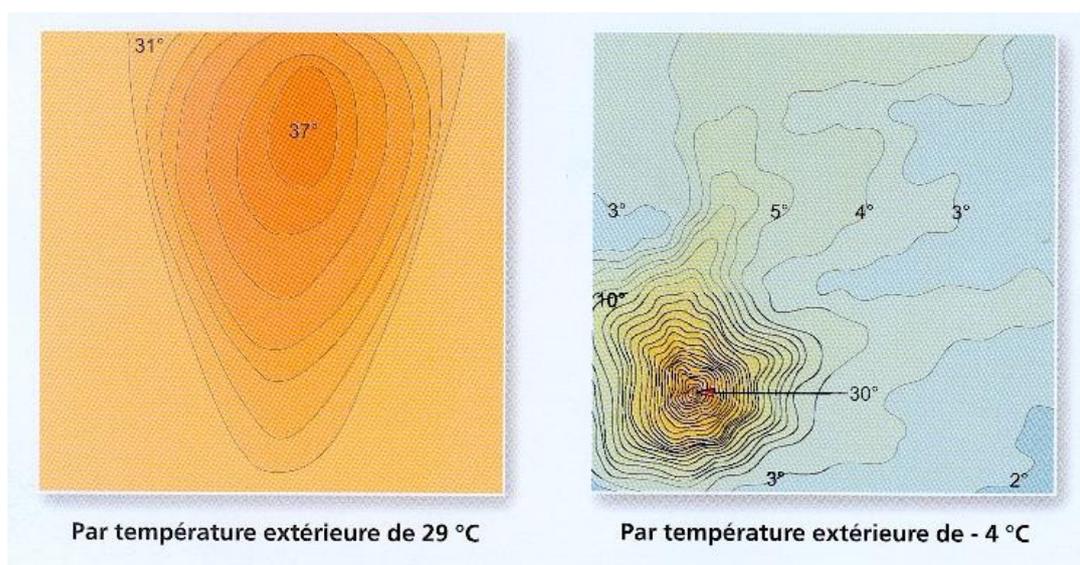


Figure 15 : Courbes isothermes à l'intérieur d'une ruche (Le Conte Y., 2002).

La mise en grappe ne suffit pas pour maintenir cette température, et les abeilles doivent donc produire de la chaleur. Pour cela, elles contractent leurs muscles thoraciques et bruissent des ailes. Le miel consommé fournit l'énergie nécessaire

à cet effort. De plus, leur corps est plus riche en acide gras. Véritable modèle de développement durable, cette thermorégulation est exemplaire. En effet, les abeilles ne réchauffent donc que l'espace strictement nécessaire à leur survie, et se désintéressent des autres parties de la ruche dont la température peut chuter en dessous de 0°C (Clément H., 2009 ; Le Conte Y., 2002).

5. L'essaimage :

L'essaimage est un processus naturel qui permet aux colonies de se dédoubler et ainsi d'assurer la pérennité de l'espèce. La reine en place va partir de la ruche, accompagnée par plus de la moitié de ses ouvrières pour former un essaim qui se met rapidement en grappe. L'essaim laisse dans la ruche initiale le nid avec du couvain naissant, environ un tiers des ouvrières et des cellules royales prêtes à éclore. Une seule reine remplacera l'ancienne, et la colonie reformée commencera son développement. Les facteurs déclenchant l'essaimage sont : une population adulte trop nombreuse pour que les phéromones émises par la reine parviennent à inhiber la construction de cellules royales, la période entre avril et mi-juillet, des conditions climatiques très bonnes, des récoltes abondantes, la race de l'abeille (l'essaimage est sous la dépendance de facteurs génétiques propres à l'abeille, la rendant essaimeuse ou non). L'essaimage est préparé deux à quatre semaines à l'avance. Les ouvrières construisent alors des cellules royales (en moyenne 10 à 30, situées plutôt sur le côté ou en bas des cadres). Elles commencent l'élevage des larves royales qu'elles nourrissent uniquement avec de la gelée royale. Entre temps, la reine est nourrie moins intensément, ce qui réduit sa ponte et la taille de son abdomen. Ainsi, elle volera plus facilement pour essaimer. Quant aux ouvrières, elles se gorgent de miel plusieurs jours avant l'essaimage afin d'avoir une source d'énergie suffisante pour assurer la construction d'un nouveau site de nidification. Si les conditions climatiques sont bonnes, l'essaimage a lieu huit à dix jours après le début de l'élevage royal. Dans la colonie restante, la première reine qui éclore tue les autres reines dans leurs cellules. A la sortie de la ruche, l'essaim se fixe généralement sur une branche d'arbre proche. Des ouvrières éclaireuses partent alors à la recherche d'un emplacement pour la nouvelle colonie. Souvent, il s'agit d'une cavité naturelle,

adaptée à la taille de l'essaim, sèche pour limiter le développement de maladie, entourée de végétation pour permettre l'approvisionnement en nourriture, abritée du vent pour limiter la perte de chaleur, possédant une entrée étroite et située à plus de 3 m du sol, la protégeant ainsi des intempéries et des prédateurs. Il peut aussi s'agir d'une ruche vide. Les éclaireuses qui ont découvert un tel lieu effectuent une danse analogue à celle utilisée pour signaler la présence d'une source de nourriture à d'autres abeilles afin de les inviter à explorer le site en question. Plus le site correspondra à l'endroit idéal, plus la danse sera frétilante et recruterá d'abeilles, afin que tout l'essaim se déplace pour s'y rendre. Ce nuage d'abeilles, d'un diamètre moyen de 10 m et orienté par les éclaireuses, se déplace à une vitesse de 11 km/h et à une hauteur moyenne de 3 m. Puis les éclaireuses se fixent à l'entrée du nouvel habitat et ventilent en produisant la phéromone de Nasanov (voir plus loin), pour attirer les abeilles à l'intérieur (Le Conte Y., 2002 ; Marchenay P. et Bérard L., 2007 ; Pham-Délègue M., 1999).

6. Le langage des abeilles :

Chez les insectes sociaux, la communication permet d'harmoniser les comportements. Les abeilles communiquent entre elles en coordonnant plusieurs types de signaux : tactiles, chimiques, vibratoires, auditifs et visuels. Le mode de communication le plus répandu est chimique et s'appuie sur des odeurs particulières, les phéromones. Ce sont des substances chimiques émises par un individu, et provoquant chez les individus de la même espèce un comportement spécifique. Il peut s'agir de phéromones incitatrices, lorsqu'elles suscitent un comportement, ou de phéromones modificatrices, c'est-à-dire capables de modifier la physiologie de l'individu qui les perçoit (c'est le cas des phéromones royales). A la différence des hormones, les phéromones sont émises à l'extérieur de l'organisme. Chez les abeilles, ces odeurs peuvent être produites par la reine, les ouvrières, le couvain et les mâles.

6.1. Les phéromones de la reine :

Les phéromones royales sont produites en partie par les glandes mandibulaires. Elles induisent chez les ouvrières des comportements spécifiques et vont modifier

profondément leur physiologie. Plus d'une trentaine de composés chimiques ont été identifiés dans la phéromone sécrétée par les glandes mandibulaires. Les principaux constituants sont : l'acide 9-céto-2-décénoïque, l'acide 9-hydroxy-2-décénoïque, et deux composés organiques, l'hydroxybenzoate de méthyle et l'hydroxyméthoxyphényléthanol. Cette phéromone agit sur le comportement de la cour des ouvrières, et elle est également impliquée dans l'attraction des ouvrières lors de l'essaimage et dans la cohésion de la grappe d'abeilles. Chez les ouvrières, elle stimule la production de la phéromone de Nasanov, ainsi que le butinage et la production de cire. Elle inhibe en partie la construction des cellules royales pour réguler l'essaimage. Mais c'est aussi une phéromone modificatrice : elle déclenche chez les ouvrières un processus physiologique qui inhibe le développement de leurs ovaires. Elle module également le taux de l'hormone juvénile qui, entre autres, gère l'évolution comportementale des ouvrières adultes (qui est liée à l'activité de butinage). D'autres glandes de la reine exercent aussi un effet phéromonal, mal connu et dont les composés actifs n'ont pas encore été identifiés. On peut citer : la glande de Dufour, située près de l'orifice génital, qui pourrait sécréter des substances impliquées dans la reconnaissance des œufs par les ouvrières, les glandes tergaux qui viendraient renforcer l'action des phéromones mandibulaires, la glande de Koschewnikov qui produirait des sécrétions pour attirer les ouvrières, et enfin, les glandes tarsales qui auraient un effet sur la construction des cellules royales. La composition des sécrétions royales varie et caractérise la reine : elle indique son identité individuelle et raciale, son âge, le fait qu'elle soit vierge ou qu'elle soit accouplée. Elle fluctue aussi en fonction de l'heure de la journée et de la saison. Les sécrétions royales agissent aussi sur les mâles en les attirant lors des vols nuptiaux. Les mâles peuvent ainsi être attirés par une phéromone sexuelle présente à plus de 60 m et, à courte distance, les sécrétions royales ont un effet aphrodisiaque qui favorise l'accouplement. En résumé, les phéromones royales sont d'importants régulateurs de la plasticité comportementale au sein de la colonie (Le conte Y., 2002 ; Pham-Délègue M., 1999).

6.2. Les phéromones des ouvrières :

Les ouvrières émettent différentes phéromones incitatrices. Les phéromones mandibulaires et de la glande à venin produites par les gardiennes provoquent le recrutement de soldats pour la défense de la colonie. La phéromone sécrétée par la glande mandibulaire contient de nombreux composés et particulièrement le 2-heptanone, et sa fonction serait de repousser les abeilles pillardes, car il exerce un fort pouvoir répulsif sur les autres abeilles. La phéromone sécrétée par la glande à venin contiendrait notamment de l'acétate d'isoamyl qui déclencherait des réactions agressives à l'entrée de la ruche et attirerait les abeilles vers l'ennemi à piquer. Les ouvrières émettent aussi une phéromone sécrétée par la glande de Nasanov. Cette glande se situe dans un repli entre le 6^{ème} et le 7^{ème} anneau abdominal. Cette phéromone contient un composé organique, le géraniol, possédant une odeur caractéristique que les abeilles perçoivent à plusieurs mètres, et qui permet un regroupement de la colonie. Elle est émise lorsque les ouvrières découvrent une source d'eau (la source étant inodore, ce marquage aide les autres butineuses à la découvrir), ou pour marquer une source de nourriture inhabituellement riche en sucre. Elle est également sécrétée à l'entrée de la colonie ou lors de l'essaimage pour attirer et orienter les abeilles. Les effets de la phéromone de Nasanov peuvent être renforcés par une autre substance de marquage, produite par les glandes d'Arnhart situées sur les tarses. Les ouvrières frottent leurs pattes sur des supports tels que l'entrée de la ruche ou une source de nourriture, et l'odeur déposée augmente l'efficacité de la phéromone de Nasanov qui diffuse alors aux alentours.

6.3. Les phéromones du couvain :

Le couvain émet des phéromones qui permettent aux ouvrières d'apprécier son âge, sa caste, ses besoins. En effet, œufs, larves, et nymphes émettent des phéromones dont les quantités et les proportions varient en fonction de l'âge des larves. Sur la base de ces signaux chimiques, les nourrices peuvent adapter leurs soins. Ces phéromones ont également un effet stimulateur sur les glandes hypopharyngiennes des nourrices, et un effet inhibiteur sur le développement de

leurs ovaires. Ce phénomène montre que les larves influencent la physiologie des nourrices pour optimiser les soins qu'elles prodiguent : en fonction des besoins de la colonie, celles-ci iront butiner plus tard et passeront davantage de temps aux soins des immatures (Le Conte Y., 2002).

6.4. Les phéromones des mâles :

Il semblerait que les mâles produisent des sécrétions phéromonales à partir de leurs glandes mandibulaires. Leur fonction serait d'attirer les autres mâles dans les sites de rassemblement (Pham-Délègue M., 1999).

Chapitre III

Les abeilles et les fleurs

Si aujourd'hui, nous jouissons d'une biodiversité exceptionnelle, nous devons en être redevables aux insectes et plus particulièrement aux abeilles. En effet, la plupart des plantes à fleurs, pour assurer leur reproduction sexuée, doivent être préalablement pollinisées. Ce mode de reproduction des plantes nécessite l'intervention d'un agent intermédiaire : il peut s'agir du vent (anémogamie ou anémophilie), de l'eau (hydrogamie), des insectes (entomophilie ou entomogamie) ou des oiseaux (ornithophilie) ; quand il s'agit d'un animal, on parle alors généralement de zoogamie. Les abeilles jouent un rôle fondamental dans ce processus puisque 80% des plantes à fleurs et 75% des cultures dépendent d'elles pour leurs pollinisations. En une journée, une colonie de 40 000 abeilles (dont 30 000 butineuses) visite environ 21 millions de fleurs soit 700 par abeille¹. Les organes floraux de ces plantes sont parfois extrêmement complexes et se distinguent par leurs couleurs et leurs odeurs notamment afin que l'abeille repère la fleur et trouve facilement le chemin vers le nectar et le pollen situés à l'intérieur. C'est dans beaucoup de cas, la seule et unique façon pour la plante de se faire féconder et d'assurer ainsi la perpétuation de l'espèce. De son côté, l'abeille retire presque exclusivement des fleurs les éléments nutritifs qui lui permettent de vivre (Raynal-Roques A., 1994). Il s'agit là « d'un mutualisme biologique » qui a donné lieu à des adaptations diverses chez les abeilles comme chez les plantes pour améliorer les bénéfices de chacun (Clément H., 2009 ; Marchenay P. et Bérard L., 2007), (figure 16). On peut alors se poser plusieurs questions : comment les abeilles font-elles pour s'orienter et pour communiquer à leurs congénères les lieux exacts de récolte ? Quels sont les aliments récoltés ? Qu'est-ce que la pollinisation plus précisément ? Comment passe-t-on du nectar au miel ?

¹ BONTE F. Chiffres sur les abeilles, 19.03.2010, 1 p. [document interne à LVMH recherche].



Figure 16 : Une ouvrière en train de butiner (Clément H., 2009).

1. Des sens développés :

La diversité et la complexité des tâches réalisées par l'abeille supposent un équipement sensoriel très riche, qui puisse lui permettre d'apprécier son environnement. Comme les animaux supérieurs, l'abeille utilise les cinq sens : le toucher, l'odorat, la gustation, la vision et l'ouïe. En effet, l'abeille possède un système sensoriel tactile performant, constitué de poils mécano-récepteurs situés sur l'ensemble du corps. Les odeurs, notamment celles émises par les fleurs lors du butinage, et diverses phéromones sont détectées par des récepteurs situés aux niveaux des antennes. Les abeilles peuvent goûter grâce à des récepteurs gustatifs situés au niveau des antennes, au niveau des tarse des pattes antérieures, et dans la bouche. C'est grâce à ce goût développé qu'elles vont sélectionner les plantes dont elles vont butiner le nectar. Le système visuel de l'abeille est adapté au mode de déplacement et d'alimentation de l'abeille adulte. Celle-ci possède deux types d'yeux : deux yeux composés ou à facettes, situés de chaque côté de la tête, et trois ocelles (yeux simples placés en triangle sur le haut de la tête). Le pouvoir de résolution visuelle de l'abeille est plus faible que celui de l'homme. En revanche, il est plus rapide, car elle peut enregistrer au moins dix fois plus de stimuli lumineux par unité de temps. L'abeille perçoit les couleurs dans un spectre situé entre 300 et 500 nanomètres. Cela signifie qu'elle détecte le vert, le bleu et l'ultraviolet, ainsi que la lumière polarisée. En revanche, elle ne peut détecter la

couleur rouge ; on peut donc expliquer la forte attraction des abeilles pour les fleurs de couleur rouge par le fait qu'elles les perçoivent dans l'ultraviolet entre 300 et 390 nanomètres, ce qui est alors attractifs pour elles (figure 17).

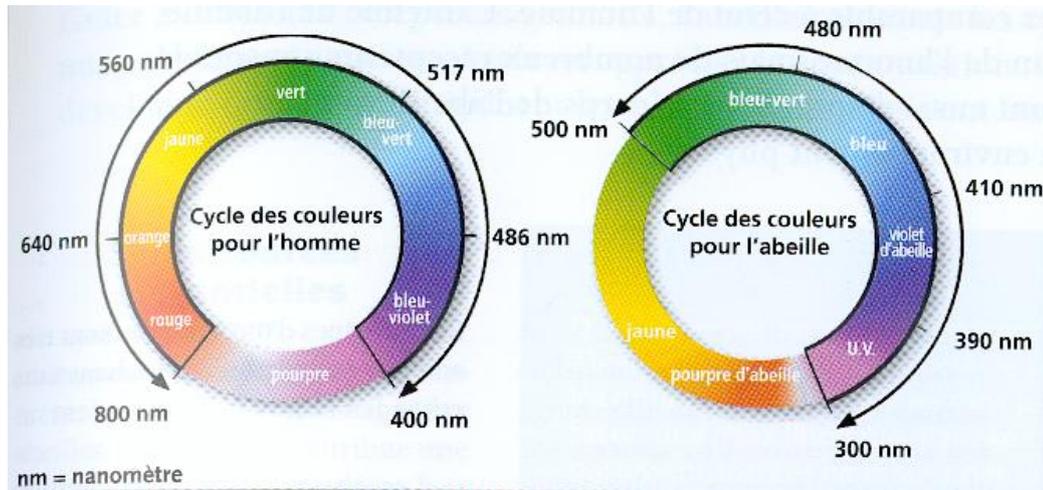


Figure 17 : Les couleurs vues par l'homme et par l'abeille (Le Conte Y., 2002).

Les ocelles mesurent la lumière et sont très sensibles à la direction et aux modifications de la clarté. Ils ont un pouvoir de résolution faible qui ne leur permet pas de former une image nette. Les individus adultes communiquent grâce à un système auditif qui détecte les vibrations et les sons produits par leurs congénères ou par l'environnement extérieur (Le Conte Y., 2002). Lors du butinage, l'abeille doit être capable de s'orienter pour découvrir les sources de nourriture et pour retrouver le chemin de la ruche. C'est en mémorisant les informations sensorielles qu'elle pourra renseigner ses congénères sur les ressources mellifères.

2. Orientation :

L'orientation de la butineuse vers une source de nourriture puis le retour à la ruche implique la coordination de plusieurs types de signaux complexes : visuels, magnétiques et olfactifs. En effet, lors de ses expéditions, l'ouvrière se repère par rapport au soleil ; elle intègre et compense le déplacement du soleil par rapport à la direction de son vol. C'est donc l'angle entre le soleil et l'endroit vers lequel elle souhaite se rendre qui lui sert de repère et non l'élévation du soleil dans le ciel (figure 18).

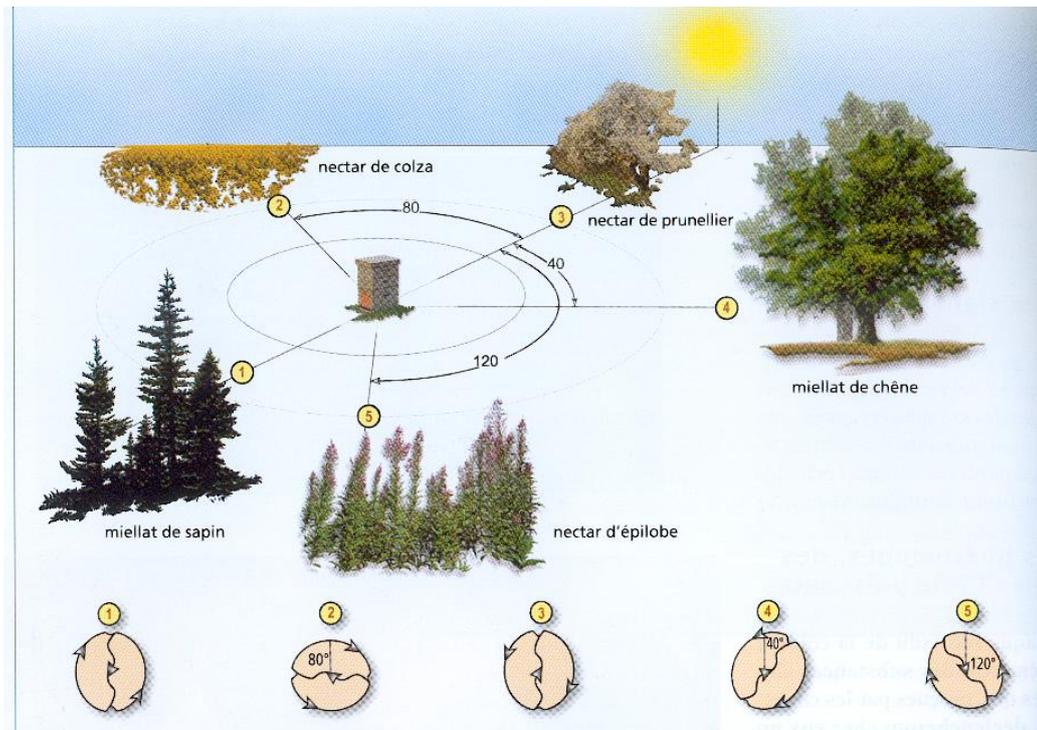


Figure 18: L'orientation des abeilles (Le Conte Y., 2002).

Par temps nuageux, elles ont la possibilité d'utiliser les ultraviolets émis par le soleil et qui peuvent traverser des ciels légèrement couverts. En cas de grosse masse nuageuse, elles peuvent toujours s'orienter grâce à la lumière du soleil qui se polarise en traversant l'atmosphère. Si le ciel est totalement couvert, les abeilles ne peuvent plus utiliser la lumière polarisée pour repérer la position du soleil ; il semblerait alors qu'elles utilisent des repères terrestres. Le champ magnétique terrestre intervient également dans l'orientation des abeilles : la sensibilité des abeilles au champ magnétique serait liée à l'existence de cristaux de magnétite formés au cours de la nymphose et accumulés dans l'abdomen. Ces cristaux sont de même type que ceux des pigeons voyageurs, capables de s'orienter en fonction du champ magnétique. Enfin, elles utilisent des signaux olfactifs ; l'abeille est capable de détecter des odeurs sur une grande distance, notamment celles émises par les ressources florales ou celles produites par la colonie (Le Conte Y., 2002 ; Pham-Délègue M., 1999).

3. La danse :

Décrite pour la première fois en 1927 par Karl Von Frish, génial observateur, la danse des abeilles est un système de communication qui informe les ouvrières sur la direction, la distance et la nature de la source de nectar ou de pollen. Elle sert aussi à indiquer la position d'un nouvel abri lors de l'essaimage. A leur retour, les éclaireuses se mettent à marcher rapidement sur un des rayons de la ruche en effectuant une sorte de huit et en frétilant de l'abdomen. Ce mouvement est suivi de près par un public qui se tient autour de la danseuse. Peu à peu, certaines abeilles se mettent à l'imiter, en maintenant leurs antennes en contact avec son abdomen. Ce comportement de palpation permet à ces dernières d'intégrer l'odeur de la plante dont la butineuse s'est imprégnée. La butineuse peut aussi transmettre le nectar récolté aux abeilles suiveuses par trophallaxie pour les renseigner sur le type de nectar. Après quoi, elle sort et retourne à son butin pour danser à nouveau dès son retour. Ces mouvements, effectués dans l'obscurité de la ruche, ne sont suivis que grâce au contact antennaire. Les danses en rond, une fois dans un sens, une fois dans l'autre, indiquent que la source exploitée est à moins de cent mètres de la ruche. La vigueur de cette danse est en rapport avec la concentration en sucre du nectar découvert. Les informations ainsi dispensées concernent la distance, l'odeur florale, la concentration du nectar ou la quantité de pollen, mais pas la position par rapport au soleil, qui est renseignée par la danse frétilante ou en « huit ». En effet, celle-ci renseigne sur la distance (supérieure à cent mètres), la direction, et la qualité des ressources disponibles. Plus la source est éloignée, plus la danse est lente. Le huit indique la direction du butin. La « recruteuse » transpose, sur le cadre et dans l'obscurité, l'angle entre la source et la position du soleil (voir figure 18). Pour compléter l'information, elle distribue un échantillon de sa récolte et émet un son. Les organes tactiles et olfactifs des recrues sont alors en pleine action (Le Conte Y., 2002 ; Marchenay P. et Bérard L., 2007).

4. Les aliments récoltés par l'abeille :

Nectar, pollen, miellat, et eau sont les matières de base nécessaires à l'alimentation de la colonie. Nous allons étudier chacun de ces éléments.

4.1. Le nectar des fleurs :

Le nectar est une exsudation sucrée plus ou moins visqueuse, en fonction de sa teneur en eau. Il contient environ 90% de sucres, les plus courants étant le saccharose, le glucose et le fructose. Les proportions de ces sucres sont relativement stables pour une même espèce végétale. Le nectar contient également des acides organiques (acides fumarique, succinique, malique, oxalique, etc.), des protéines, notamment des enzymes, des acides aminés libres (acides glutamique et aspartique, méthionine, sérine, tyrosine, etc.), et des composés inorganiques (comme les phosphates). On peut également retrouver dans certains nectars des composés huileux, des alcaloïdes ou des substances bactéricides. Chaque espèce végétale fournira un nectar aux caractéristiques bien spécifiques qui contribueront à donner au miel sa saveur et son parfum. Ce nectar est produit par des glandes nectarifères à partir de la sève de la plante. La localisation de ces glandes nectarifères ou nectaires est très variable d'une plante à une autre. On distingue les nectaires floraux, souvent situés à la base des organes floraux, sur les pétales, sépales, étamines, carpelles et les nectaires extra-floraux, qui peuvent se situer sur les bractées, les feuilles, les pétioles, les stipules et les tiges (Marchenay P. et Bérard L., 2007 ; Pham-Délègue M., 1999). Mais le plus souvent, ils sont placés au fond de la corolle des fleurs. Pour y accéder, la butineuse doit pénétrer dans la fleur et allonger sa langue adaptée à cet usage. Elle y aspire le nectar, par pompage et par capillarité, dans son jabot. Lorsque celui-ci est plein, elle rentre à la ruche, où elle transfère son butin aux ouvrières manutentionnaires (Le Conte Y., 2002). La quantité de nectar sécrétée dépend de très nombreux facteurs notamment : la dimension de la plante, la position de la fleur dans l'inflorescence et la durée de floraison (plus elle durera longtemps, plus la quantité de nectar sécrétée sera grande). L'âge, les facteurs génétiques, le sexe et l'état physiologique de la plante interviennent également car une fois fécondée,

la fleur ne produit plus de nectar. A cela s'ajoute des facteurs externes, comme l'humidité relative de l'air ; en effet, plus elle est élevée, plus le nectar est abondant, plus il est dilué et moins il sera attractif pour les abeilles. De même, un nectar trop concentré peu devenir trop visqueux pour être prélevé. La nature du sol, le vent, la lumière, l'altitude, et la température sont des facteurs qui interviennent également. La quantité de nectar varie aussi avec le rythme nyctéméral, c'est-à-dire l'alternance jour/nuit, les maximums et les minimums de sécrétion se situant selon les plantes à différents moments de la journée (Assie B., 2004 ; Pham-Délègue M., 1999). Dans de bonnes conditions, lorsqu'une espèce végétale produit un nectar en quantité, une colonie peut en récolter jusqu'à 5kg par jour (Le Conte Y., 2002).

4.2. Le pollen :

L'appareil sexuel mâle comprend une ou plusieurs étamines, chacune étant constituée de deux parties, le filet et l'anthere qui contient les grains de pollen. Les grains de pollen représentent les gamètes mâles chez les plantes supérieures. L'ornementation de la paroi pollinique du grain de pollen est caractéristique du mode de pollinisation de la plante : lorsque la pollinisation est entomophile, les grains sont le plus souvent hérissés d'épines et le manteau pollinique est très collant ce qui favorise leur fixation les uns sur les autres et sur le corps de l'abeille (Pham-Délègue M., 1999). En moyenne, on trouve dans un grain de pollen : 20% de protides dont 50% sont des acides aminés indispensables, 5% de lipides, 36% de glucides, 11% d'eau, et 3% de sels minéraux (K, Mg, Ca, Fe, Cb...). On trouve également de nombreux pigments (caroténoïdes, rutine) et des vitamines des groupes B, C, D, E, et A. Le pollen constitue la principale source de protéines pour l'abeille. Suivant l'origine des fleurs butinées, la couleur des pelotes de pollen peut être très variée. Souvent jaunes, elles peuvent aussi être blanches, oranges, grises, brunes, noires et même bleues ou vertes. Lorsque l'abeille visite des fleurs, elle gratte vigoureusement leurs anthères avec ses pattes de devant et son corps velu se charge de pollen. De plus, au niveau de leurs pattes postérieures, les abeilles sont dotées de brosses spécialement adaptées à la récolte du pollen. Ce qui permet, après façonnement par addition de sécrétions salivaires, de nectar et de

miel, de constituer des petites masses ovoïdes de quelques millimètres de diamètre appelées des pelotes. Le pollen ramassé représente 10 à 30 mg par voyage, travail qui peut être réalisé en dix minutes. Une ruche récolte ainsi 30 à 40 kg de pollen pendant le printemps et l'été (Dr Dubois, 1987 ; Le Conte Y., 2002), (figure 19).



Figure 19 : La récolte du pollen par une ouvrière (Marchenay P. et Bérard L., 2007).

4.3. Le miellat :

Il s'agit d'un liquide épais et visqueux constitué par les excréments liquides des Homoptères (psylles, cochenilles et surtout pucerons). Ces insectes piqueurs perforent les tissus végétaux avec leurs pièces buccales pour prélever les éléments azotés de la sève, et rejettent par leurs anus, des gouttelettes sucrées et riches en acides aminés, le miellat. Il est plus dense en sucre que le nectar, plus riche en azote, en acides organiques, en minéraux et sucres complexes (comme le mélezitose ou les maltoses) (Clément H., 2002). Les plantes hôtes de ces insectes sont essentiellement les arbres forestiers ou d'ornementation comme le sapin, l'épicéa, le pin sylvestre, le tilleul et le chêne. Le miellat est récolté par les abeilles en complément ou en remplacement du nectar afin de produire un miel plutôt sombre, moins humide que le miel de nectar. Toutefois, la récolte du miellat par les abeilles est très aléatoire et dépend de nombreux facteurs climatiques notamment. De plus, tous les miellats ne conviennent pas aux abeilles (Clément H., 2002 ; Pham-Délègue M., 1999).

4.4. L'eau :

Les abeilles transportent l'eau jusqu'à la ruche grâce à leur jabot. Elle est indispensable car les larves en pleine croissance en consomment beaucoup.

4.5. La propolis :

Les abeilles récoltent la propolis sur les bourgeons de certains arbres, bouleau, orme, saule, chêne, marronnier d'Inde, et frêne notamment, et sur les écorces d'épicéa, de pin et de sapin. Ce n'est pas un aliment mais elles l'utilisent dans la ruche comme un mastic pour colmater les trous et aseptiser l'atmosphère. Cette propolis est également employée pour enrober et « momifier » les cadavres d'animaux (souris, serpents, escargots, etc.) qu'elles ont tués et qu'elles ne peuvent pas sortir de la ruche (Marchenay P. et Bérard L., 2007). Elles utilisent donc la propolis comme un agent protecteur de la ruche. La composition de la propolis est variable compte tenu de ses origines variées ; on y retrouve généralement 50 à 55% de résines et de baumes, 20 à 35% de cire, 5 à 10% d'huiles essentielles, 5% de pollen et 5% d'éléments divers (flavonoïdes, composés phénoliques et aromatiques). L'ouvrière transporte la propolis sur ses pattes arrière, comme elle le fait avec le pollen (Bruneau E., 2002 ; Fauliot L., 1997).

5. Elaboration du miel à partir du nectar :

La transformation du nectar en miel commence dans le jabot de la butineuse. En effet, c'est dans le tube digestif que s'amorce la longue conversion : des ferments ou enzymes agissent sur le nectar. Le saccharose du nectar, sous l'action de l'invertase, se transforme en glucose, fructose, maltose et autres sucres. Les modifications physico-chimiques se poursuivent dès l'arrivée à la ruche. En effet, la butineuse transfère alors sa récolte à des abeilles ouvrières d'intérieur qui vont, par régurgitations successives d'une abeille à une autre, compléter et terminer la transformation commencée, avant d'aller dégorger ce liquide dans les alvéoles de cire disponibles. D'individu en individu, la teneur en eau s'abaisse et le liquide s'enrichit de sucs gastriques et de substances salivaires : invertase, diastase et glucose-oxydase. Simultanément, d'autres sucres sont synthétisés, qui n'existaient

pas au départ comme l'erlose et le raffinose. Sucée et étalée plusieurs fois, la solution sucrée va alors subir une nouvelle concentration par évaporation qui s'effectue sous la double influence de la chaleur régnant dans la ruche et de la ventilation assurée par les abeilles ventileuses qui créent, par un mouvement rapide de leurs ailes, un puissant courant d'air ascendant dans la ruche. (www.01santé.com) En moins de cinq jours, le miel passe de 50% à un peu moins de 18% d'eau pour 80% de sucre (Clément H., 2002). Une fois remplie de miel, l'alvéole est obturée par un opercule de cire qui permet de le garder dans de bonnes conditions. Evaporation de l'excès d'eau et concentration en sucre sont donc les deux phases essentielles de la fabrication du miel. La colonie dispose donc d'un aliment hautement énergétique, stable, de longue conservation et peu sensible aux fermentations (Marchenay P. et Bérard L., 2007).

NB : Pour obtenir un kilo de miel de nectar, les abeilles doivent parcourir 40 000 km et doivent visiter plus de 5 millions de fleurs².

6. Pollinisation :

Préalable à la fécondation, donc à la reproduction sexuée des plantes à fleurs (angiospermes), la pollinisation permet le transport du pollen depuis les anthères vers les stigmates (organes femelles) du même ou d'un autre individu (Raynal-Roques A., 1994). On distingue deux types de vecteurs pour les grains de pollen, les vecteurs abiotiques (le vent, l'eau, la gravité) et les vecteurs biotiques (les insectes, et les animaux). L'abeille est un agent pollinisateur remarquablement efficace, car elle contribue à la reproduction sexuée de plus de 80% des espèces de plantes à fleurs. La reproduction des espèces végétales dites mellitophiles (c'est-à-dire attractives pour les abeilles) dépend donc principalement du butinage des abeilles. L'abeille se nourrit exclusivement de nectar et de pollen, et ces ressources sont butinées sur une aire considérable et sur un grand nombre d'espèces. De plus, l'ouvrière fait preuve d'une grande fidélité à l'égard de

² BONTE F. Chiffres sur les abeilles, 25.11.2010, 1p. [document interne à LVMH recherche].

l'espèce butinée, ce qui maximise les transferts de pollen d'une fleur à une autre. La pollinisation est donc une conséquence fortuite des visites de l'abeille. Il en résulte une multitude d'adaptations chez les abeilles comme chez les fleurs. La morphologie florale des espèces mellitophiles est généralement telle que, lors de sa visite, l'abeille entre en contact avec les étamines et/ou le stigmate pour accéder au butin recherché. Il s'en suit une charge de pollen sur le corps de l'abeille, ou un dépôt de pollen sur le stigmate, ou les deux. Les fleurs attirent leurs visiteurs par leurs couleurs vives, leurs morphologies, leurs parfums. Les plantes les plus mellitophiles sont des plantes dites à « lèvres » dont les pétales supérieurs sont soudés et dessinent une lèvre supérieure en forme de capuchon et une lèvre inférieure qui constitue une excellente piste d'atterrissage pour les insectes. C'est le cas notamment du romarin, de la lavande, des menthes. Le nombre des végétaux mellitophiles est estimé à plus de 200 000 (Vaissière B., 2002). Les apiaires présentent de multiples adaptations morphologiques qui favorisent la récolte du nectar et du pollen : leurs pièces buccales sont de type broyeur-lécheur, avec une langue allongée qui permet les prélèvements de nectar ; leurs pattes sont modifiées pour faciliter la formation et le transport des pelotes de pollen ; leur pilosité abondante favorise le piégeage et le transport de pollen (Pham-Délègue M., 1999). La pollinisation intéresse également notre agriculture ; en effet, elle augmente non seulement la quantité mais aussi la qualité des fruits, légumes ou graines issus des plantes visitées. L'abeille domestique élevée en apiculture présente un avantage considérable sur les autres insectes, car des ruches peuvent être facilement installées sur les cultures à polliniser. En effet, des ruchers entiers sont apportés au moment de la floraison, sur les vergers, mais aussi sur les cultures de plantes légumières, oléagineuses, protéagineuses, fourragères, etc. Une bonne pollinisation favorise un meilleur rendement des exploitations agricoles et améliore la qualité gustative, la conservation, et l'aspect des fruits et des légumes. En ce qui concerne les plantes sauvages, leur pollinisation est un phénomène discret mais c'est un processus très important notamment pour le maintien des espèces et la diversité génétique du monde végétal. Des croisements peuvent avoir lieu entre des plantes botaniquement voisines, ce qui participe à la création de nouvelles espèces

végétales (Marchenay P. et Bérard L., 2007). La pollinisation constitue donc la contribution essentielle des abeilles tant aux écosystèmes naturels qu'à l'agriculture. Elle permet d'assurer à titre exclusif ou principal la fécondation de toutes les espèces mellitophiles (Vaissière B., 2002).

7. La flore mellifère :

Les plantes mellifères produisent le nectar ou permettent la fabrication du miellat par les Homoptères, nectar et miellat étant ensuite récoltés par les butineuses puis transformés en miel. Par extension, le terme désigne également les plantes utiles aux abeilles et exploitables en apiculture, c'est-à-dire les plantes qui fournissent aussi le pollen et la propolis (Marchenay P. et Bérard L., 2007). Pour donner un ordre de grandeur, certaines estimations indiquent que sur les 4000 à 4500 espèces de végétaux supérieurs appartenant à la flore française, 436 sont reconnues comme mellifères, parmi lesquelles 31 sont de première importance et apportent des miellées significatives. Cette estimation repose sur l'étude de la présence dans le miel des pollens de différentes espèces (Pham-Délègue M., 1999). On peut séparer les miels en deux catégories : les miels monofloraux ou miels de cru qui proviennent de façon prédominante d'une seule espèce florale, et les miels polyfloraux qui résultent de la récolte des abeilles sur plusieurs espèces florales (Clément H., 2002).

7.1. Principaux miels monofloraux :

Les miels monofloraux sont élaborés à partir du nectar et/ou du miellat provenant d'une seule espèce végétale et cela nécessite bien sûr d'installer les ruches à proximité de la plante recherchée. Si de très nombreux végétaux possèdent des qualités mellifères, un nombre restreint d'entre eux permet une production monoflorale caractéristique. Les miels de colza et de tournesol représentent à eux seuls près de la moitié de la production française globale. Parmi les grands crus, on peut citer les miels d'acacia, de lavande, de romarin, de callune, de tilleul, de châtaignier, etc. Ils sont bien caractérisés et produits en quantité non négligeable. Les crus rares sont les miels de framboisier, de serpolet, d'arbousier ou de rhododendron. Leur production est limitée car ils sont élaborés sur des territoires

exigus. On peut également citer les miels monofloraux de cerisier, d'aubépine, de bleuet, de bourdaine, de bruyère, d'épilobe, de lierre, de luzerne, de houx, de moutarde des champs, de pissenlit, de chardon, de ronce, de sainfoin, de sarrasin, de saule, de thym, de trèfle, de chêne, d'eucalyptus, de sapin, et de clémentinier notamment (Clément H., 2002).

7.2. Principaux miels polyfloraux :

Ces miels sont élaborés à partir du nectar et/ou du miellat provenant de plusieurs espèces végétales. Ils représentent la majorité de la production française. Pour valoriser leur spécificité et permettre au consommateur de reconnaître leur caractère dominant, les apiculteurs indiquent leur origine géographique. Celle-ci indique soit l'aire de production (région, département, massif...), soit un type de paysage faisant référence à une flore identifiée (garrigue, maquis, forêt...). Le miel de forêt provient de l'épilobe, de la ronce, des bruyères, du lierre, et des miellats de conifères divers, de chêne, de hêtre, et de tilleul. Le miel de garrigue est élaboré à partir de romarin, de thym, de sarriette, de trèfle blanc, d'asphodèle, de ronce et de lavande. Le miel de haute montagne est constitué à partir de rhododendron, de trèfle blanc, d'épilobe, de ronce et de framboisier. La flore dominante du miel de printemps est le colza, le pommier, le cerisier, le trèfle, le pissenlit et le cassis (Clément H., 2002).

Chapitre IV

L'apiculture

Bien connaître le comportement des abeilles, la flore des environs, posséder des colonies saines, de bonnes reines, voici quelques principes de bases qui permettent d'élever sérieusement des abeilles. De bonnes conditions météorologiques et une solide expérience de la pratique apicole font le reste. L'idée étant de faire produire efficacement du miel à ses ruches, l'apiculteur vise à obtenir le maximum de butineuses au moment de la grande miellée.

1. Les différents types de ruche :

La domestication de l'abeille a impliqué la mise au point d'enceintes pour l'accueillir. A travers les siècles, l'homme a utilisé d'abord les ruches à rayons fixes formées d'une seule pièce, puis de plusieurs pièces (ruches à calottes ou à hausses), (figure 20).

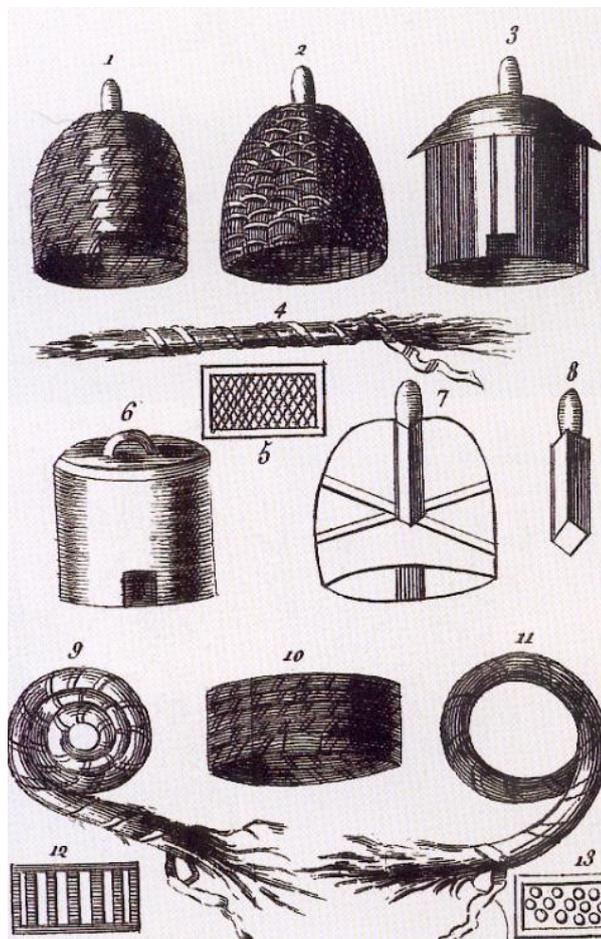


Figure 20 : Différents modèles de ruches (Marchenay P. et Bérard L., 2007).

Enfin sont apparues les ruches à cadres mobiles actuellement répandues dans tout le monde apicole, les cadres supportant les rayons. Les ruches à rayons fixes, bien que largement utilisées à travers les âges, posaient des problèmes pour la récolte du miel. Le plus souvent, on asphyxiait la colonie pour prélever les réserves. Ces ruches sont encore utilisées pour y faire de l'élevage et obtenir des essaims. Aujourd'hui, les apiculteurs français utilisent généralement des ruches Dadant, Langstroth et Voirnot (Pham-Délègue M., 1999), (figure 21).

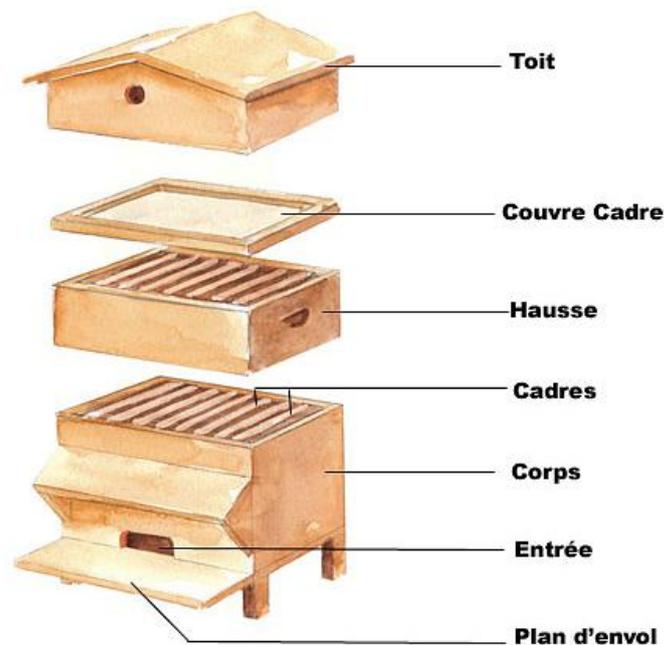


Figure 21 : Ruche de type Dadant (www.rustica.fr).

Dans ce type de ruche, les abeilles bâtissent leurs rayons dans les cadres, ce qui permet à l'apiculteur de récolter le miel sans détruire la cire ou les abeilles. La partie basse de la ruche appelée « corps de ruche » est réservée aux abeilles (en général, l'apiculteur n'y récolte aucun cadre). Elles y élèvent les larves et y entreposent leurs réserves de miel et de pollen. Les hausses que l'apiculteur place au-dessus dès le printemps, recueillent le surplus de miel. Elles contiennent généralement moins de cadres que le corps de ruche, ce qui favorise la construction de cellules plus profondes, maximisant le stockage du miel et limitant les pontes de la reine. Ainsi, une fois que les cadres sont remplis, l'apiculteur les retire pour en extraire le miel. Ils seront réintroduits pour les miellées suivantes.

- La ruche Dadant dix cadres constitue le modèle le plus utilisé en Europe. Les cadres de dimensions 27 x 42 cm sont espacés de 37 mm, cet espacement évitant l'apparition de rayons parasites entre les cadres. Dès le printemps, une ou plusieurs hausses de 17 cm de hauteur sont placées sur le corps de la ruche afin que les abeilles emmagasinent leur récolte. Parfois, la ruche Dadant peut comporter douze cadres, offrant ainsi plus de réserves pour passer l'hiver. Des ruchettes comportant quatre ou cinq cadres permettent de démarrer de jeunes essaims au printemps.
- La ruche Langstroth, également appelée ruche standard, est assez proche du modèle Dadant. Ses cadres sont plus petits 20 x 43 cm. Des hausses de 17 cm ou 13 cm peuvent être placées sur le corps de ruche ou des corps de même hauteur (24 cm) peuvent être superposés les uns sur les autres. On parle alors de ruche divisible. L'inconvénient majeur des ruches divisibles réside dans leur poids.
- La ruche de l'abbé Voirnot est cubique. Elle contient dix cadres (33 x 33 cm) et des hausses basses de 13,5 cm ou hautes de 16,5 cm. Elle est encore utilisée dans les régions aux hivers rigoureux comme l'Est et le Centre de la France (Fert G., 2002 ; Pham-Délègue M., 1999), (figure 22).



Figure 22 : Un rucher (Photo prise au domaine apicole de Mr Kerner, novembre 2010).

2. Le matériel apicole :

La manipulation des abeilles nécessite peu de matériel. Hormis l'enfumeur et le lève-cadre, tous les outils peuvent être adaptés voire fabriqués par l'apiculteur.

2.1. L'enfumeur :

L'homme s'est très tôt rendu compte de l'effet calmant de la fumée sur les abeilles, et l'a utilisée pour se protéger des piqûres au cours des récoltes ou des manipulations. Les premiers « cueilleurs de miel » représentés sur les gravures rupestres se servaient déjà d'une torche pour se protéger. En effet, la fumée masque les phéromones d'alarme que les ouvrières émettent lors d'une agression extérieure. Le combustible idéal doit fournir une fumée froide, blanche et épaisse. Dès que la fumée devient foncée, cela signifie qu'elle se réchauffe ; il faut donc recharger l'enfumeur en combustible, sinon les abeilles deviennent agressives. Actuellement, l'enfumeur classique est formé d'un cylindre métallique dont le couvercle forme un bec, et qui est muni d'un soufflet à sa base. La plupart des apiculteurs utilisent un combustible riche en cellulose comme des aiguilles de pins, des écorces, des feuilles d'eucalyptus, des copeaux de bois non traités, du foin ou encore de la bouse de vache séchée (Fert G., 2002 ; Pham-Délégue M., 1999), (figure 23).



Figure 23 : Un enfumeur (photo prise au domaine apicole de Mr Kerner, novembre 2010).

2.2. La tenue de protection :

Malgré la fumée, l'apiculteur n'est pas à l'abri de quelques piqûres. Il lui faut donc se protéger avec des vêtements adaptés, permettant de travailler confortablement et en toute sécurité. Pour cela, l'apiculteur revêt une combinaison serrée aux chevilles et aux poignets. Cette combinaison est blanche de préférence, car les abeilles réagissent de façon moins agressive aux couleurs claires qu'aux couleurs foncées. Il se munit également d'un chapeau équipé d'une voile qui protège le visage, et de gants en cuir souple, bien que beaucoup d'apiculteurs pratiquent les manipulations à mains nues (Fert G., 2002 ; Pham-Délègue M., 1999), (figure 24).



Figure 24 : Une tenue d'apiculteur (photo prise au domaine apicole de Mr Kerner, novembre 2010).

2.3. Le lève-cadre et la brosse :

Le lève-cadre est une sorte de couteau métallique recourbé à ses extrémités, qui aide à décoller les cadres collés par la cire et la propolis. La brosse à abeille s'utilise pour repousser sans les blesser les abeilles qui recouvrent un cadre. Elle

peut devenir le vecteur de maladies ; il faut donc la désinfecter à l'eau de javel très régulièrement (Fert G., 2002 ; Pham-Délègue M., 1999), (figure 25).



Figure 25 : Les outils de l'apiculteur (www.routedor.fr).

3. La récolte du miel :

La récolte du miel peut se faire dès la fin de la miellée. S'il s'agit d'un miel monofloral, elle se fera à la fin de la floraison de la plante concernée, tandis que pour un miel toutes fleurs, elle se fera vers la mi-août au moment des dernières floraisons. L'apiculteur retire les cadres de miel, mais en laissant aux abeilles les provisions nécessaires pour qu'elles puissent nourrir les larves et éventuellement passer l'hiver suivant la saison. Comme nous l'avons vu précédemment, la récolte du miel se fait uniquement à partir des hausses. Après avoir chassé les abeilles par enfumage, l'apiculteur sort les cadres des hausses et les amène à la miellerie (local réservé à l'obtention du miel) ; il enlève alors les opercules de cire à l'aide d'un couteau à désoperculer qui peut être équipé d'une résistance électrique ou émettre de la vapeur. Autrefois, on consommait le miel à l'état naturel ou on le pressait. Mais les rayons étaient nécessairement détruits et le miel comportait des débris de cire ou de propolis. Aujourd'hui, on extrait le miel des cellules par centrifugation à l'aide d'extracteurs tangentiels ou radiaux. Le miel est ensuite recueilli dans un maturateur (simple récipient de décantation en inox) d'une capacité de 50 kg à 2 tonnes, à une température de 30-35°C (pour retarder la cristallisation). Il va y rester 2 à 8 jours au cours desquels les bulles d'air retenues dans la masse ainsi que les impuretés (fragments de cires, de propolis et amas de pollen) remontent à la surface du miel et constituent une écume qui sera retirée.

Cette épuration peut également être obtenue par filtration. Le miel passe alors par un tamis qui retient les impuretés, et s'écoule dans un bac. Après filtration, le miel est soutiré et pourra être alors conditionné et stocké. La mise en pot peut suivre l'épuration dans le cas d'une commercialisation directe. Le miel peut aussi être stocké dans de grand fut (50 à 300 kg) dans un local frais (4°C) et aéré pour éviter les fermentations. Dans ce cas, pour éviter la cristallisation du miel stocké en fût, on procède à une refonte qui consiste à réchauffer le miel. Cependant, il faut éviter des chauffages prolongés à une température supérieure à 40°C pour ne pas dénaturer le miel. On récolte ainsi en moyenne entre 15 et 20 kg de miel par ruche et par an, mais les apiculteurs professionnels en récoltent souvent beaucoup plus grâce à la transhumance et à la mise en place de hausses supplémentaires sur la ruche en fonction des miellées (Clément H., 2002 ; Pham-Délègue M., 1999), (www.01santé.com ; www.Beekeeping.com), (figure 26).

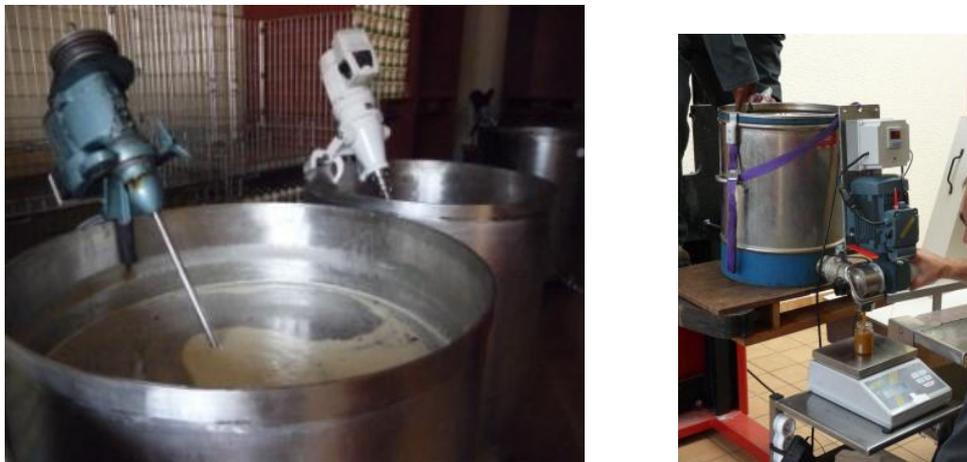


Figure 26 : photos représentant un maturateur (à gauche), et la mise en pot de miel (à droite), (photos prises au domaine apicole de Chézelle, septembre 2010).

NB : L'industrie alimentaire pratique couramment la pasteurisation. Cette technique consiste à chauffer le miel très rapidement ; lorsque la température de 78°C est atteinte, le miel passe dans un circuit de chambrage, puis dans un circuit de refroidissement ; il ressort après 5 à 8 minutes, à la température de 42°C. La pasteurisation a pour but de détruire les levures et d'éliminer les cristaux restant dans le miel et qui peuvent favoriser la cristallisation. Le miel peut ainsi se conserver à l'état liquide pendant plusieurs mois (Pham-Délègue M., 1999).

Toutefois, il est important de souligner que pour obtenir un miel de qualité, il faut éviter la pasteurisation qui dénature le miel (Bruneau E., 2002), (figure27).



Figure 27 : Stockage du miel (photo prise au domaine apicole de Mr Kerner, novembre 2010).

4. La transhumance :

La plupart des professionnels pratiquent ce que l'on appelle l'apiculture pastorale ou transhumance des abeilles. En effet, pour bénéficier de miellées plus généreuses, les apiculteurs déplacent les ruches sur de courtes distances ou de longues distances (500 km) mais toujours à plus de trois kilomètres au moins de l'emplacement initial. Le voyage s'effectue tard le soir, à la tombée de la nuit ou avant le lever du soleil, afin que toute la colonie soit rentrée dans la ruche avant de réaliser le déplacement. Le transport des ruches présente de nombreux impératifs car les abeilles sont sensibles à la chaleur, à la lumière et aux conditions d'aération. Il faut absolument être arrivé à destination au petit matin, sinon la chaleur et l'excitation qui règnent dans les ruches risquent de provoquer l'asphyxie des colonies. Il est ainsi possible d'effectuer, avec une même colonie, deux ou plusieurs récoltes de miels de qualités différentes. Il s'agit donc d'observer avec attention les zones et époques de floraison des espèces mellifères, cultivées ou non, et d'y apporter les colonies au bon moment. L'hivernage peut avoir lieu dans le midi méditerranéen où les abeilles peuvent être

actives sur des bruyères ou du romarin. Dès le début du printemps, la vallée du Rhône peut recevoir des ruches pour la floraison du colza, puis de l'acacia, puis des prairies naturelles. Une partie des ruches est également mobilisée pour la pollinisation des vergers (pommiers ou poiriers). En été, les ruches sont déplacées vers les forêts de sapins ou vers les bruyères du Centre ou encore vers les lavandes du Sud-Est ; enfin à l'automne, elles reviennent vers les lieux d'hivernage pour se reconstituer après l'activité intense de l'été (Bérard L. et Marchenay P., 2007 ; Pham-Délègue M., 1999), (figure 28).



Figure 28 : Ruches regroupées par 4 sur des palettes pour la transhumance (on peut voir sur l'une d'entre elles, un enfumoir), (photo prise au domaine apicole de Mr Kerner, novembre 2010).

5. L'apiculture en France :

En France, le nombre d'apiculteur s'élève à environ 69 600 et le nombre de ruches à 1,4 millions. La production était de 18 000 tonnes en 2007, 25 000 tonnes en 2004 et 35 000 tonnes en 1995. Depuis quelques années, de nombreuses abeilles disparaissent, car elles sont victimes de ce que l'on appelle « le syndrome de l'effondrement des abeilles », expliquant ainsi cette diminution de la production. En France, durant l'hiver 2007-2008, le taux de pertes a été estimé à 30%. Les raisons avancées sont nombreuses, et on évoque principalement : le changement climatique, le développement de virus,

parasites et insectes qui déciment des colonies entières mais aussi la contamination des champs par certains pesticides (Lefief-Delcourt A., 2010). On peut citer l'apparition du varroa en Europe dans les années 1970 ; en France, il apparaît en 1982, et cette parasitose est considérée comme la plus grave maladie connue à ce jour chez l'abeille domestique. Elle a causé la perte de centaines de milliers de ruches. Le parasite responsable de cette maladie est un acarien : *Varroa jacobsoni* (Bardançon J.-M., 2002), (figure 29). La consommation annuelle de miel en France est de 40 000 tonnes (Lefief-Delcourt A., 2010).



Figure 29: Photos représentant une larve d'abeille contaminée par l'acarien *Varroa jacobsoni* (à gauche), et ce même acarien à plus fort grossissement (à droite) (www.hawaii.gov ; www.interet-general.info).

6. Importation de miels :

Comme nous venons de le voir précédemment, la France consomme plus de miel qu'elle n'en produit, car en effet sa production ne représente qu'environ 60% de sa consommation. Actuellement, les importations de miel en France proviennent essentiellement de l'Union européenne (Espagne, Roumanie, Pologne, Italie...), du Canada, du Mexique, d'Argentine, de Chine... (Lefief-Delcourt A., 2010). Cependant ces importations doivent répondre à des exigences sanitaires et d'hygiène. Pour satisfaire toutes les normes d'accès au marché, le miel ne doit pas contenir de résidus qui pourraient se révéler nuisibles pour la santé de l'homme. La directive 96/23/CE relative aux mesures de contrôle impose la

surveillance de ces résidus. Ce plan de surveillance est fondé sur un échantillonnage ciblé établi en fonction du résultat des analyses réalisées l'année précédente. En effet, 3 groupes de produits sont recherchés lors d'une surveillance :

- Les substances vétérinaires interdites (comme le chloramphénicol) ;
- Les substances vétérinaires autorisées mais découvertes en excès par rapport aux normes autorisées, à savoir les antibiotiques et les insecticides ;
- Les contaminants de l'environnement comme les organochlorés ou les organophosphorés (pesticides) ou les métaux lourds (plomb ou cadmium).

Ces contrôles sont effectués par les inspecteurs du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, en fonction des résultats de ces analyses, la France peut interdire l'importation (www.epices-comores.com).

Chapitre V

Composition et caractéristiques du miel

1. Composition moyenne du miel :

Comme nous l'avons vu, le miel est un produit très complexe dont la fabrication demande plusieurs étapes qui toutes ont une influence sur sa composition chimique finale. En effet, la composition qualitative de ce produit est soumise à de nombreux facteurs très variables qu'il est impossible de maîtriser tels que : la nature de la flore visitée et celle du sol sur lequel pousse ces plantes, les conditions météorologiques lors de la miellée, la race des abeilles, l'état physiologique de la colonie, etc. En schématisant à l'extrême, on pourrait dire que la composition moyenne du miel est la suivante (www.Beekeeping.com):

- Hydrates de carbonés (sous formes de sucres divers) : 79,5%
- Eau : 17%
- Divers : 3,5%

Il est évident qu'en réalité, cette composition est beaucoup plus complexe et aujourd'hui, tous les constituants sont loin d'être connus (figure 30).

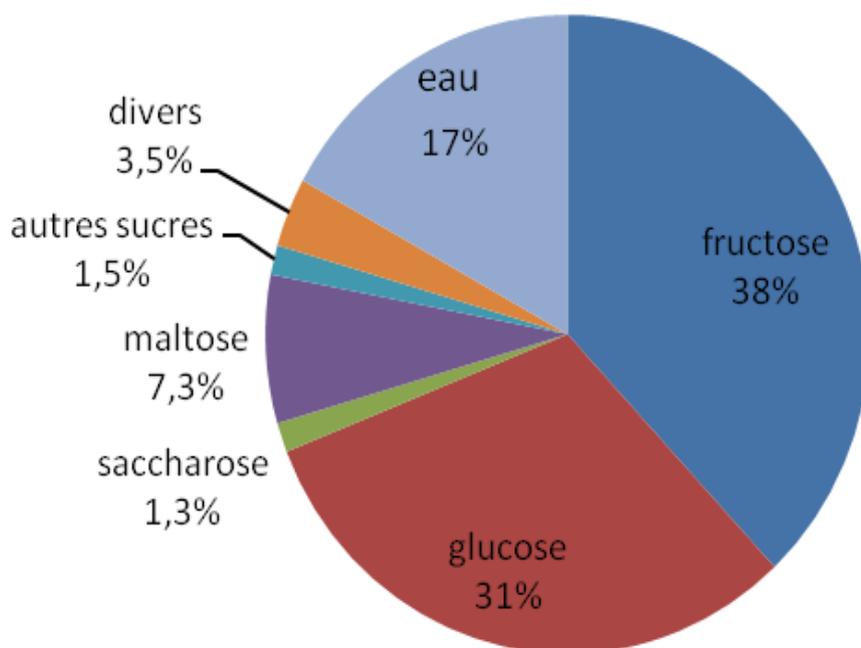


Figure 30 : Composition moyenne du miel (Bruneau E., 2002).

On peut toutefois établir la liste des principaux éléments constitutifs de la façon suivante (Gonnet M. et Vache G., 1987 ; Pham-Délègue M., 1999), (www.01santé.com ; www.Beekeeping.com):

- ✓ **L'eau** : La teneur en eau des miels varie entre 14 et 25%. L'optimum se situe autour de 17%, car un miel trop épais est difficile à extraire et à conditionner, tandis qu'un miel trop liquide riche en eau risque de fermenter.
- ✓ **Les hydrates de carbones** constituent la partie la plus importante du miel. Il s'agit essentiellement de sucres dont le pourcentage représente en moyenne 78 à 80 %. Une quinzaine de sucres différents ont été identifiés dans les miels par chromatographie, mais ils ne sont jamais tous présents simultanément. Parmi eux, on retrouve :
 - Des monosaccharides avec en moyenne 31% de glucose et 38% de fructose (ou lévulose). Ce sont les deux principaux sucres du miel. Ils proviennent en grande partie de l'hydrolyse du saccharose (présent dans le nectar ou le miellat) par l'invertase ou les acides.
$$\text{Saccharose} + \text{eau} \rightarrow \text{glucose} + \text{fructose}$$
 - Des disaccharides comme le maltose (7,3%), et le saccharose (1,3%).
 - Des tri et polysaccharides qui représentent 1,5 à 8%. On peut citer parmi eux : l'erlose, le raffinose, le mélézitoze, le kojibiose, le dextrantriose, le mélibiose, etc.

Le fructose est donc le sucre le mieux représenté, suivi de près par le glucose. Le saccharose est normalement très peu présent hormis dans certains miels, comme les miels de lavande ou de pissenlit, pour lesquels la teneur en saccharose est d'autant plus élevée que la miellée a été intense. Les autres disaccharides et sucres supérieurs sont présents en petite quantité.

- ✓ **Les acides organiques** : la plupart des acides organiques du miel proviennent des nectars des fleurs ou des transformations opérées par l'abeille. C'est l'acide gluconique dérivé du glucose qui prédomine. On y trouve également une vingtaine d'acides organiques comme l'acide acétique, l'acide citrique, l'acide lactique, l'acide malique, l'acide oxalique, l'acide butyrique, l'acide pyroglutamique et l'acide succinique. Des traces d'acide formique (un des constituants du venin), d'acide chlorhydrique et d'acide phosphorique sont aussi présentes. D'autres composés, les lactones, dont la présence est constante, ont également une fonction acide. Le pH peut varier de 3,2 à 4,5 mais il est en moyenne de 3,9 (Pham-Délègue M., 1999).
- ✓ **Les acides aminés et protéines** : ils sont présents en faible quantité dans le miel (0,26%) et la teneur en azote est négligeable, de l'ordre de 0,041%. Il s'agit essentiellement de peptones, d'albumines, de globulines et de nucléoprotéines qui proviennent soit de la plante (nectars, grains de pollen), soit des sécrétions de l'abeille. Il y a également des traces d'acides aminés comme la proline, la trypsine, l'histidine, l'alanine, la glycine, la méthionine, etc. La proline est le plus abondant des acides aminés du miel. La quantité de proline donne une indication sur la qualité du miel, et elle ne doit pas être inférieure à 183 mg/ kg (Meda A. *et al.*, 2005).
- ✓ **Les lipides** : la proportion de lipides est infime sous forme de glycérides et d'acides gras (acide palmitique, oléique et linoléique) ; ils proviendraient vraisemblablement de la cire.
- ✓ **Les sels minéraux** : les matières minérales ne sont présentes qu'à un taux d'environ 0,1% dans les miels courants, mais sont plus abondantes dans les miels foncés. Les sels de potassium représentent près de la moitié des matières minérales, mais on trouve également du calcium, du sodium, du magnésium, du cuivre, du manganèse, du chlore, du soufre, du silicium, du fer ainsi que plus de trente oligo-éléments. Leur teneur dépend des

plantes visitées par les abeilles ainsi que du type de sol sur lequel elles poussent. Bien qu'habituellement considéré comme un produit relativement « propre », le miel peut contenir des polluants présents en très faible quantité, comme le plomb et le cadmium. Le dosage de ces polluants constitue un bon indicateur de la pollution de l'environnement (tableau 1).

	mg/kg		mg/kg
Potassium	200 à 1500		0,2 à 10
Sodium	16 à 170	Chrome	0,1 à 0,3
Calcium	40 à 300	Cobalt	0,01 à 0,5
Magnésium	7 à 130	Nickel	0,3 à 1,3
Fer	0,3 à 40	Aluminium	3 à 60
Zinc	0,5 à 20	Cuivre	0,2 à 6,0
Plomb	0,02 à 0,8	Cadmium	0,005 à 0,15

Tableau 1: Principaux sels minéraux et oligo-éléments présents dans le miel (www.produitsapicoles23Amiel.fr).

- ✓ **Les enzymes** : elles proviennent soit des nectars, soit des sécrétions salivaires de l'abeille. Les plus connues sont la gluco-invertase qui est responsable de l'hydrolyse des disaccharides, et les amylases alpha et bêta qui permettent la dégradation de l'amidon. On retrouve également dans le miel, une catalase, une phosphatase, des enzymes acidifiantes et une gluco-oxydase qui transforme le glucose en acide gluconique. Ces enzymes sont détruites par la chaleur, et leurs présences ou leurs absences peuvent servir d'indicateur de surchauffe du miel.
- ✓ **Les vitamines** : le miel ne contient que très peu de vitamines. Les vitamines liposolubles (vitamines A et D) en sont absentes. Mais on trouve des vitamines du groupe B provenant des grains de pollen en suspension dans le miel. Il s'agit de la thiamine B1, de la riboflavine B2, de la pyridoxine, de l'acide pantothénique, de l'acide nicotinique

B3, de la biotine et de l'acide folique B9. On trouve également de la vitamine C, provenant le plus souvent du nectar des menthes. Les vitamines du miel sont d'autant mieux conservées que le pH est faible.

- ✓ **Les pigments** : on peut citer principalement les caroténoïdes et les flavonoïdes. Ils sont responsables de la coloration du miel. Les flavonoïdes qui appartiennent aux groupes des polyphénols possèdent des propriétés anti-oxydantes très intéressantes, car ils participent à la neutralisation des radicaux libres de l'organisme. La quantité et le type de flavonoïdes varient selon la source florale. En règle générale, plus les miels sont foncés (comme ceux issus du tournesol, du sarrasin et de miellat), plus ils sont riches en flavonoïdes (www.passeportsanté.net). Parmi les flavonoïdes retrouvés dans le miel, on peut citer : la pinocembrine, la pinobanskine, la chrysin, la galangine, la quercetine, la lutéoline et la kaempférol (www.biologiq.nl), (figure 31).

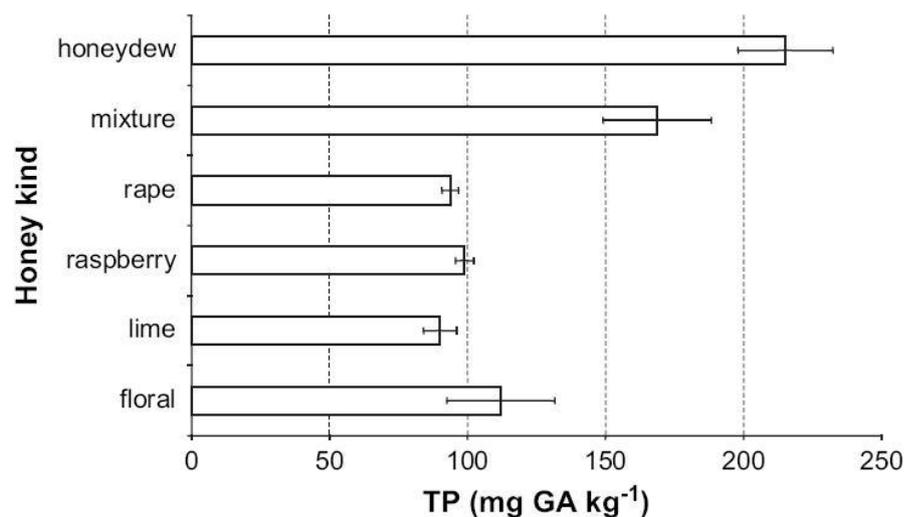


Figure 31: Quantité totale de polyphénols contenue dans différentes variétés de miel (miel de miellat, miel de forêt, miel de colza, miel de framboisier, miel de citronnier, miel d'arbres fruitiers) (Lachman J., *et al.*, 2010).

- ✓ **Des arômes** : ce sont des mélanges de plusieurs dizaines de composés, alcools, cétones, acides, aldéhydes dont l'analyse est

compliquée car la composition des arômes n'est pas stable et évolue avec le temps.

✓ **Autres éléments présents :**

- Outre les produits déjà mentionnés, un certain nombre de substances encore mal identifiées et regroupées sous le nom d'inhibine donnent au miel des propriétés antibactériennes. Des travaux récents publiés par des chercheurs hollandais en juillet 2010 montrent qu'une protéine, la défensine-1, produite dans le miel par les abeilles, possède de puissantes propriétés antibactériennes (Kwakman P. H. S., *et al.*, 2010).
- Le miel contiendrait également un principe cholinergique en quantité extrêmement faible, mais cependant suffisante pour représenter un facteur déterminant dans les propriétés pharmacologiques du miel. Ce facteur serait simplement de l'acétylcholine présente avec de la choline, ce qui expliquerait sa stabilité. Des facteurs doués d'activités hormonales, favorisant par exemple l'enracinement des végétaux, ou provoquant des réactions semblables à celles des œstrogènes ou des androgènes, seraient également présents dans le miel (Docteur Sablé, 1997).
- On peut aussi retrouver dans le miel, des pollens, des spores, des algues unicellulaires, des levures osmotolérantes (responsables de la fermentation), et des champignons microscopiques. Toutefois, le miel possédant une forte pression osmotique, les microorganismes qui parviennent dans le miel ne peuvent pas s'y développer. On trouve dans le miel beaucoup moins de bactéries que dans d'autres produits d'origine animale. Il n'y a en particulier, aucune sorte de bacilles pathogènes pour l'homme. On y trouve par contre des *Paenibacillus larvae* à l'origine de la très redoutée épizootie des

abeilles (la loque américaine), ([www.Produits apicoles 23A miel.fr](http://www.Produits_apicoles_23A_miel.fr)), (voir la partie 7 du chapitre V).

- L'hydroxyméthylfurfural (HMF), substance qui provient de la transformation du fructose en milieu acide, est présent dans les vieux miels ou ceux ayant subi un surchauffage. Plus sa teneur est faible et meilleur est le miel. Le dosage de l'HMF permet de détecter si le miel a été chauffé et donc dénaturé.

Cette liste n'est pas exhaustive puisque le miel regroupe près de 200 substances différentes ; il s'agit donc d'un produit biologique très complexe, d'une diversité extrême, lui conférant de très nombreuses propriétés diététiques, pharmacologiques et thérapeutiques que nous étudierons par la suite. Cette liste ci-dessus ne se réfère qu'à des valeurs moyennes ; il est clair que les différents miels présentent des particularités et n'ont pas des compositions strictement identiques.

2. Cas particuliers des miels toxiques :

Il existe de très rares cas d'empoisonnement par le miel ; le plus souvent, il s'agit de miel provenant de plantes de la famille des Ericacées. En effet, les principes toxiques de certaines plantes peuvent se retrouver dans le nectar des fleurs et par conséquent, dans le miel. Les substances incriminées sont des diterpènes, les grayanotoxines. Le constituant majoritaire responsable de la toxicité est la grayanotoxine I (andromédotoxine notamment l'acétyl-andromédol). Accroissant la perméabilité membranaire aux ions sodium, cette molécule dépolarise la plupart des cellules électriquement stimulables. On la retrouve dans certaines espèces de rhododendrons d'Asie mineure (*Rhododendrum luteum* et *Rhododendrum ponticum*), et d'Amérique du Nord (*Rhododendrum maximum*). D'autres plantes peuvent être à l'origine de miels toxiques comme l'azalée (*Azalea nudiflora*) et la datura stramoine (*Datura stramonium*) aux Etats Unis, ou encore, les fleurs du rewarewa (*Knightia excelsa*) en Nouvelle-Zélande. Cette intoxication se manifeste assez rapidement une demi-heure à deux heures après ingestion de 1 à 5 cuillérées à soupe de miel par des sueurs, des délires, une hypotension, une

bradycardie, des diarrhées, des nausées, des vomissements, une transpiration et des vertiges, l'ensemble de ces symptômes étant notés chez 70 à 90% des sujets. Céphalées, fourmillements des extrémités, faiblesses musculaires et évanouissements sont également rapportés. La plupart des intoxiqués sont très fatigués et agités, certains perdent connaissance ; on peut observer des convulsions et des troubles de la vision. La bradycardie est traitée généralement par de l'atropine (0,25 à 0,5 mg en IV ou dans une perfusion saline et/ou glucosée pour corriger l'hypotension). Plus rarement, un agent antihypotenseur Beta-adrénergique est prescrit. Les cas avec bloc auriculoventriculaire sont traités par isoprénaline ou par la mise en place temporaire d'un stimulateur. Les grayanotoxines étant rapidement métabolisées, un retour rapide à la normale est observé dans tous les cas assez rapidement (24 heures). S'il n'y a pas eu de vomissement spontané, il peut être utile de procéder à une décontamination gastrique. Le diagnostic de cette intoxication se fait par identification des pollens contenus dans le miel. Les grayanotoxines peuvent être identifiées par chromatographie sur couche mince à partir d'un extrait chloroformique ou hydro-méthanolique de miel. Bien que notre environnement comprenne de nombreuses plantes toxiques, les cas de miels impropres à la consommation dans le monde sont très rares. En effet, pour que le toxique soit en quantité suffisante dans le miel, il faudrait que les abeilles butinent exclusivement des champs entiers de plantes toxiques. Les faits rapportés ne concernent que de rares cas isolés (Bruneton J., 1996), (www.produitsapicoles23A.fr ; www.apivet.eu./2008/01/un-cas-dintoxic.html).

3. Principales différences entre miels de nectar et de miellat :

Le miel de miellat est de couleur plus sombre et possède un goût plus prononcé que le miel de nectar. Il possède également des sucres plus complexes comme le mélézitose ou l'erlose, qui sont formés dans le tube digestif des Homoptères. Il est aussi plus riche en azote, en acides organiques et en minéraux. Ces différentes caractéristiques permettent d'identifier les miels de miellats (tableau 2).

	Miel de miellat	Miel de nectar
pH	4,5	3,9
Minéraux (cendres)	0,58%	0,26%
Fructose + glucose	61,6%	74%
Autres sucres exprimés en % des sucres totaux		
Mélézitose	8,6%	0,2%
Raffinose	0,84%	0,03%
Maltose + isomaltose	9,6%	7,8%

Tableau 2 : Principales différences entre miel de miellat et miel de nectar (Bruneau E., 2002). NB : il s'agit de teneur moyenne.

4. Caractères physico-chimiques du miel :

Le miel présente selon l'origine de la plante à partir de laquelle il a été fabriqué, et selon la composition de ses sucres, des caractéristiques physico-chimiques particulières.

4.1. La densité :

La densité, c'est-à-dire le rapport de la masse d'un miel avec le même volume d'eau, se détermine au pèse sirop ou au densimètre. La valeur moyenne de la densité du miel est de 1,4225 à 20°C.

4.2. La viscosité :

La viscosité se définit comme la résistance à l'écoulement d'une substance. Dans le cas du miel, elle dépend de sa teneur en eau, de sa composition chimique et de sa température. La plupart des miels se comportent comme des liquides newtoniens (il n'y a pas de résistance à l'écoulement) ; toutefois, il existe des exceptions notamment pour certains miels qui ont une composition particulière. Par exemple, le miel de callune est thixotrope : au repos, il est sous une forme gélatineuse suffisamment rigide pour qu'on ne puisse pas le faire couler mais, si on le remue, il devient aussi fluide que n'importe quel miel ; il reprend sa rigidité une fois au repos. Les apiculteurs, pour extraire le miel de callune, emploient une « picoteuse » qui de manière mécanique, liquéfie sa texture visqueuse. Au

contraire, le miel d'eucalyptus est dilatant : au repos, il coule sans difficulté alors que, si on l'agite, sa viscosité augmente et il devient de plus en plus dur, jusqu'à bloquer l'extracteur en fonctionnement. Cette propriété est due à la présence d'une substance proche d'un sucre, une dextrine de formule $(C_6H_{12}O_5)_n$. (Garcia S., 1986), (www.Beekeeping.com).

4.3. La solubilité :

Le miel est soluble dans l'eau et l'alcool dilué, mais insoluble dans l'alcool fort, l'éther, le chloroforme et le benzène (www.01santé.com).

4.4. La coloration :

La couleur du miel va du jaune très pâle (presque blanc) au brun très foncé en passant par toutes les gammes de jaunes, d'oranges, de marrons et même parfois de verts. Si le nectar ou le miellat n'ont pas de pigments, les miels liquides seront incolores et les miels cristallisés seront blancs (exemple du miel de colza). Dans le cas contraire, la palette de couleur est très large. Les miels de lavande, de rhododendron, et de tilleul sont ivoires, les miels de tournesol et de pissenlit sont jaune intense, les miels de châtaigner, de bruyère, et de miellat sont bruns. Comme mentionné ci-dessus, on peut même retrouver des pigments verts dans certains miels de saule ou de sapin (Bruneau E., 2002).

4.5. Le pH :

Le miel est acide, et son pH oscille en moyenne, entre 3,5 et 6 (www.01santé.com). Certains miels sont plus fragiles que d'autres en fonction de leur acidité naturelle ; en effet, tous les miels dont le pH est inférieur à 4 se dégradent plus vite que les autres.

4.6. La conductibilité électrique :

Elle est intéressante, car elle permet de distinguer facilement les miels de miellats des miels de nectar, les premiers ayant une conductibilité bien plus élevée que les seconds. Mais il existe des variations importantes suivant la teneur en eau et en éléments minéraux (www.Beekeeping.com).

4.7. L'indice de réfraction :

Il oscille entre 1,47 et 1,50 suivant sa teneur en eau à la température de 20°C. Il est souvent utilisé pour déterminer la teneur en eau (www.01santé.com).

4.8. L'hygroscopie du miel :

Le miel a tendance à absorber l'humidité de l'air. En effet, le fructose a un grand pouvoir hygroscopique. Ainsi, un miel contenant 18% d'eau peut contenir au bout de trois mois 55% d'eau si on le laisse en atmosphère humide (www.Beekeeping.com).

5. Vieillessement du miel :

Le miel est un produit périssable qui subit au cours du temps un grand nombre de modifications aboutissant inévitablement à la perte de ses qualités essentielles. La rapidité de la dégradation dépend de la composition du produit ainsi que des conditions de sa conservation.

5.1. La cristallisation :

Le miel est une solution sucrée sursaturée et, lorsqu'il est stocké dans les rayons de la ruche, il est généralement à l'état liquide. Mais c'est un état instable. Sous l'effet de la température et de la présence de germes de cristallisation (poussière, cristaux de glucose, grains de pollen), la cristallisation du miel s'amorce. Le processus de cristallisation des sucres est dépendant des rapports glucose/fructose et glucose/eau. La connaissance de ces rapports peut prédire l'aptitude des miels à cristalliser : elle sera faible pour un rapport glucose/eau inférieur à 1,7 mais très importante si cette valeur atteint 2,1 (Dr Sablé, 1997). En effet, le glucose est peu soluble dans l'eau, il cristallise donc rapidement, alors que le fructose reste liquide. Un miel riche en glucose (teneur proche de 40%), cristallisera en deux à trois jours et pourra même cristalliser dans les hausses, comme c'est le cas pour les miels de colza ou de pissenlit. A l'opposé, les miels très riches en fructose (teneur supérieure à 42%), comme les miels d'acacia et de sapin, resteront liquides pendant plusieurs années. La plupart des miels se situent entre ces deux extrêmes et cristallisent naturellement en une à quatre semaines.

Pour que les cristaux se forment, il faut que les molécules de glucose rencontrent des germes de cristallisation, appelés aussi particules d'ensemencement, et s'y agglutinent. L'eau intervient également dans la vitesse de cristallisation ; en effet, trop d'eau perturbe ces rencontres ; au contraire, s'il n'y a pas assez d'eau, le miel sera tellement visqueux que les molécules ne pourront plus se déplacer et cristalliser. La température a un effet similaire, une température basse favorisant la viscosité du miel et une température élevée faisant vibrer les molécules de glucose et les empêchant de former des cristaux. Au delà de 30°C, la cristallisation d'un miel est arrêtée. Pour une humidité de 18%, la température optimale de cristallisation est de 14°C (Bruneau E., 2002). La cristallisation n'altère pas les qualités du miel qui peut redevenir liquide par un simple chauffage modéré. Mais elle a des conséquences pour la conservation du miel, car la partie cristallisée a tendance à former un dépôt, tandis que la fraction restée liquide est exposée à une fermentation rapide. Pour favoriser une cristallisation rapide et homogène, l'apiculteur peut « ensemencer » son miel. Cela consiste à mélanger le miel que l'on souhaite cristalliser avec environ 10% d'un autre miel à cristallisation fine, qui introduira alors des cristaux qui serviront d'amorce à la cristallisation (Pham-Délègue M., 1999).

5.2. La fermentation :

Tous les miels naturels contiennent des levures, responsables des fermentations alcooliques. Une teneur en eau trop importante (à partir de 18%) et une température excessive leur permettent de se développer, ce qui provoque la fermentation du miel. D'autres micro-organismes présents dans le miel peuvent engendrer différentes fermentations (lactique, butyrique, acétique, etc.). Toutes ces fermentations altèrent fortement les miels qui possèdent alors une acidité supérieure à la normale. Un miel fermenté présente généralement des bulles d'air dans sa masse et devient impropre à la consommation (Pham-Délègue M., 1999), (figure 32).



Figure 32 : Miel fermenté (Bruneau E., 2002).

5.3. Autres modifications liées au vieillissement du miel :

En vieillissant, le miel se transforme lentement en fonction de sa composition et de la température à laquelle il est conservé. On peut ainsi noter :

- Une intensification de la coloration et une augmentation de l'acidité ;
- Une diminution de la teneur en invertase et en amylase. Leur activité dépend de la température et de l'acidité du miel. Plus la température augmente (surtout au-delà de 40°C), plus elles se dégradent vite. C'est pourquoi il faut éviter les refontes à une température mal contrôlée, le stockage à haute température, la pasteurisation, etc. On peut donc mesurer l'activité des enzymes pour vérifier que le miel n'est pas dégradé ;
- Une diminution de la concentration en glucose ;
- Une augmentation de la teneur en HMF plus rapide dans les miels de miellats (plus riches en fructose et plus acides), et dans les miels acides (exemple du miel de ronce). Un chauffage excessif accélère également la production d'HMF ;
- Une perte des propriétés antibactériennes du miel (Bruneau E., 2002).

5.4. Conservation du miel :

En règle générale, la conservation du miel se fera à température constante, dans un récipient étanche, placé dans un endroit sec et à l'abri de la lumière. Grâce à sa

haute teneur en sucre, il se conserve très longtemps. Il se consomme idéalement dans les deux ans. Un miel cristallisé supporte mal les excès de température (plus de 25°C), qui risquent de provoquer l'effondrement de sa structure cristalline (déphasage). Il faudra donc le conserver dans un endroit où la température ne dépasse pas 20°C (deux ans au maximum). S'il est liquide, une température d'environ 25°C est souhaitable. Il faudra cependant le consommer rapidement, idéalement dans les 6 mois. Un miel trop humide sera conservé à 11°C, pour éviter qu'il ne fermente. Comme les miels absorbent l'eau, les pots seront fermés avec un couvercle hermétique et l'on évitera de les stocker dans un endroit trop humide. En hiver, des marbrures blanchâtres peuvent apparaître sur les parois du pot. Il s'agit la plupart du temps, de microscopiques bulles d'air qui demeurent prisonnières entre la paroi du pot et la masse de miel, et qui se rétractent en cristallisant. Regrettables sur le plan esthétique, elles n'altèrent en aucune manière la qualité du miel (Bruneau E., 2002 ; Henri C., 2002).

5.5. Connaître la stabilité du miel :

Des analyses physico-chimiques sont réalisées pour déterminer la teneur en eau, la dégradation de ses enzymes, l'acidité (qui accélère son évolution), et la quantité d'HMF. L'interprétation de ces analyses permet de déduire non seulement l'état de fraîcheur du miel, mais également ses conditions optimales de conservation. L'apiculteur doit inscrire sur tout pot vendu, une date limite d'utilisation, garantissant le maintien des qualités du miel. Enfin, lorsqu'on ne connaît pas le passé d'un miel, ces analyses permettent de retrouver le type de dégradations éventuellement subies dues, par exemple, à une date de fabrication trop ancienne, à un chauffage excessif ou à un stockage réalisé dans de mauvaises conditions (Bruneau E., 2002), (tableau 3).

	Légales	Conseillées
Teneur en eau	20%	18%
HMF	40mg/kg	15mg/kg
Acidité libre ⁽¹⁾	50mèq/kg	
Indice diastasique ⁽²⁾	8	
Indice de saccharase ⁽³⁾	Pas de limite	10
Teneur en saccharose	5%	
Teneur en glucose et en fructose du miel de nectar	60%	
Teneur en glucose et en fructose du miel de miellat	45%	
Teneur en matières insolubles	0,1%	

(1) L'acidité libre désigne les acides non liés à d'autres molécules et qui peuvent intervenir directement dans les réactions ; (2) L'indice diastasique est représentatif de l'activité enzymatique de l'amylase ; (3) L'indice de saccharase est représentatif de l'activité enzymatique de l'invertase et de la glucosidase.

Tableau 3: Principales limites légales et conseillées (Bruneau E., 2002).

Des limites différentes existent pour certains miels monofloraux ou pour certaines régions de production. Par exemple, l'humidité des miels de bruyère peut dépasser 20%, l'indice diastasique des miels d'agrumes peut être inférieur à 8 et la teneur en saccharose des miels de lavande peut excéder 5%.

6. Normes de qualité et d'appellation du miel :

Le contrôle de la qualité comporte :

- Une mesure de la teneur en eau, dont la limite fixée par la loi est de 18% au maximum ;
- Un test de propreté qui évalue la quantité de corps étrangers présents et qui auraient dû être éliminés lors de la filtration ;
- Un dosage de l'HMF qui indique l'état de conservation ;
- Un examen des caractères organoleptiques, au cours d'une dégustation, qui permet de déterminer la saveur et l'arôme d'un miel ;

- Un examen de l'état physique, qui met en évidence des défauts majeurs comme une séparation en plusieurs couches ou une cristallisation grossière et irrégulière.

Un miel de qualité supérieur doit être très propre, très concentré en sucres, se présenter dans un état physique défini (cristallisé ou liquide), et n'avoir aucun goût étranger au miel (Pham-Délègue M., 1999).

Il y a actuellement deux appellations d'origine contrôlée (AOC) en France :

- L'AOC miel de Corse,
- L'AOC miel de sapin des Vosges.

Les conditions d'obtention d'une AOC sont assez sévères et supposent un groupe de producteurs fortement motivés. En effet, selon les règles de l'Institut National des Appellations d'Origine (INAO), c'est le producteur qui fixe les procédés de production et d'élaboration du produit, puis se donne les moyens de les faire contrôler par des tiers (Bonnafé P., 2002).

Le miel de Corse, se décline en 6 catégories de miels selon la situation géographique, la saison et l'altitude où le miel a été récolté. On peut citer :

- le miel de printemps élaboré à partir de vergers de clémentiniers et d'asphodèles ;
- le miel de Maquis du printemps élaboré à partir de fleurs présentes dans le maquis (bruyère blanche et lavande maritime) ;
- le miellat du Maquis élaboré dans des zones boisées (maquis, chênaies, étendus de cistes) ;
- le miel du maquis d'été (anthyllis, thym, genêt, thym) ;
- le miel de la châtaigneraie (zone de châtaigneraie) ;
- le miel de Maquis d'Automne (arbousier etc.).

Pour posséder ces appellations, il faut que : tous ces miels soient produits exclusivement en région Corse ; à l'exception des plantations d'agrumes, soient exclus tous les miels issus d'espèces cultivées ; la cire utilisée soit pure et remplacée régulièrement ; l'enfumage des ruches ne soit pas fait avec des répulsifs chimiques mais avec des combustibles naturels ; l'extraction du miel soit faite à froid. De plus, la refonte n'est autorisée qu'une seule fois et la

pasteurisation est interdite. Outre le conditionnement habituel, les pots de miel en appellation portent une vignette AOC. La traçabilité est assurée par la tenue d'un registre d'entrée et de sortie par les producteurs. Ce registre permet d'identifier la provenance et la destination des miels ainsi que les quantités ventilées selon la gamme. De plus, des analyses polliniques sur environ 30% des miels contrôlés permettent de prouver l'origine Corse de ces miels.

L'appellation miel de sapin des Vosges repose sur un cheminement biologique complexe. La production de miel de Sapin des Vosges est conditionnée par la présence d'un puceron. Une production significative n'a lieu que tous les 6 ans. L'apiculteur remplit une déclaration de mise en place des ruches qui garantit le lieu de récolte. L'extraction doit se faire à froid, et enfin le miel doit subir une filtration et une décantation de 2 semaines minimum (www.inao.gouv.fr).

7. Micro-organismes du miel :

Comme tout produit d'origine animale, le miel possède une flore microbienne qui lui est propre. Elle fait partie intégrante du produit et dépend de ses propriétés physico-chimiques. Elle est représentée par la flore mésophile totale (bactéries qui croissent à des températures comprises entre 25 et 40°C), des levures banales et des levures osmophiles. La flore mésophile totale est sans pouvoir pathogène pour l'homme et n'a pas d'action néfaste sur le miel. Elle est constituée presque exclusivement de *Bacillus* qui sont souvent retrouvés sous forme de spores. Par contre, elle peut être néfaste pour l'abeille et responsable de la loque américaine ou européenne. Les levures banales sont constituées de champignons filamenteux du genre *Aspergillus*. Le miel étant pauvre en protides, leur activité métabolique n'est pas favorisée. On les retrouve généralement sous forme de spores et en très faible quantité dans le miel. Ils peuvent intervenir dans l'altération du miel. Les levures osmophiles sont des champignons capables de se développer dans des environnements très concentrés en sucre, c'est à dire à pression osmotique élevée. Parmi elles, il y a les *Saccharomyces* qui sont les agents de la fermentation alcoolique et qui altèrent la conservation du miel. Ces levures proviennent des pattes, langues, et jabots des abeilles, et des pollens et nectaires floraux. On peut tolérer un seuil de levures allant jusqu'à 100 germes par gramme ; au-delà, le miel

risque de fermenter. Le miel peut également être contaminé au cours des manipulations par l'homme notamment pendant ou après l'extraction, ou par l'air et la poussière. Il peut s'agir de contamination entérique, les germes incriminés sont alors des cocci Gram positif, comme les Entérocoques, ou des bacilles Gram négatif, comme *Escherichia coli*. L'homme peut également introduire des Salmonelles ; leur pouvoir pathogène est fréquent, et de ce fait, leur absence dans le miel est impérative. On peut également retrouver des germes anaérobies sulfito-réducteurs comme *Clostridium perfringens* (agent de la gangrène gazeuse) et *Clostridium botulinum* (agent du botulisme). Leur absence est également impérative (Assie B., 2004 ; Snowdon Jill A, *et al.*, 1996).

8. Décontamination du miel :

Bien que le miel soit une solution supersaturée, il n'est pas stérile. Lors des usages thérapeutiques, la stérilité est nécessaire. Tout risque potentiel pour la santé dû à la présence de microorganismes peut être éliminé par une irradiation gamma du miel à partir du cobalt-60 à 10 kGy sans perte de l'activité antibactérienne. (Bera A., *et al.*, 2009).

Chapitre VI

Les propriétés du miel

Le miel posséderait des « vertus » considérées comme « magiques » dans de nombreuses civilisations. Autrefois, on utilisait le miel, certes dans l'alimentation, mais aussi dans de nombreux rites. Pour beaucoup, le miel pouvait prolonger la vie. De tout temps, le miel a été considéré comme un agent de prévention de nombreuses maladies. Il est utilisé depuis l'Antiquité en médecine traditionnelle, on le retrouve également en médecine moderne dans le milieu chirurgical où il rend de très nombreux services, notamment au CHU de Limoges, mais aussi en Europe, dans les pays de l'Est, en Afrique et même en Amérique. Le miel est souvent considéré comme un « alicament », c'est-à-dire un aliment à qui on prête des vertus médicales. En effet, il est crédité de nombreuses propriétés thérapeutiques et pharmacologiques que nous tenterons de découvrir.

1. Valeurs nutritionnelles et diététiques communes à tous les miels :

Le miel, aliment de tous les âges, est resté, jusqu'au siècle dernier, l'agent sucrant de choix pour l'alimentation, jusqu'à l'arrivée du sucre de canne. Le sucre de canne est pourtant loin de posséder les qualités organoleptiques ou la valeur diététique du miel. De par sa forte concentration en sucre, le miel est une source d'énergie par excellence. Le miel représente un apport énergétique de l'ordre de 300 kcal pour 100 g. Les sucres contenus dans le miel sont rapidement utilisés. De plus, le miel manifeste un pouvoir sucrant supérieur à celui du saccharose. En effet, le pouvoir sucrant du fructose et du glucose est en moyenne de 1,3 par rapport à une base de 1 pour le saccharose du sucre de canne ou de betterave. Ainsi, pour exercer un même pouvoir sucrant, il faudra seulement 7,5 g de miel contre 10 g de sucre soit 22 calories pour le miel contre 40 calories pour le sucre, c'est-à-dire presque la moitié (Dr Sablé, 1997), (www.01santé.com).

1.1. Le miel, un aliment pour les jeunes :

Pour les enfants dont le besoin en aliments énergétiques est bien connu, le miel apporte cette énergie disponible rapidement. On lui attribue également un effet bénéfique sur la croissance et sur la composition sanguine en favorisant une meilleure oxygénation. En effet, certains miels contiennent du fer et du cuivre ; le fer est présent dans l'hémoglobine au niveau de l'hème, et assure le transport de

l'oxygène, alors que le cuivre est nécessaire à la synthèse et à la régénération de cette hémoglobine. Le miel favorise également l'assimilation du calcium et la rétention du magnésium par l'organisme contribuant ainsi à une meilleure calcification osseuse et dentaire. L'organisme humain a besoin d'une multitude de minéraux pour maintenir son équilibre métabolique. Bien qu'en concentrations très faibles, les oligo-éléments contenus dans le miel auraient une biodisponibilité et une absorption plus grande que ceux que l'on ingère sous forme isolée. Les enzymes, vitamines et oligo-éléments également présents dans le miel facilitent la digestion. En effet, les enzymes contenues dans le miel activent les processus de digestion, notamment des glucides. Les amylases favorisent la transformation des amidons en saccharides de poids moléculaires plus faibles. L'invertase catalyse l'hydrolyse du saccharose en glucose et lévulose. La phosphatase joue un rôle dans la modulation du pH dans le milieu digestif. L'action des enzymes de la digestion est renforcée par la présence de vitamines et d'oligo-éléments (surtout minéraux). Ajouté au lait, le miel donne un aliment au goût très agréable, de haute valeur biologique et de valeur nutritive augmentée. De plus, par la qualité de ses sucres associés à des enzymes et en milieu acide, le miel assure une meilleure digestibilité du lait en permettant une floculation mieux adaptée à l'action des sucs digestifs. Enfin, les propriétés métaboliques des sucres contenus dans le miel suggèrent qu'ils pourraient contribuer au maintien de l'effort intellectuel et éviteraient une baisse d'attention notamment en fin de matinée (Dr Sablé, 1997), (www.01santé.com).

NB : Il existe un risque de botulisme chez les enfants de moins de 1 an, si le miel consommé est contaminé par des spores de *Clostridium botulinum* (les spores représentent la forme de résistance de cette bactérie qui est un bacille gram positif anaérobie, du genre *Clostridium*). Ce bacille sécrète une des toxines les plus puissantes du monde vivant. Active par ingestion, cette toxine diffuse ensuite dans l'organisme et agit en bloquant la transmission neuromusculaire, provoquant une paralysie généralisée flasque. Contrairement à la flore intestinale des enfants et des adultes, la flore intestinale des nourrissons n'est pas encore mature et ne peut donc pas inhiber la germination des spores de ce bacille dans l'intestin, et la

bactérie peut donc croître et se multiplier. Toutefois, les cas recensés sont très rares, et la contamination pourrait également être due au contact du bébé avec le sol, la poussière, ou à l'ingestion de la toxine préformée dans un aliment comme du jambon ou à la consommation d'une conserve contaminée. Il sera donc préférable d'éviter la consommation de miel avant 1 an ou alors, il sera conseillé de consommer un miel pasteurisé (KING L.-A., *et al.*, 2010 ; Lefief-delcourt A., 2010), (www.produitsapicoles23A.fr).

1.2. Un aliment pour les personnes âgées :

Pour des raisons très diverses, mauvais appétit, digestion difficile, fonctionnement intestinal perturbé, perte d'énergie, fatigue, carences en vitamines et en oligo-éléments, etc., la consommation régulière de miel pourrait venir en aide aux personnes âgées pour pallier leurs déficits, en particulier en augmentant leur appétit. Les principes aromatiques et les acides présents dans le miel influencent favorablement la digestion en stimulant les glandes salivaires. De plus, le miel n'utilise pas les sucs gastriques, et cette surabondance de salive et de suc gastrique profite à la digestion des autres aliments (www.apiculture-populaire.com). On a également décrit pour le miel, un effet de protection contre certaines irritations des muqueuses digestives qui apparaissent avec l'âge. Le miel agirait en favorisant un repos relatif des intestins car la plupart des composants du miel sont absorbables sans transformation préalable. Par ailleurs, peu de composants alimentaires offrent une concentration naturelle en fructose aussi importante que le miel. Cette caractéristique explique en partie son pouvoir « laxatif » qui représente un avantage certain pour les individus dont l'inactivité physique perturbe le fonctionnement intestinal. De plus, le fructose est absorbé plus lentement que le glucose, et son séjour dans l'intestin grêle influence les échanges d'eau et de sels de façon non négligeable, produisant des effets bénéfiques au niveau du pH et de la flore intestinale. Le miel favoriserait aussi le sommeil par ses effets sur le système circulatoire, et l'effet calmant d'une cuillère de miel dans la tisane ou le lait chaud est bien connu. Enfin, pour prévenir les anémies, les miels foncés semblent plus efficaces car ils sont plus riches en fer, et

les éléments minéraux présents dans ces miels foncés sont mieux assimilables que ceux apportés sous forme non associée (Dr Sablé, 1997).

1.3. Un aliment pour les sportifs :

Par son apport énergétique relativement important, le miel est un aliment de choix pour les sportifs. A court terme, le glucose est un excellent carburant immédiatement disponible ; à plus long terme, le fructose prend le relais, car il est en effet capté par le foie (sans intervention de l'insuline) et mis en réserve sous forme de glycogène. Par la suite, cette réserve peut être libérée sous forme de glucose en fonction de l'effort à fournir. Ainsi, glucose et fructose apparaissent complémentaires dans leur utilisation. Par ailleurs, la nature des sucres du miel et la présence de certains oligo-éléments suggèrent la possibilité d'une meilleure récupération après l'effort (Dr Sablé, 1997).

1.4. Un aliment pour les personnes diabétiques ?

Le miel qui contient en moyenne 38% de fructose, 31% de glucose et divers autres polysaccharides parmi lesquels, du saccharose, ne peut être considéré de prime abord, comme un aliment recommandable pour le diabétique. Toutefois, il n'est pas contre-indiqué, et peut être intégré dans la ration alimentaire d'un diabétique, mais uniquement dans le cadre strict de la ration de glucides qui lui est permise. Chez un sujet sain, les apports glucidiques doivent représenter environ 60% par jour ; chez un sujet diabétique, ils doivent représenter 50%. Le fructose est, parmi les sucres simples, celui qui induit la réponse glycémique la plus atténuée. Ainsi, l'index glycémique du miel est de 34,6 contre 100% pour l'index glycémique du glucose. Cela veut dire qu'une même dose de sucre apportée par du miel entraînera une élévation globale de la glycémie trois fois plus faible. De plus, le miel possède un index insulino-génique de 57% ; cela veut dire qu'une même dose de sucre apportée par du miel, va entraîner une diminution de 50% de la synthèse et de la sécrétion d'insuline par rapport à celle provoquée par le glucose. Ceci est important puisque l'on fait jouer à l'insuline, notamment dans les diabètes non insulino-dépendants (c'est-à-dire de type II), un rôle de promoteur de l'artériosclérose (épaississement et durcissement des parois artérielles qui sont

progressivement recouvertes par un dépôt de plaques riches en cholestérol induisant l'athérome). L'insuline pourrait donc être pour ce type de diabète, un facteur de risque. Il serait donc bénéfique pour un individu, notamment chez les personnes entre 40 et 50 ans, de ne pas avoir de pics d'insuline aussi prononcés que ceux que l'on obtient quand on prend du glucose. De plus, dans le cas d'un surdosage accidentel en insuline (traitement du diabète de type I), l'ingestion immédiate de miel peut apporter rapidement du glucose dans le sang et corriger les effets dramatiques de ce surdosage responsable d'hypoglycémie pouvant aller jusqu'au coma (Pr Girault, 1997 ; Lecerf J.-M., 2009 ; Dr Sablé, 1997), (www.01sante.com).

1.5. Conclusion :

La consommation de miel est donc un très bon complément à la ration alimentaire habituelle. Elle assure un meilleur équilibre en éléments vitaux indispensables au bon fonctionnement de l'organisme. Elle facilite la digestion et l'assimilation des autres aliments débouchant globalement, sur un meilleur métabolisme. Elle permet d'avoir une plus grande résistance à la fatigue physique et intellectuelle. Enfin, elle permet d'obtenir un meilleur rendement physique.

2. Propriétés thérapeutiques et pharmacologiques du miel :

Outre leurs qualités énergétiques, tous les miels ont des vertus thérapeutiques communes, plus ou moins marquées selon leur origine florale. Dans un premier temps, nous aborderons les propriétés du miel reconnues en thérapeutique, puis des propriétés moins bien documentées mais communément admises.

2.1. Propriétés reconnues en thérapeutique :

2.1.1 Activité antibactérienne du miel :

Avec l'augmentation de la prévalence des bactéries résistantes aux antibiotiques, le miel est de plus en plus apprécié pour son activité antibactérienne. La puissante activité *in vitro* du miel contre les bactéries résistantes aux antibiotiques et les résultats prometteurs obtenus lors de l'application du miel sur des plaies, ont attiré l'attention de nombreux chercheurs qui ont tenté de caractériser les

pouvoirs bactéricide et bactériostatique du miel. On ne connaît pas encore précisément toutes les composantes antibactériennes du miel et ses vertus curatives constituent partiellement une énigme. Une étude récente a utilisé une nouvelle approche de neutralisation successive des différents facteurs bactéricides (voir la partie 6 du chapitre VI) sur un miel de qualité médical, le REVAMIL® afin de les caractériser (Kwakman *et al.*, 2010). Chacun des facteurs pris isolément a été testé sur plusieurs types de bactéries résistantes aux antibiotiques : *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* résistant à la méthicilline, *Escherichia coli* producteur de β -lactamase, *Pseudomonas aeruginosa* résistant à la ciprofloxacine et *Enterococcus faecium* résistant à la vancomycine. Tous les tests bactériens ont été sensibles à différentes combinaisons de facteurs bactéricides, indiquant la multiplicité des mécanismes mis en jeu. Six facteurs principaux sont impliqués dans ce pouvoir bactéricide :

2.1.1.1. L'osmolarité :

Elle est la conséquence de la forte teneur en sucre du miel. Le miel agit donc de manière osmotique, en provoquant une forte déshydratation des germes qui n'ont plus alors suffisamment d'eau pour survivre (Assie B., 2004).

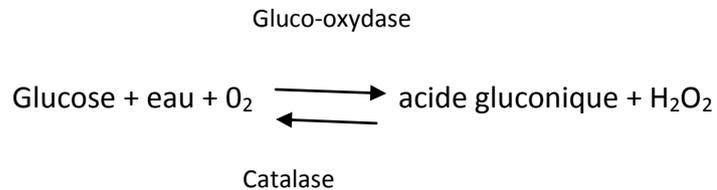
De plus, le miel étant une solution sursaturée, l'eau disponible pour permettre la croissance de la plupart bactéries ou des levures est insuffisante. On a défini un coefficient hydrique « aw » pour mesurer cette eau « libre ». La valeur moyenne de l'activité hydrique du miel se situe entre 0,562 et 0,62. De nombreuses espèces bactériennes ont leur croissance complètement inhibée pour une activité hydrique comprise entre 0,94 et 0,99. Cela signifie que ces espèces ne pourraient pas se développer au sein d'un miel non dilué (www.biologiq.nl).

2.1.1.2. Le pH acide :

Le pH du miel est relativement acide, variant entre 3,5 et 6. Ce pH semble être efficace pour ralentir ou éviter la croissance de nombreuses espèces de bactéries pathogènes. On peut donc dire que le pH acide du miel renforce l'activité antibactérienne de celui-ci (Assie B., 2004).

2.1.1.3. Le système peroxyde d'hydrogène (inhibine) :

La principale « inhibine » que contient le miel est le peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) encore appelé eau oxygénée. C'est un très bon antiseptique. Il est produit par réaction enzymatique. C'est la gluco-oxydase sécrétée par les glandes hypopharyngiennes de l'abeille lors de la transformation du nectar en miel qui permet la réaction suivante :



La production d'eau oxygénée et d'acide gluconique résulte de l'oxydation de l'eau et du glucose. L'eau oxygénée produite a donc une origine végétale grâce au glucose provenant du nectar des plantes, mais sa formation implique une enzyme d'origine animale, la gluco-oxydase, qui est sécrétée par l'abeille. L'acide gluconique formé accroît l'acidité du miel et le rend peu favorable au développement de colonies bactériennes (Descottes B., 2009). La catalase représente l'antagoniste de la gluco-oxydase, et elle réduit l'eau oxygénée. La concentration en peroxyde d'hydrogène dépend donc directement de l'activité de ces deux enzymes. Certaines bactéries possèdent l'enzyme catalase, et elles peuvent donc décomposer le peroxyde d'hydrogène. De même, on peut la retrouver dans le plasma et son taux peut être augmenté dans les exsudats d'une plaie car elle est libérée par les leucocytes morts. Pour que la catalase soit active, il faut une forte concentration en peroxyde d'hydrogène, mais elle montre une activité faible pour des niveaux de peroxyde d'hydrogène physiologiques. Lors de l'application de miel, la libération de peroxyde d'hydrogène se fait de façon lente et prolongée. De ce fait, la catalase n'est que faiblement activée, et ne peut donc pas détruire l'activité antibactérienne du miel produite par le peroxyde d'hydrogène. Ce peroxyde d'hydrogène a donc un meilleur potentiel antibactérien quand il est libéré par le miel que lorsqu'il est utilisé seul dans une préparation antiseptique. L'activité enzymatique de la gluco-oxydase a été notamment déterminée en utilisant du REVAMIL® dilué avec de l'eau, et en mesurant ensuite

la quantité de peroxyde formé 1, 2, 3, 5, 24, 48 et 50h après dilution. L'activité maximale de la gluco-oxydase se situe au bout de trois heures ; ensuite, la production diminue progressivement, mais reste à un niveau relativement haut pendant 48h (figure 33).

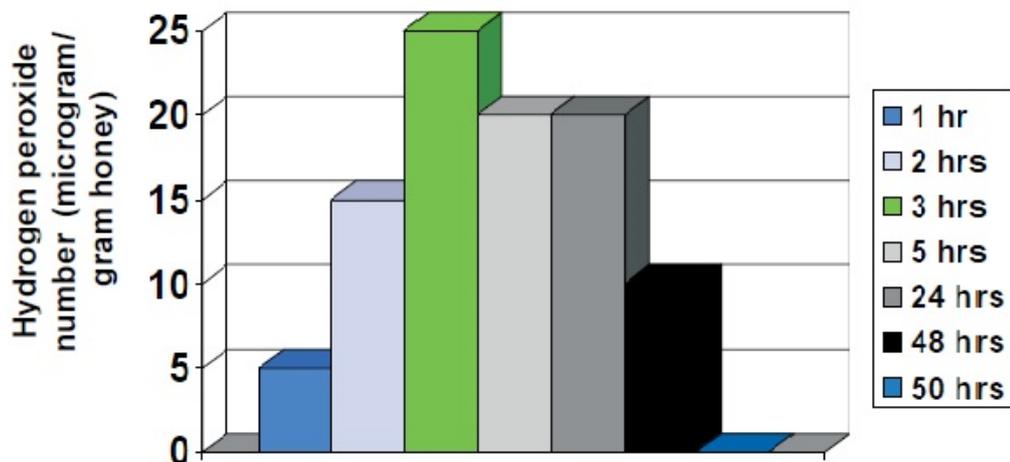


Figure 33 : Activité enzymatique de la gluco-oxydase
(www.bfactory.nl/artikelen/Revamil_honey_gel.pdf).

L'eau oxygénée a une durée de vie courte car elle est thermolabile et photolabile. Elle se forme principalement dans un miel jeune ou dilué car dans un miel mur, l'activité peroxyde d'hydrogène est beaucoup plus faible et les processus d'oxydation sont limités (Assie B., 2004).

2.1.1.4. Des facteurs phytochimiques :

Parmi les facteurs phytochimiques, on retrouve les huiles essentielles des nectars de fleurs dont le pouvoir antibactérien est déjà connu ; on peut citer par exemple, le thymol du thym, ou encore la pinocembrine qui est un flavonoïde identifié récemment dans une douzaine de miels. L'activité antimicrobienne de la pinocembrine est caractérisée vis-à-vis de *Staphylococcus aureus*. Elle a été récemment détectée dans le miel de tournesol ainsi que dans la propolis. De par son effet antiseptique, elle jouerait un rôle important dans le maintien de l'hygiène à l'intérieur de la ruche. D'autres composés ayant une activité antibactérienne ont été identifiés dans le miel mais ils sont cependant en quantité trop faible pour contribuer de manière significative à cette activité. On

peut citer : l'alcool benzylique, l'acide 3,5-diméthoxy-4-hydroxybenzoïque (acide syringique), le méthyl 3,5-diméthoxy-4-hydroxybenzoate (méthyl syringate), l'acide 3,4,5 triméthoxybenzoïque, l'acide 2-hydroxy-3-phényl propionique, l'acide 2-hydroxybenzoïque, le 1,4-dihydroxybenzène et des terpènes (www.biologiq.nl).

2.1.1.5. La défensine-1 :

Il s'agit d'une protéine fabriquée par les glandes hypopharyngiennes et mandibulaires des abeilles. Elle est retrouvée dans le miel et la gelée royale. Chez l'homme, les défensines constituent une famille de peptides antimicrobiens naturels largement impliqués dans l'immunité spécifique, ou innée. Ces petits peptides peuvent être divisés en deux groupes : les α -défensines, présentes au sein de certains granules sécrétoires dans les leucocytes ou des cellules immunitaires spécialisées, et les β -défensines, présentes dans l'ensemble des épithéliums et au sein de nombreux organes. Elles jouent un rôle prépondérant dans les pathologies infectieuses, et elles modulent la réponse immunitaire. Les défensines constituent une famille de peptides cationiques antimicrobiens. Ce sont de petits peptides, de masse moléculaire variant de 3,5 à 6 kDa, qui possèdent un large spectre d'activité antimicrobienne (bactéries Gram positif et Gram négatif, champignons, virus enveloppés) (Jonard L. *et al.*, 2006). En neutralisant de manière successive les facteurs bactéricides déjà connus du miel, les scientifiques ont conclu que la grande majorité des propriétés antibactériennes du miel proviennent de cette protéine (Kwakman *et al.*, 2010).

2.1.1.6. Le méthylglyoxal (MGO) :

Le MGO est un antibactérien naturel retrouvé en particulier dans le miel de Manuka (*Leptospermum scoparium*). Le manuka est un petit arbuste de 3 à 5 mètres de hauteur qui appartient à la famille des myrtacées ; cette famille est originaire d'Australie mais le Manuka est présent essentiellement en Nouvelle-Zélande.

NB : Le MGO est un aldéhyde réactif (pro-oxydant), qui possède une toxicité³.

L'activité de la protéine défensine-1 n'a pu être détectée qu'après avoir neutralisé l'activité antibactérienne du MGO. De même, la contribution du pH acide dans le pouvoir bactéricide contre le *Bacillus subtilis* n'a été révélée qu'après neutralisation des activités antibactériennes du peroxyde d'hydrogène, du MGO et de la défensine-1. Dans d'autres situations, l'activité bactéricide dépend de la présence combinée de plusieurs facteurs. Par exemple, le pouvoir bactéricide du miel sur *Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa* nécessite l'action combinée du peroxyde d'hydrogène et du MGO. De plus, l'activité de certains de ces facteurs est plus puissante au sein du miel qu'isolée de celui-ci. Ceci est illustré très clairement pour le MGO. Par exemple, 0,3 mM de MGO ont été nécessaires pour détruire *Bacillus subtilis* contre 0,05 mM de MGO dans un miel dilué à 20%. Cette expérience suggère que la présence des autres facteurs bactéricides a augmenté l'effet du MGO. Il n'est pas aisé de quantifier la contribution des différents facteurs qui interviennent car, comme nous venons de le voir, ces facteurs peuvent avoir une activité redondante, être mutuellement dépendants, ou avoir une activité additive ou synergique selon l'espèce bactérienne ciblée. Le miel est actuellement utilisé sur des plaies pour son pouvoir antibactérien. Le miel ou ses composants pris isolément (tout en sachant qu'ils peuvent être alors moins efficaces), pourraient permettre la création d'un nouvel antibiotique pour prévenir ou traiter les infections causées par des bactéries résistantes aux antibiotiques actuellement disponibles. (Assie B., 2004 ; Kwakman *et al.*, 2010).

2.1.2. Etudes bactériologiques :

2.1.2.1. Antibiogramme :

Tous les miels n'ont pas la même activité antibactérienne. Au Laboratoire Départemental d'Analyses et de Recherches de la Haute-Vienne, de nombreux travaux sont réalisés, notamment des antibiogrammes (quatre souches de bactéries ont été testées : *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterococcus*

³ BONTE F. Communication personnelle, 25.11.2010.

faecalis, *Staphylococcus aureus*) afin de déterminer de façon plus précise l'activité antibactérienne de différents miels. Le principe consiste à placer un milieu de culture (une gélose) contenant la bactérie à tester en présence d'un ou plusieurs miels et à observer les conséquences sur le développement et la survie de celle-ci. En fonction du diamètre de destruction des germes, les différentes bactéries testées ont été classées : sensibles si la zone d'inhibition est supérieure à 12 mm, modérément sensibles si la zone d'inhibition est comprise entre 6 et 11 mm, résistantes si la zone d'inhibition est inférieure à 5 mm (figure 34).

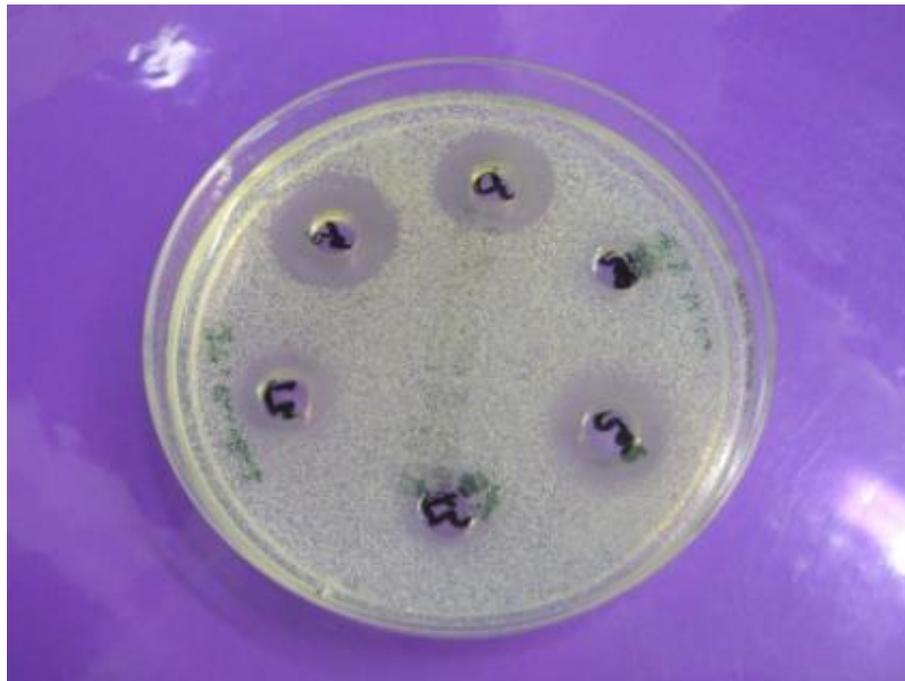


Figure 34 : Antibiogramme visant à tester la sensibilité du *Staphylococcus aureus* vis-à-vis du miel de thym (photo prise au Laboratoire Départemental d'Analyses et de Recherches de la Haute-Vienne).

Les différents résultats de cette étude sont répertoriés dans le tableau ci-dessous (tableau 4) :

		Moyennes des diamètres de destruction des germes en mm			
Types de miels	pH	<i>Escherichia coli</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>
Thym	3,6	11,66	12,2	12,22	12,71
Lavande	3,2	9,92	10,72	9,29	12,08
Acacia	3,6	11,54	10,36	7,74	9,3
Romarin	3,6	9,13	8,3	7,24	10,52
Erica cendrée	4,1	10,6	10,61	11,26	13
Rhododendron	3,8	11,64	10,54	8,91	11,58
Luzerne	3,4	9,12	8,62	7,3	8,27
Tournesol	3,4	12,52	13,73	14,26	15,37
Chataignier	4,8	13,76	12,69	11,43	13,68
Colza	3,4	7,77	8,91	7,52	9,17
Arbousier	4,3	11,71	11,41	10,59	12,66
Bourdaine	5,9	12,33	11,2	8,84	12
Callune	4,5	14,76	13,74	14,59	15,72
Miellat	5	14,78	12,587	13,7	15,86

Tableau 4 : Détermination de l'activité antibactérienne de différents miels (résultats obtenus par le Laboratoire Départemental d'Analyses et de Recherches de la Haute-Vienne).

Au vu des résultats, les quatre bactéries testées sont toutes sensibles ou modérément sensibles aux différents miels testés.

2.1.2.2. Etudes sur microplaque :

Les travaux sur microplaque permettent d'étudier différentes concentrations de miel sur différentes souches de bactéries afin de déterminer la concentration minimale efficace nécessaire pour inhiber la croissance bactérienne (figure 35).



Figure 35 : Microplaque (3 souches de bactéries sont testés : *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* sur différentes concentrations de miel de thym), (photo prise au Laboratoire Départemental d'Analyses et de Recherches de la Haute-Vienne).

Voici les résultats obtenus avec du miel de thym après 24h d'incubation à 37°C : 50 microL de miel à des concentrations finales de 12,5 à 1,25% ont été ajoutés à 150 microL de suspension bactérienne à une concentration de 10^6 bactéries par mL (figure 36).

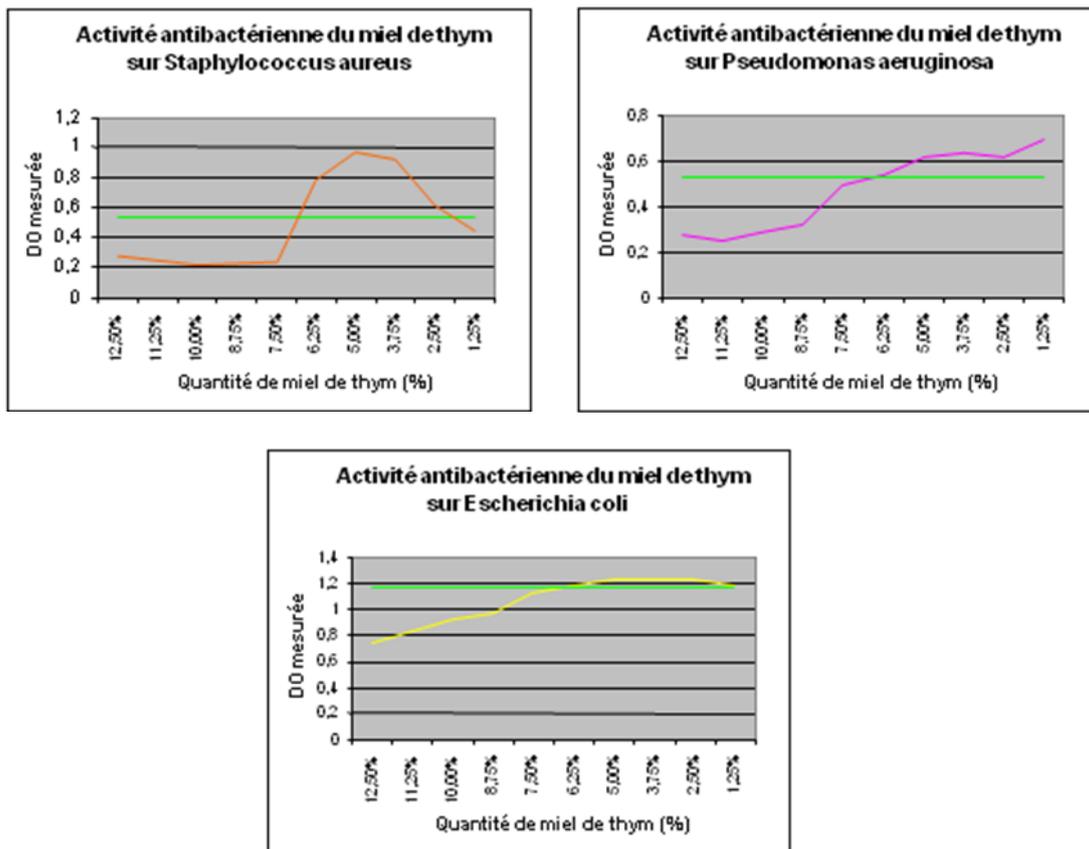


Figure 36: Activité antibactérienne du miel de thym (résultats obtenus par le Laboratoire Départemental d'Analyses et de Recherches de la Haute-Vienne).

Sur les trois graphiques ci-dessus, le miel de thym semble avoir une activité antibactérienne à partir d'une concentration de 7,50 %. La concentration la plus efficace sur *Staphylococcus aureus* se situe à 7,5 %, sur *Escherichia coli* à 12,50 % et sur *Pseudomonas aeruginosa* à 11,25 %.

2.1.2.3. Spectre antibactérien du miel :

De nombreuses recherches ont été effectuées pour déterminer un spectre antibactérien du miel en vue de l'appliquer sur des plaies contaminées par les germes sensibles. Les espèces les plus sensibles sont : *Streptococcus pyogènes*, *Staphylococcus aureus*, et *Escherichia coli*. Les autres espèces telles que *Enterococcus faecalis*, *Klesiella pneumoniae*, *Proteus mirabilis*, *Proteus species*, *Clostridium welchii*, *pseudomonas aeruginosa* et *Clostridium tetani* sont également sensibles au miel, mais à un degré moindre. *Clostridium oedematiens* ne semble pas être inhibé par le miel (Assie B., 2004).

2.1.3. Propriétés cicatrisantes :

Comme nous l'avons vu, lors de la dégradation du glucose (du miel) en présence d'eau et d'oxygène par la gluco-oxydase, il y a formation d'acide gluconique et d'eau oxygénée (H_2O_2). L'eau oxygénée formée a un rôle très important dans le processus de cicatrisation. En effet, comme mentionné plus haut, c'est un très bon antiseptique. Au contact des tissus et du sang, elle se décompose en eau et en oxygène ($H_2O_2 \rightarrow H_2O + O_2$), ce qui crée une « microeffervescence » et un nettoyage mécanique de la plaie (détersion). De plus, le peroxyde d'hydrogène apparaît comme un véritable stimulus pour la multiplication cellulaire ainsi que pour la réponse à l'évolution de l'inflammation normale lors de la cicatrisation. Il stimule notamment la croissance des fibroblastes et des cellules épithéliales qui vont participer à la réparation tissulaire. Dans le même temps, il stimule également le développement d'une néovascularisation dans le tissu cicatriciel. (Descottes B., 2009). Le miel induit également la synthèse de collagène, active le transforming growth factor- β 1 (qui a un puissant pouvoir réparateur) ; à cela s'ajoute aussi des pouvoirs antioxydant et anti-inflammatoire. L'application de miel sur la plaie génère, grâce à ses propriétés hygroscopiques, un milieu humide favorable à l'ensemble des processus cités ci-dessus. La quantité d'eau libre du miel étant très faible, on pourrait s'attendre à un dessèchement des tissus. Au contraire, l'effet osmotique permet de drainer le plasma et la lymphe (qui peuvent contenir des éléments favorisant la reconstitution cutanée) (Goetz P., 2009). Ce milieu humide permet notamment une cicatrisation plus rapide qu'avec un pansement sec car on ne lèse pas les tissus épithéliaux nouvellement formés. De plus, l'osmolarité du miel favorise l'exsudation et donc la diminution de l'œdème au sein de la plaie (Descottes B., 2009). Enfin, le changement du pansement s'effectue sans douleur. Cependant, les pansements créant un milieu humide peuvent favoriser la croissance des bactéries et sont donc contre-indiqués dans les plaies infectées. Mais le miel au contraire crée un milieu humide dans lequel la croissance des bactéries est évitée grâce à son activité antibactérienne. Le miel élimine également rapidement les mauvaises odeurs alors que des plaies malodorantes sont souvent rencontrées avec les pansements humides

conventionnels. Cela peut s'expliquer par l'action antibactérienne du miel mais aussi par le fait que les glucides apportés par le miel sont utilisés par les bactéries à la place des acides aminés provenant du sérum ou des cellules mortes. Cela aboutit à la formation d'acide lactique à la place d'amines, d'ammoniac et de composés soufrés qui ont une odeur nauséabonde. Le maintien d'un environnement humide est également un avantage pour permettre le bon fonctionnement des enzymes protéolytiques et l'élimination des croûtes, du pu et des tissus morts. Tous ces mécanismes agissent de façon très favorable la cicatrisation, et font du miel un pansement humide bio-actif d'une grande efficacité (nombreuses observations obtenues dans le service du Professeur Descottes, CHU Dupuytren), (Assie B., 2004), (figure 37).



Figure 37 : Brûlure du 2^{ème} degré avant et après traitement par le miel (photos provenant du service du Professeur Descottes).

2.1.4. Le miel a l'hôpital :

Depuis plusieurs années, un chirurgien réputé, récemment décédé, le Professeur Bernard Descottes, chef du service de chirurgie générale B au CHU de Limoges, et vice-président de l'Association Européenne d'Apithérapie, a utilisé le miel comme cicatrisant sur certains patients hospitalisés en gastro-entérologie. L'étude (Domerego R., 1997) a été réalisée sur un grand nombre de patients et apporte des preuves que le miel naturel paraît deux fois plus cicatrisant que les autres produits utilisés lors de cette expérience, à savoir, la BIOGAZE[®] et le DEBRISANT[®]. La BIOGAZE[®] est un pansement gras protecteur composé d'une compresse imprégnée d'huile essentielle de niaouli et de thym, et de lanoline ; le DEBRISANT[®]

(dextranomère) est un pansement osmotique utilisé pour la détersion des plaies chroniques, et qui existe sous forme de poudre ou de pâte. Les résultats suivants ont été démontrés : 0,38 cm² de peau reconstituée par jour pour la BIOGAZE[®], 0,46 cm² pour le DEBRISANT[®] et 0,78 cm² pour le miel naturel. La cicatrisation se produit deux fois plus vite avec le miel (même chez certains patients diabétiques pour lesquels il faut déduire de leur alimentation la quantité d'apport cutané de sucre), et ceci grâce à un protocole développé par les infirmières du service du Professeur Descottes (Domerego R., 1997). La technique d'application mise au point est très simple. La plaie doit être soigneusement nettoyée au sérum physiologique (ce nettoyage est complété par un brossage superficiel à l'aide d'une brosse stérile à poils souples, conservée dans une solution de BETADINE[®]). Puis le miel est soit déversé directement dans la plaie, soit mis en place par l'intermédiaire d'une compresse préalablement imbibée. La plaie est ensuite recouverte d'une compresse sèche puis un pansement occlusif est mis en place. Ce pansement est changé de façon quotidienne, sauf si la lésion à traiter est très exsudative ce qui, dans ce cas, impose un pansement biquotidien au miel. (Descottes B., 2009). Le miel agit en profondeur et son pouvoir de détersion se constate à l'œil nu, jour après jour : les pansements sont de plus en plus sales, la plaie de plus en plus propre. L'action nourrissante qui s'exerce parallèlement à l'action curative entraîne une excellente cicatrisation. Dans les cas de plaies surinfectées, les miels de thym et de lavande sont d'une grande efficacité. Son utilisation depuis maintenant 25 ans sur environ 3000 patients, a montré que l'application du miel dans les plaies n'était pas douloureuse et pouvait même entraîner dans certains cas, une réduction partielle de la douleur notamment dans certaines lésions traumatiques ou brûlures du premier ou deuxième degré. L'apparition de picotement disparaissant quelques minutes après l'application du miel a été signalée par certains patients, mais elle n'a jamais toutefois nécessité l'utilisation d'antalgiques (Descottes B., 2009). Il ne s'agit évidemment pas d'un miel ordinaire. Pour qu'il puisse être utilisé à des fins thérapeutiques, sa qualité en termes de charge bactérienne doit être irréprochable. Il faut donc notamment éviter les contaminations supplémentaires apportées par les apiculteurs (Domerego R., 2002). Après cette expérience, il est apparu d'une grande nécessité

que la profession apicole se forme et évolue pour aller vers une production à vocation thérapeutique. En effet, les miels analysés au départ étaient porteurs de souches bactériennes en trop grand nombre. Même si celles-ci ne se multiplient pas dans le miel, elles sont présentes et pourraient donc se développer sur la plaie. Quand le miel arrive à l'hôpital, il subit une analyse bactériologique qui permet de déterminer le nombre d'UFC (unités formant colonie) par gramme. Cette analyse permet de mesurer la teneur en bactéries, et elle est d'à peu près 600 sur un miel classique. Celui qui arrive à l'hôpital ne doit pas dépasser les 30 UFC, et généralement, après formation de l'apiculteur, on obtient des miels qui oscillent entre 5 et 15 UFC. Les germes les plus souvent rencontrés dans le miel sont : *Paenibacillus alvei*, *Bacillus cereus*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus liniformis*, *Bacillus subtilis* (figure 38).



Figure 38 : Mise en évidence d'une souche de *Bacillus cereus* dans du miel de thym grâce à une culture sur gélose (photo de gauche) et à une galerie d'identification biochimique (photo de droite) (photos prises au Laboratoire Départemental d'Analyses et de Recherches de la Haute-Vienne).

Il a donc été nécessaire de mettre en place des procédures, des précautions supplémentaires et dans certains cas, des techniques différentes de production, pour atteindre la qualité demandée en milieu hospitalier. Entre autres, il faut faire particulièrement attention à de nombreux détails dès la sortie du miel de la ruche : hygiène des mains, des cheveux, des vêtements, des véhicules de

transport, de la miellerie, des pots, etc. Si les ruches ont été traitées à la tétracycline pour lutter contre la loque américaine (maladie contagieuse grave qui affecte les larves d'abeilles operculées ; elle est due à une bactérie, *Paenibacillus larvae*, et se caractérise par la mort, la putréfaction et la dessiccation des larves atteintes) (Barbançon J.-M., 2004), le miel n'est plus utilisable à des fins thérapeutiques car il peut rester des traces d'antibiotique qui pourraient aller à l'encontre de l'effet désiré lors de son utilisation hospitalière. Concernant le traitement anti-varroa, si celui-ci est correctement réalisé, on ne retrouvera pas de trace du traitement dans le miel. Un cahier des charges a été élaboré pour permettre à la profession apicole de répondre exactement à la demande hospitalière. L'un des problèmes survenu lors de l'utilisation du miel au CHU de Limoges, fut la dégradation du miel lors de son utilisation et de sa manipulation auprès des patients. Alors que le miel arrivait avec peu de germes (15 UFC), il devenait rapidement inutilisable atteignant une charge bactérienne beaucoup trop importante (500 UFC). Il a donc fallu adapter la technique et la dimension des pots pour individualiser le traitement. Aujourd'hui, après analyse, le miel est reconditionné dans des petits pots de 50 g afin de limiter au maximum les manipulations (informations obtenues auprès des infirmières du service du Professeur Descottes), (figure 39).



Figure 39 : Miel utilisé au CHU de Limoges (photo prise à la pharmacie centrale du CHU de Limoges).

Dans ce service (chirurgie générale B du CHU de Limoges), l'équipe infirmière n'hésite plus à employer le miel pour le traitement des ulcères, brûlures, plaies chirurgicales, plaie traumatique et plaies infectées. Les résultats sont dans leur grande majorité, satisfaisants. Dans 90 % des cas, la fermeture des plaies se fait de façon spectaculaire. La vitesse de cicatrisation par le miel peut durer de trois semaines à deux mois pour les lésions les plus étendues. D'une façon générale, lorsque la plaie est non infectée et de surface inférieure à 10 cm², le temps moyen de cicatrisation est de 21 jours. Dans 10 % des cas, on observe peu ou pas d'évolution rapide vers la cicatrisation. Il s'agit alors très souvent d'escarres rencontrés chez des patients dénutris ou cachectiques alités (Descottes B., 1997 ; Descottes B., 2009).

2.2. Autres propriétés attribuées au miel :

Hormis les propriétés antibactériennes et cicatrisantes du miel, le miel posséderait des vertus médicinales connues depuis des millénaires de façon empirique.

Ainsi, on peut dire que le miel posséderait :

- ✓ une action anti-anémique : Cette action serait en relation avec la présence de fer et de cobalt dans le miel. Le cobalt est un composant normal de la vitamine B12 qui intervient dans l'organisme lors de la biosynthèse de nombreuses substances et dans différents mécanismes, notamment comme activateur de l'hématopoïèse.
- ✓ une action antifongique : Il a été démontré que le miel est capable d'éliminer certaines toxines, notamment d'origine fongique. Une solution de miel comparée à une solution isotonique de saccharose inhibe complètement la croissance des moisissures comme *Aspergillus flavus*, *Aspergillus fumigatis*, *l'Aspergillus niger*, *l'Aspergillus parasiticus*, *Candida albicans*, *Penicillium spp*, *Penicillium chrysogenum* (www.biologiq.nl).
- ✓ une action apéritive et digestive : Les acides présents dans le miel influencent favorablement l'appétit et la digestion.

- ✓ des propriétés antitussives, expectorantes et adoucissantes : En effet, le miel calme la toux, facilite l'expectoration et soulage les maux de gorge.
- ✓ des vertus calmantes : Il les doit essentiellement aux plantes dont il est issu. Il favorise également le sommeil.

D'autres propriétés du miel ont été avancées, mais ne sont généralement pas supportées par des études scientifiques sérieuses. En effet, le miel :

- ✓ possède(raït) une action préventive vis à vis des cancers : Le risque de cancers est accru dans une population qui présente un déficit en vitamines, en oligo-éléments et en certains nutriments indispensables au métabolisme cellulaire et à la production d'enzymes et d'hormones. Ces nutriments qui ont une action inhibitrice sur le processus cancérigène se trouvent pour la plupart dans le miel. On peut notamment citer les flavonoïdes, qui ont la capacité de ralentir le processus d'évolution des tumeurs.
- ✓ régulerait la fonction cardiaque : De par sa composition en sucres, le miel est un excellent carburant pour le muscle cardiaque. De plus, l'acétylcholine contenue dans le miel permet de ralentir et de régulariser le rythme cardiaque, ce qui favorise la diminution de la tension artérielle et assure une meilleure circulation sanguine au niveau des artères coronaires.
- ✓ améliorerait la circulation sanguine : En effet, il augmente la résistance capillaire et stimule l'hématopoïèse, ce qui retarde le vieillissement vasculaire et diminue les effets de la sénescence.
- ✓ lutterait contre la constipation chronique : De par sa forte concentration en fructose, le miel possède un pouvoir laxatif doux.
- ✓ activerait la croissance : Des observations faites chez plusieurs centaines d'enfants montrent que le miel ajouté dans les aliments, à la place du sucre, favorise la croissance corporelle. Cet effet serait en relation avec la présence d'oligo-éléments qui améliorent l'absorption et peut-être le transport des minéraux, calcium et magnésium en particulier.

- ✓ aiderait l'organisme à se défendre : Le miel apporte les substances nécessaires pour aider l'organisme à se défendre contre les agressions d'origine interne ou externe, en particulier, des substances anti-oxydantes qui peuvent piéger les radicaux libres et aider l'organisme à éliminer diverses toxines. De plus, le silicium contenu dans le miel est un stimulateur du système immunologique. Le miel permet donc de renforcer le système de défense immunitaire, et ainsi, de mieux résister aux agressions en général (Hakim H., 2000).
- ✓ possèderait un pouvoir de détoxification du foie : De par leur nature, les sucres du miel sont susceptibles d'exercer une certaine hépato-protection. Ainsi, certaines intoxications seraient enrayées par l'absorption de miel. Le miel pourrait protéger contre des empoisonnements d'origine alimentaire ou contre les effets néfastes de l'alcool au niveau du foie. Cette activité protectrice serait en relation avec la métabolisation du fructose qui crée des conditions favorables à l'action de détoxification du foie. De plus, les flavonoïdes présents dans le miel, ont une action antitoxique hépatique.
- ✓ aurait des propriétés dynamogéniques : Cet effet s'exerce sur l'ensemble des organes. En effet, le miel augmente la consommation d'oxygène au niveau cellulaire, ce qui accroît la nutrition et la vitalité de chacun des tissus qui interviennent dans la composition du corps (Dr Dubois, 1987).
- ✓ participerait à l'équilibre du système neurovégétatif : Le miel contient une vaste gamme de minéraux, de vitamines et de nombreux autres éléments à l'état de traces et dont les quantités varient en fonction de la présence de grains de pollen. Cette association, qui crée les conditions d'une bonne régulation des processus métaboliques, participe aussi au maintien de l'équilibre du système nerveux.
- ✓ possèderait des propriétés antioxydantes : Le mécanisme protecteur antioxydant du miel utilise à la fois les enzymes tels que la catalase et la peroxydase, les composants phénoliques, les flavonoïdes, les acides organiques comme l'acide ascorbique et des acides aminés comme la

proline (Meda A. *et al.*, 2005) (www.biologiq.nl). Toutefois, les composés phénoliques sont les plus importants dans cette activité. Les antioxydants sont des substances qui, présentes à faible concentration, sont capables de supprimer, retarder ou empêcher les processus d'oxydation et ses conséquences. Les sources d'antioxydants sont nombreuses et variées : extrait d'herbe, de miel, de fruits, de légumes, de thé. Les antioxydants sont classés en fonction de leurs mécanismes d'action :

- les antioxydants primaires ou antiradicalaires (type I) : leurs actions reposent sur leurs capacités à inactiver les radicaux libres, car ils inhibent la propagation des réactions radicalaires en fournissant des hydrogènes aux radicaux libres présents. Les composés phénoliques appartiennent à cette classe.
- Les antioxydants secondaires ou préventifs (type II) : ils préviennent la formation des radicaux libres par différents mécanismes. Certains chélatent les ions métalliques réduisant l'effet pro-oxydant des ions ; c'est le cas de certains acides organiques et de certaines protéines. D'autres sont des piègeurs d'oxygène comme par exemple l'acide ascorbique, les β -carotènes ou certains systèmes enzymatiques.

NB : Certains composés phénoliques possèdent à la fois les modes d'action de type I et II (Genot C. *et al.*, 2004).

En règle générale, les miels foncés et les miels ayant une forte teneur en eau ont une capacité anti-oxydante plus grande que celle des autres miels. De plus, l'activité anti-oxydante des miels est très variable d'un miel à un autre, et elle dépend essentiellement de son origine botanique (www.biologiq.nl).

- ✓ améliorerait la spasmophilie : Le miel contient du magnésium ce qui améliore la spasmophilie (Dr Dubois, 1987).
- ✓ lutte contre le vieillissement : Le miel contient des flavonoïdes capables de neutraliser les radicaux libres par leurs actions antioxydantes et protectrices des sites nucléophiles de l'ADN (l'agression de l'ADN cellulaire

par les radicaux libres peut être à l'origine du vieillissement tissulaire) (Hakim H., 2000).

Certaines des propriétés décrites précédemment sont également documentées dans les publications suivantes : (Domerego R., 2002 ; Lefief-delcourt A., 2010 ; Dr Sabatier, 1997), (www.01sante.com).

L'ensemble de ces propriétés donne un champ d'application assez vaste au miel. Toutefois, le miel est avant tout un aliment qui permet vraisemblablement de prévenir ou de ralentir le développement d'un nombre important de maladies et seulement ensuite, un « médicament » susceptible de traiter certains troubles et affections. Malheureusement, l'immense bibliographie que l'on possède sur ses propriétés thérapeutiques, n'est pas toujours d'une grande rigueur scientifique. Généralement, les études ont été correctement conduites, mais le miel n'est pas un produit défini stable ; dans de nombreux travaux, ce point n'est pas suffisamment pris en compte, et l'origine et la composition des miels testés ne sont pas bien documentées. Même si les indications que nous avons déjà évoquées et celles que nous allons traiter ci-dessous semblent être réelles, cela ne signifie pas bien sûr, que le miel est toujours capable, à lui seul, de résoudre complètement le trouble ou l'affection considérée. Suivant l'origine et la gravité du trouble ou de l'affection, le miel sera pris seul ou associé à un traitement spécifique.

Voici quelques exemples d'applications (Domerego R., 2002 ; Assie B., 2004) :

- ✓ Les affections respiratoires : Par son pouvoir antitussif, expectorant et adoucissant, le miel lutte contre les rhinites, sinusites et bronchites.
- ✓ Les affections digestives : Il est utilisé pour son action de protection sur la paroi de l'estomac, et on l'emploie pour le traitement des ulcères gastro-duodénaux (notamment le miel de manuka), des infections intestinales et des insuffisances hépatiques de toutes sortes. Il est également recommandé en cas de perte d'appétit, dans les troubles de l'assimilation

ou dans les insuffisances digestives, notamment enzymatiques, ou encore pour son pouvoir laxatif doux.

- ✓ La cicatrisation des plaies : Son action antibactérienne et cicatrisante trouve certainement sa meilleure utilisation dans le traitement des plaies en application externe.
- ✓ Les affections ophtalmiques : L'usage du miel pour le bien être de l'œil est l'un des plus anciens répertorié dans la pharmacopée apicole. Le miel soulage selon son origine florale (thym ou lavande) : la conjonctivite, la kératite (lésion et inflammation de la cornée), la blépharite (inflammation du bord de la paupière), les maladies de la rétine (exemple de la dystrophie). Dans ces cas particuliers, le collyre au miel atténue la sécheresse des yeux, les larmoiements, la fameuse et désagréable sensation de « grain de sable », la photophobie et l'œdème des paupières.

NB : Les risques de vergetures durant la grossesse ou lors d'une prise de poids peuvent être diminués par un massage du ventre, des seins et des fesses avec du miel de lavande, d'oranger, de tilleul, ou toutes fleurs de montagne.

3. Propriétés et indications plus spécifiques des miels uni-floraux :

Il est bien sûr très rare, dans la nature, de pouvoir récolter un miel 100 % uni-floral, et il s'agit donc toujours de miels dont l'origine est principalement, la plante indiquée. Dans le détail, chaque type de miel possède des indications particulières, directement liées aux végétaux sur lesquels a été prélevé le nectar. Il va de soi que chacun des miels répertoriés ci-dessous possèdent, en plus de ses propriétés et indications plus spécifiques, les propriétés communes aux miels décrites précédemment (Clément H., 2002 ; Lefief-delcourt A., 2010), (www.01sante.com).

- ✓ Le miel d'acacia (*Robinia pseudacacia*) est considéré comme un régulateur intestinal, et il est recommandé pour les jeunes enfants.
- ✓ Le miel d'aubépine (*Crataegus oxyacantha*) possède des propriétés calmantes, et il serait bénéfique pour les personnes souffrant d'insomnie, de nervosité et d'angoisses.

- ✓ Le miel de bourdaine (*Rhamnus frangula*) possède des qualités purgatives comparables à celles de la plante. Il est conseillé pour améliorer le transit intestinal en cas de constipation.
- ✓ Le miel de bruyère callune (*Calluna vulgaris*) est préconisé en cas de fatigue, d'anémie, d'affections de l'arbre urinaire dans son ensemble (notamment en cas de cystite chronique). En effet, il a des propriétés anti-anémiques, antiseptiques pour les voies urinaires, reminéralisantes et dynamogéniques. Il s'avère très riche en oligoéléments et en particulier en potassium, fer, soufre, manganèse, bore et baryum. Sa teneur en eau est très élevée (plus de 22 %).
- ✓ Le miel de châtaignier (*Castanea sativa*) est réputé bénéfique pour la circulation sanguine et il est particulièrement reconnu pour ses qualités cicatrisantes. Il est riche en oligoéléments : potassium, magnésium, manganèse et baryum.
- ✓ Le miel de clémentinier (*Citrus deliciosa*) favorise la digestion. Il est conseillé de consommer une cuillère de ce miel à la fin des repas.
- ✓ Le miel d'eucalyptus (*Eucalyptus alba*) est particulièrement recommandé en cas de rhume, car il possède des propriétés antiseptiques pour les voies respiratoires.
- ✓ Le miel de lavande (*Lavandula angustifolia*) est particulièrement indiqué pour les applications externes en cas de brûlures, piqûres d'insectes, et plaies. C'est un bon bactéricide et un antiseptique. Il est également recommandé pour ses vertus calmantes ; il favorise le sommeil, et combat l'instabilité et les maux de tête.
- ✓ Le miel de manuka (*Leptospermum scoparium*) est idéal pour soigner les maux de gorge, les problèmes de cordes vocales, la mauvaise haleine, les ulcères d'estomac et les brûlures. En Nouvelle-Zélande et en Allemagne, ce miel de manuka est utilisé pour la cicatrisation des plaies, et sa concentration en MGO est 100 fois supérieure à celle des autres miels

(Lefief-Delcourt A., 2010). Sur le marché américain, MEDIHONEY® est une marque commerciale de miel de manuka utilisée pour le traitement des plaies. En outre, des pansements imprégnés de ce miel, stérilisés par des rayons gamma, sont disponibles dans ce pays pour un usage médical. Ils sont agréés par les autorités sanitaires et prescrits par le corps médical. (www.medihoney.com). Après plusieurs études sur différentes souches bactériennes résistantes aux antibiotiques, il a été démontré que ce miel est efficace contre ces bactéries. De plus, le miel de manuka diminue les enflures, augmente la circulation sanguine et accélère la formation d'un nouveau tissu cicatriciel. Toutefois, les mécanismes par lesquels ce miel réduit les inflammations et stimule la croissance du tissu cicatriciel ne sont pas encore connus (www.radio-canada.ca).

- ✓ Le miel d'oranger (*Citrus sinensis*) a des vertus calmantes, et il favorise le sommeil. On peut aussi le conseiller en cas de migraine et de nervosité.
- ✓ Le miel de romarin (*Rosmarinus officinalis*) est cholagogue et cholérétique. Il est recommandé aux personnes atteintes d'insuffisances hépatiques, digestives et vésiculaires.
- ✓ Le miel de sapin (*Pinus sylvestris*) est antianémique, antiseptique, diurétique. De plus, il est exceptionnellement riche en oligoéléments comme le phosphore, le potassium, le calcium, le soufre, le magnésium, le zinc, le bore, le fer ou le cuivre. Il est recommandé en cas de grippe, rhume, bronchite, pharyngite, asthme...
- ✓ Le miel de sarrasin (*Fagopyrum esculentum*) est antianémique, reminéralisant et dynamogénique. Il est particulièrement recommandé en cas d'anémie, de fatigue et de déminéralisation.
- ✓ Le miel de thym (*Thymus vulgaris*) est traditionnellement employé pour favoriser le sommeil. Antiseptique reconnu, il est utilisé pour la prévention et le traitement des maladies infectieuses, respiratoires ou digestives. Des études réalisées au CHU de Limoges ont démontré qu'il possédait des

propriétés remarquables lorsqu'il est employé pour la cicatrisation des plaies. Il est très riche en cuivre et en bore.

- ✓ Le miel de tilleul (*Tilia sp.*) a des propriétés sédatives et antispasmodiques. Il est conseillé aux personnes nerveuses, angoissées et insomniaques.
- ✓ Le miel de tournesol (*Helianthus annuus*) est intéressant pour la croissance des enfants grâce à sa richesse en calcium.

4. Tout le monde peut-il prendre du miel ?

Le miel est d'une totale innocuité, même à doses très élevées ; il ne provoque aucun effet secondaire particulier aux doses recommandées. Les exceptionnelles douleurs gastriques qui peuvent parfois apparaître sont le plus souvent dues à une ingestion ponctuelle trop importante et/ou trop rapide. Il n'a aucune incompatibilité avec des médicaments. Il n'a aucune contre indication particulière et peut donc être utilisé par tous, depuis la naissance jusqu'à un âge avancé, y compris par la femme enceinte. Toutefois, il faudra utiliser un miel pasteurisé pour les tout petits (avant l'âge de 1 an), afin d'éviter le risque de botulisme. Il n'est déconseillé que dans quelques cas bien précis : en cas de pathologies graves reconnues chez les diabétiques mal équilibrés, ayant des complications vasculaires sévères, un angor instable, et une artérite très évolutive ; sont aussi concernés les porteurs de lithiase urinaire oxalique ; ceux ayant une hypothyroïdie non traitée ; ou ceux atteints de maladies endocriniennes mal équilibrées, comme les hyperlipémies associant des anomalies métaboliques et lipidiques sévères dont une hypertriglycémie importante. Dans tous ces cas, un avis médical est absolument indispensable avant toute consommation régulière de miel (www.cetam.info ; www.01sante.com).

5. Comment prendre le miel ?

Le miel se présente sous 3 formes : le miel pur en pots ; la miellite (médication officinale préparée par dissolution de miel dans de l'eau distillée) ; et le sirop de miel. Les doses quotidiennes sont de 30 à 40 g pour l'adulte et de 15 à 20 g pour l'enfant, réparties en 2 ou 3 prises. Toutefois, ces doses peuvent être dépassées

dans de très nombreuses circonstances. Il se prend généralement par cure de 5 à 6 semaines. Chaque cure peut être répétée 3 ou 4 fois par an (Dr Dubois, 1987).

➤ Correspondances pondérales moyennes des cuillères de miel :

- 1 cuillerée à café rase de miel pèse environ 9 g.
- 1 cuillerée à café bombée de miel pèse environ 16 g.
- 1 cuillerée à dessert rase de miel pèse environ 18 g.
- 1 cuillerée à dessert bombée de miel pèse environ 32 g.
- 1 cuillerée à soupe rase de miel pèse environ 27 g.
- 1 cuillerée à soupe bombée de miel pèse environ 48 g.

NB : Dans le traitement des plaies cutanées et des brûlures à l'hôpital, le miel s'utilise tel quel après un nettoyage soigneux des lésions. On peut l'appliquer soit directement, soit sous forme de compresses bien imprégnées sur la région concernée, et que l'on recouvrira dans les deux cas d'un pansement sec, à raison d'une ou deux fois par jour selon les situations. Bien sûr, il est conseillé de ne pas utiliser n'importe quel miel pour un usage externe. Dans un avenir proche, des miels de qualité médicale seront disponibles à l'officine (voir ci-dessous), (www.santé01.com).

6. Le miel à l'officine :

Le miel à l'officine entre dans la composition de plusieurs produits principalement pour son pouvoir sucrant ou pour son arôme mais rares sont les produits qui ont le miel comme principe actif. Ainsi, on peut le retrouver dans des sirops, des pastilles contre la toux, dans des compléments alimentaires, etc. Cependant, de nouvelles gammes de produits élaborées à partir du miel sont en train de se développer :

- ✓ Le laboratoire AGUETTANT a commercialisé un dispositif médical de classe II b : ACTRYS[®]. Il s'agit d'un pansement sous forme de pâte composé de 4 éléments majeurs : de l'argile, du miel, de la cire d'abeille et des huiles végétales riches en acides gras essentiels. Il peut être utilisé sur des plaies chroniques comme les escarres et sur des plaies aiguës comme les plaies

traumatiques, les cicatrices post-chirurgicales, etc. Toutefois, il ne devra pas être utilisé sur des plaies surinfectées (www.vdb-medical.be).

- ✓ Très récemment, l'entreprise MéliPharm a développé en France un miel médical cicatrisant et antimicrobien qui serait disponible en pharmacie. Il pourrait être utilisé dans le traitement de plaies superficielles ou de brûlures peu étendues (www.melipharm.com).
- ✓ Au Royaume-Uni, les laboratoires ADVANCIS Médical proposent une gamme de produits à base de miel de manuka de qualité médicale : ACTIVON Tube® (en tube de 25 g), ACTIVON Tulle® (pansement de gaze imprégné de miel), ALGIVON® (pansement d'alginate imprégné de miel) et ACTILITE® (pansement antibactérien imprégné de miel de manuka et d'huile de manuka) (www.advancis.co.uk). Cette gamme de produit convient à tous les types de plaies, et pourrait prochainement être commercialisée dans nos officines.
- ✓ Aux Pays-Bas, Bfactory Health Products B.V. a élaboré un miel de qualité médical, le REVAMIL®, qui présenterait une qualité constante et une efficacité reproductible. En effet, ce miel est élaboré dans des serres, ce qui permet de choisir et de contrôler les plantes butinées par les abeilles. Il existe 4 présentations : REVAMIL wound dressing® (gaze imprégnée pour plaies), REVAMIL single dose® (miel 100% pur en seringues de dosage ; cette présentation permet une application dans des plaies profondes), REVAMIL wound gel® (en tube de 18 g), REVAMIL balm® (tubes d'onguent pour plaies). REVAMIL® est aujourd'hui commercialisé dans plusieurs pays européens (mais pas encore en France) (www.revamil.com).
- ✓ Les laboratoires GILBERT ont commercialisé une solution à base de miel accélérant la cicatrisation des aphtes : DOLOAPHTE®. Son application sur l'aphte permet d'assainir la blessure. En effet, elle crée un champ osmotique permettant un drainage de l'intérieur vers l'extérieur de l'aphte favorisant ainsi l'élimination des bactéries. De plus, elle améliore le processus de cicatrisation et réduit la douleur (www.labo-gilbert.fr).

- ✓ Le laboratoire ARKOPHARMA propose Cicamiel, une crème cicatrisante à base de miel, propolis et calendula (www.arkopharma.fr).
- ✓ Les laboratoires DERMATHERM proposent dans leurs gammes trois produits particulièrement riches en miel. Purcare Gel SOS est la forme gel indiquée dans le soin des petits accidents cutanés (écorchures, coupures de rasoir, brûlures légères, anomalies superficielles des muqueuses...). Ce produit (de qualité alimentaire) contient 28 % de miel pur, et 50 % d'eau thermale. Un sérum et un masque sont formulés dans le même esprit (www.dermatherm.fr).

Les préparations réalisées à l'officine à base de miel n'existent quasiment plus, bien qu'on puisse encore parfois retrouver des préparations à bases de miel comme les mellites (miel + eau) ou les oxymels (miel + vinaigre) dans de vieux livres de préparations.

7. Allergies au miel :

Les produits de la ruche comportent un grand nombre d'allergènes provenant du corps des abeilles et des produits qu'elles récoltent (pollens, nectar, miellat, propolis) et fabriquent (miel, gelée royale). Toutefois, la fréquence des allergies au miel reste faible (quelques cas isolés) compte tenu de l'importance et de la diffusion mondiale de sa consommation. Les symptômes de cette allergie sont variés : urticaire généralisée, urticaire et angio-œdème, urticaire et rhinite, angio-œdème isolé, symptômes digestifs (douleurs abdominales et/ou diarrhée), asthme, anaphylaxie aiguë. Le diagnostic d'allergie au miel est basé sur l'anamnèse, l'histoire clinique, les tests cutanés réalisés avec le miel, tandis que les résultats donnés par le dosage d'IgE sériques spécifiques sont inconstants. En effet, si les IgE du sérum des allergiques aux abeilles sont capables de fixer un grand nombre de protéines du miel, la prévalence de l'allergie au miel reste faible chez les allergiques aux hyménoptères ou chez les apiculteurs. En revanche, l'allergie aux pollens, en particulier de Composées (armoise, camomille, pissenlit), constitue un facteur de risque d'allergie au miel. L'éviction des produits en cause est la seule possibilité. Il faut se méfier, car le miel et le pollen sont souvent

masqués dans les produits alimentaires, diététiques et énergétiques (Dutan G., 2009).

8. Applications cosmétiques :

Les vertus du miel au niveau de la peau son incroyablement nombreuses : adoucissant, cicatrisant, détoxifiant, hydratant, émollient, humectant, rafraichissant, anti-irritant, nourrissant, stimulant de la régénération des cellules épidermiques, et toutes ces propriétés font de lui un excellent allié pour la beauté. Le miel convient à tous les types de peaux, qu'il nourrit, adoucit et tonifie (Millet J., 2006). Le miel est aussi un excellent remède naturel pour les cheveux fragilisés auxquels il rend toute leur souplesse et leur brillance (Lefief-Delcourt A., 2010). On peut ainsi le retrouvé dans toute une gamme de produits cosmétiques : baume à lèvres, lotions pour nettoyer le visage, gommages, masques, crèmes hydratantes, soins anti-âge, savons, shampooings, etc. Depuis 1828, la prestigieuse marque Guerlain utilise l'abeille comme emblème. Après de longues années d'études, la recherche Guerlain a utilisé les produits de la ruche et plus particulièrement le miel et la gelée royale pour leurs capacités à activer les processus de réparation tissulaire et par conséquent à lutter contre l'effet du vieillissement. Guerlain s'est servi de ces découvertes pour créer des produits d'exceptions tels que le sérum Abeille Royale. Ce sérum est composé d'une association inédite de quatre produits de la ruche : le miel d'Ouessant, le miel de thym, le miel de trèfle de Nouvelle Zélande, et de la gelée royale française.⁴

⁴ BONTE F. DP ABEILLE multilangue.indd, 04.05.2010, 58p. [document interne à LVMH recherche].

Chapitre VII

Les autres produits de la ruche

Outre le miel, les produits de la ruche sont très nombreux et possèdent de nombreuses propriétés. La plupart de ces produits se trouvent dans des magasins « bio », de diététique, et dans les domaines apicoles, mais on les retrouve également à l'officine.

1. La cire :

La cire est produite par les glandes cirières de l'abeille. Lorsqu'elle sort des glandes cirières, la cire est liquide, et il s'agit d'une sécrétion glandulaire malaxée avec de la salive d'abeille. La cire exsude et se solidifie en écailles que l'abeille détache à l'aide de ses pattes postérieures. Puis elle la malaxe avec ses mandibules avant de l'utiliser (Millet J., 2006). Elle est de couleur jaune claire à l'origine, mais lors de son utilisation comme matériau de construction pour les cellules de la ruche, elle se charge de matières étrangères qui modifient sa couleur, qui passe alors du jaune (dû à la présence d'une matière colorante : la chryisine ou 5-7 dihydroxyflavone) au brun foncé. Ce changement de coloration est dû à l'incorporation des pigments du pollen, et de la propolis. La cire est essentiellement constituée de corps gras, et sa composition moyenne est la suivante : 71 % d'acides gras (acide palmitique, oléique et linoléique), 14 % d'acides libres, 12 % d'hydrocarbures saturés, et 3 % d'eau. Elle est insoluble dans l'eau et plus ou moins soluble dans les solvants organiques comme le benzène ou l'essence de térébenthine. Au sein de la ruche, on distingue d'une part, la cire fraîche qui sert à operculer les cellules, et d'autre part, la cire présente au niveau des rayons. La cire est connue, renommée et utilisée depuis la plus haute Antiquité. Elle a été employée à de nombreux usages domestiques (bougies, encaustique...), religieux (cierges), artistiques (moulages à cire). Aujourd'hui, en apiculture, elle sert à la fabrication de la cire gaufrée placée sur les rayons des ruches ; dans les domaines pharmaceutiques et cosmétologiques, elle sert de facteur de consistance des phases grasses notamment dans les pommades et les suppositoires. De plus, elle entre dans la composition de nombreux cosmétiques tel que le rouge à lèvres, le mascara, les crèmes, les baumes, etc. La cire possède une excellente tolérance cutanée ; elle a un effet protecteur, émollient et occlusif par formation d'un film imperméable à la surface cutanée, et évite ainsi la

déshydratation de l'épiderme (Millet J., 2006 ; Pham-Délégué M., 1999), (figure 40).



Figure 40 : Photos représentant un cadre contenant de la cire (à gauche), et des petits copeaux de cire (à droite) (la photo de gauche a été prise au domaine apicole de Mr Kerner, la photo de droite provient du site www.lapi.fr).

2. Le pollen :

Nous avons décrit précédemment certaines caractéristiques du pollen des fleurs et ses qualités du point de vue des abeilles. Or, le pollen possède aussi des propriétés intéressantes pour l'homme. Pour ne pas nuire à la colonie, dont le pollen constitue la nourriture protidique, l'apiculteur s'approprie une partie seulement de cette récolte, à l'aide d'un petit appareil tout simple, appelé trappe. Il s'agit d'un dispositif placé sous le corps de ruche, pourvu de grilles dont les mailles permettent le passage des butineuses mais arrachent les pelotes de pollen qu'elles portent sur les pattes. Le pollen de ces pelotes est notablement différent de celui produit par les étamines des fleurs, car les abeilles y ont ajouté un liant formé de nectar et de salive. Le pollen récolté dans les trappes présente un fort taux d'humidité, et il doit donc être séché pour se conserver dans de bonnes conditions. Les utilisations médicales du pollen font l'objet d'une abondante littérature, mais les données ne sont pas extrêmement fiables car les travaux ne sont pas toujours réalisés avec des méthodes scientifiques rigoureuses. De plus, la composition du pollen n'est pas stable. Toutefois, depuis de nombreuses années, il est utilisé comme un complément alimentaire très intéressant. La consommation quotidienne de petites quantités de pollen en pelotes peut constituer un très bon

apport en vitamines et combler certains déficits alimentaires. Des recherches menées sur les animaux indiquent que l'action du pollen peut être importante sur la croissance. Chez l'homme, il agit sur les surrénales en les stimulant, et il augmente également le taux de globules blancs et rouges du sang, s'avérant ainsi particulièrement efficace comme adjuvant alimentaire dans divers types d'anémies. C'est aussi un régulateur intestinal contenant des substances antibiotiques actives contre certains germes de la flore intestinale. Il serait également efficace dans les cas de surmenage physique et psychique, et il améliorerait l'état général en stimulant les défenses de l'organisme. Il est généralement commercialisé en pelotes naturelles de couleurs variées, regroupant donc une grande variété d'espèces florales, ou encore, sous forme de poudre ou en gélules. A l'officine, il entre dans la composition d'ampoules, de comprimés et de gélules. A l'exception des ampoules, ces préparations doivent impérativement être conservées dans un endroit bien sec. La consommation journalière selon les cas se situe entre 15 et 40 g chez l'adulte, et 5 à 15 g chez l'enfant suivant l'âge, à consommer en cure de 3 mois deux fois par an, ou en cure continue à la dose d'entretien qui convient. Aucune contre-indication ni incompatibilité ne sont à signaler, si ce n'est parfois, quelques petits troubles digestifs qui cèdent rapidement grâce à la diminution de la quantité absorbée. Il existe de nombreuses allergies aux pollens en suspension dans l'air (anémophiles), en particulier les pollens des saules, bouleaux, charmes, hêtres, noyers, frênes, platanes, noisetiers, ormes, peupliers et tilleuls. Toutefois, il est important de distinguer le pollen entomophile (des abeilles) du pollen anémophile. En effet, le pollen entomophile ne provoque quasiment pas d'allergie respiratoire de type rhume des foins. Cependant, chez les sujets sensibilisés aux pollens, la palynothérapie n'est pas sans risques et doit donc être déconseillée. En effet, dans de rares cas, des réactions de type choc anaphylactique peuvent survenir même après ingestion (Chauvin R., 1997 ; Hutt N. *et al.*, 1989 ; Pham-Délègue M., 1999), (figure 41).



Figure 41 : Photos représentant une trappe à pollen (à gauche), et une cuillère à soupe avec des pelotes de pollens (à droite) (la photo de gauche provient du site : www.thehoneygatherers.com, la photo de droite provient du livre de Marchenay P. et Bérard L., 2007).

3. La propolis :

Comme nous l'avons vu, les ouvrières récoltent la résine des bourgeons, la transportent jusqu'à la ruche sur leurs pattes arrières, puis la transforment en la mélangeant avec de la cire, des sécrétions salivaires, du pollen et diverses impuretés animales et végétales pour donner à proprement parler, la propolis de la ruche. La propolis varie donc qualitativement et quantitativement en fonction de son lieu de production (Millet J., 2006). La propolis est utilisée par les abeilles pour ses multiples propriétés : c'est une substance desséchante, antimicrobienne qui est utilisée pour le colmatage de la ruche. Selon sa provenance, la couleur de la propolis varie du jaune au brun foncé. De dure à cassante à froid, la propolis est malléable à 20 °C. Sa saveur est âcre ou amère. Son odeur agréable de miel, de vanille et de cire s'ajoute à l'odeur d'origine des bourgeons. Elle est insoluble dans l'eau froide, partiellement soluble dans l'alcool éthylique, le benzène, et le chloroforme, et soluble dans le propylène glycol. La fraction soluble dans les solvants organiques est constituée d'environ 30% de matières cireuses et de 80% de baumes et d'huiles essentielles. La fraction insoluble renferme des matières organiques, des tissus végétaux, des grains de pollen, des débris de cuticules et de soies d'abeilles (Millet J., 2006). Les abeilles les plus âgées, aux glandes cirières atrophiées, sont chargées de sa récolte, à la fin de la miellée, juste avant le début de l'automne, en vue de l'hivernage. Cette quête a lieu pendant les heures

chaudes de la journée, quand les substances recueillies sont les plus malléables. La récolte de la propolis par l'apiculteur se fait par grattage du bois des ruches, puis elle est dissoute dans de l'alcool éthylique à froid pour éliminer la cire (peu soluble dans l'alcool à basse température). Elle se conserve à l'abri de la chaleur. La propolis ne peut être utilisée brute. Il faut préparer des extraits par différentes méthodes d'extractions pour obtenir un maximum de principes actifs qui servent alors aux préparations pharmaceutiques. Les propriétés bactéricides de la propolis sont connues depuis des siècles. En effet, les rayons d'une ruche ne contiennent pratiquement aucune bactérie, car ils sont protégés par une fine pellicule de propolis. Elle a été utilisée en médecine vétérinaire pour le traitement de plaies infectieuses ou contre certaines maladies. Bien que sa composition soit variable et les agents responsables de ses propriétés encore mal identifiés, on l'utilise en médecine humaine (surtout en Europe de l'Est) comme onguent dans le traitement de certaines affections cutanées ou respiratoires, en chirurgie et en gynécologie. Son pouvoir anesthésiant et analgésique est assez élevé, et elle stimule les défenses de l'organisme. Elle possède également une action fongicide, antivirale, anti-oxydante, anti-inflammatoire, antiprotozoaire, et un important effet sur la régénération tissulaire (Millet J., 2006). La propolis peut se présenter sous plusieurs formes : comprimé, gomme, pâte ou tablette à mâcher, gélule, dentifrice, pommade, baume à lèvres, sirop, savon, spray buccal et nasal, poudre à diluer dans de l'eau, extrait liquide mélangé à de l'alcool ou sans alcool, etc. Il existe aussi des diffuseurs de propolis utilisés pour purifier l'air ambiant. A l'officine, on la retrouve : dans la gamme des 3 Chênes où elle entre dans la composition de plusieurs produits traitant les maux de l'hiver ; dans la gamme Sagaspray en spray buccal ; dans ALVITYL® défenses, des laboratoires URGO, produits à base de propolis sous forme de sirop ou de comprimés ; dans la gamme Naturactive qui propose des gélules de propolis recommandées pour aider à affronter l'hiver, etc. Il n'y a pas de contre-indications à l'utilisation de la propolis, si ce n'est quelques rares cas de sensibilisation. Un apiculteur sur 2000 présenterait une allergie de contact de type eczémateux appelée « dermatose des apiculteurs ». Elle procède de l'allergie de type IV ou hypersensibilité retardée. Cette allergie atteint essentiellement le dos des mains, les avant-bras et le visage,

dans les jours qui suivent le contact ; elle disparaît en une dizaine de jours. Il faut noter qu'il existe une allergie croisée entre les propolis de provenances différentes, le baume du pérou, le baume de peuplier, le miel, la cire d'abeille et l'acide cinnamique (Millet J., 2006). De plus, elle peut provoquer de légers troubles digestifs lorsqu'elle est consommée par voie orale, et dans ce cas, il faudra diminuer la dose (Fauliot L., 1997 ; Lefief-Delcourt Alix, 2010 ; Pham-Délègue M., 1999), (figure 42).



Figure 42 : Photos représentant une abeille transportant de la propolis (à gauche), et des cadres recouverts de propolis (à droite) (la photo de gauche provient du site www.thehoneygatherers.com, et la photo de droite provient du site www.apimab.com).

4. La gelée royale :

La gelée royale est sécrétée par les glandes pharyngiennes et mandibulaires des jeunes ouvrières. Elle se déverse dans le pharynx et s'accumule dans le jabot avant d'être déposée dans les cellules. C'est la substance centrale de la ruche : elle assure son existence et son fonctionnement. Elle est la nourriture unique et exclusive de la reine pendant toute son existence. De ce fait, sa vie est jusqu'à 50 fois plus longue que celle d'une ouvrière, bien qu'au départ la reine et l'ouvrière soient génétiquement et anatomiquement identiques. En effet, une reine peut vivre 5 à 6 ans contre 45 jours pour une ouvrière, et seule l'alimentation due à la gelée royale fait la différence. De plus, elle confère à la reine une fécondité inégalée. Les larves d'ouvrières et de faux bourdons sont, quant à elles, nourries de gelée royale uniquement pendant les trois premiers jours de leurs vies au cours desquels leur poids est multiplié par 1000. La gelée royale ne contient ni miel, ni

pollen. C'est une substance blanchâtre aux reflets nacrés, à consistance gélatineuse, de saveur chaude, acide (pH de l'ordre de 4) et très sucrée. Sa composition n'est pas encore totalement connue ; en effet, il subsiste une fraction de nature inconnue de l'ordre de 3 %. Par ailleurs, elle est très variable, car elle est fonction du jour de la récolte, de la saison, des variétés d'abeilles et de l'alimentation des nourrices. Cependant, on peut dire qu'elle contient environ :

- 57 à 70% d'eau ;
- 13% de protides constitués d'un mélange de protéines : albumines et globuline , de peptides (0,16%) et de 29 acides aminés libres représentant 2,3% des protides. Parmi eux on peut citer : l'alanine, la phénylalanine, l'arginine, la glycine, l'isoleucine, la leucine, la lysine, la proline, la sérine, la tyrosine, la valine, la dialanine, la taurine, les plus abondants étant les acides aspartique et glutamique ;
- 4,5 % de lipides (dont 80 à 85% d'acides gras libres qui seraient responsables de la grande acidité de la gelée ; 3 à 5% de stérols, 5 à 6% de cires et 0,4 à 0,8% de phospholipides) ;
- 14,5% de glucides (notamment du glucose et du fructose, et en proportions nettement plus faibles, du maltose, de l'erlose, du ribose, du tréalose et du mélibiose) ;
- 8,5% de cendres minérales (C, N, Ca, S, P, Mg, Zn, Cu) ;
- des vitamines (thiamine (vit B1), riboflavine (vit B2), pyridoxine (vit B6), acide pantothénique (vit B5 ou PP), biotine (vit H), inositol, acide folique, acide ascorbique (vit C)).

Il faut remarquer que la teneur en acide pantothénique est l'une des plus fortes que l'on connaisse pour une substance naturelle. On peut également retrouver dans la gelée royale de l'acétylcholine. La plupart des propriétés biologiques de la gelée royale sont attribuées aux acides gras. On peut notamment citer l'acide trans-10-hydroxy-2-décénoïque pour ses propriétés antibactériennes, antifongiques et anti-germinatives (Millet J., 2006). L'obtention de gelée royale nécessite un important travail qui justifie un prix de vente élevé. En effet, sa production fait appel à des techniques particulières, car les abeilles produisent exclusivement la quantité nécessaire à leurs besoins, et elles n'ont donc pas de

stock. La technique consiste à rendre la ruche orpheline en lui enlevant sa reine pour que les ouvrières élèvent une nouvelle reine. Des cadres sont alors placés à l'intérieur de la ruche avec des ébauches de cellules royales artificielles dans lesquelles l'apiculteur a déposé des larves d'ouvrières âgées de 12 à 36 heures. Les ouvrières vont alors donner à ces ébauches de cellules, la taille définitive des cellules de reines, tandis que les nourrices vont sécréter de la gelée royale en abondance pour nourrir ces jeunes larves. Après trois jours, les cellules ont atteint leur maximum d'abondance en gelée royale. Les cadres sont alors enlevés, on retire soigneusement les larves des cellules puis on récolte la gelée royale à l'aide d'une spatule de verre, ou avec un petit aspirateur. (Figure 43).



Figure 43: Récolte de la gelée royale (Bengsch E., 1997).

Une ruche peut donner de 300 à 1 000 g de gelée royale par an suivant les races d'abeilles. Ces opérations exigent des conditions de propreté parfaites. Dès son prélèvement, la gelée royale est mise en flacons de verre hermétiquement fermés par un bouchon en plastique (le métal est attaqué car la gelée royale est acide), puis entreposés au froid (entre 2 et 5 °C dans une atmosphère sèche et à l'abri de la lumière). Dans de telles conditions, la gelée royale se conserve parfaitement pendant plusieurs mois. En effet, la gelée royale est sensible à l'air, à la chaleur et à la lumière. A l'air, elle perd facilement son eau et s'oxyde en brunissant, et la chaleur provoque diverses altérations et favorise la croissance de certaines moisissures (Millet J., 2006). Elle peut également être lyophilisée, c'est-à-dire déshydratée sous vide à très basse température. Des expériences réalisées sur des souris de laboratoires, montrent que la consommation de gelée royale à faible

dose accélère la croissance. Chez l'homme, on a mis en évidence un effet euphorisant et stimulant intellectuel, notamment grâce à la présence d'acétylcholine qui stimule le système nerveux, et plus particulièrement la mémoire. Energétique et nutritive, elle renforce les défenses de l'organisme, notamment face aux infections, à la fatigue et au froid. La cure de gelée royale est donc idéale avant l'hiver, en cas de fatigue intense. Les doses journalières préconisées sont de l'ordre de 0,1 g. Par ailleurs, de nombreux produits cosmétiques en contiennent. En effet, son extraordinaire composition qualitative et quantitative lui confère des propriétés régénératrices et reconstructrices de la peau, non seulement sur l'épiderme vieillissant, mais également pour l'ensemble des inconvénients d'ordre esthétiques tels que : la déshydratation, la séborrhée accrue, les rides persistantes, etc. Des cures de gelée royale par voie orale peuvent également être conseillées pour lutter contre le vieillissement (Dr Legrand, 1987). En règle générale, en cas d'allergie à la gelée royale, les symptômes sont graves : asthme aigu, angio-œdème, anaphylaxie. Des cas de gastro-entérites à éosinophiles et une colite hémorragique ont également été rapportés. Les patients à risques d'allergie alimentaire à la gelée royale sont les allergiques aux venins d'abeille et surtout les atopiques. Le fait que plusieurs patients aient développé leurs symptômes d'allergie après la première consommation de gelée royale fait penser qu'ils étaient déjà sensibilisés aux venins d'abeilles et avaient des réactions croisées avec la gelée royale (Dutau G. *et al.*, 2009). Par voie topique, la présence d'une forte concentration en protéines peut donner lieu à des réactions allergiques, notamment à des éruptions cutanées (Millet J., 2006). En dehors de ces cas particuliers, tout le monde peut suivre une cure de gelée royale. A l'officine, les laboratoires Pierre Fabre ont commercialisé la gamme Naturactive qui propose par exemple des gélules de gelée royale, et les laboratoires Arkopharma proposent des ampoules pour stimuler les défenses et la vitalité de l'organisme à base de gelée royale, etc. (Bensgsch E., 1997 ; Lefief-Delcourt A., 2010 ; Pham-Délègue M., 1999), (figure 44).



Figure 44 : Photos représentant une cellule royale contenant une larve de reine (à gauche), et un petit pot de gelée royale (à droite) (ces photos proviennent respectivement du site www.encyclopedie-universelle.com et du livre de Fronty L., 2008).

5. Le venin :

Les connaissances de l'usage médicinal du venin d'abeille remontent à la plus haute Antiquité. Des textes chinois vieux de 2 000 ans en font mention. De même, Hippocrate (460-377 av. J.-C.), le père de la médecine, considérait le venin comme un remède idéal pour traiter l'arthrite et les problèmes d'articulations (www.passeportsante.net). Disponible à l'officine sous forme homéopathique (*Apis mellifica*), le venin d'abeille est aujourd'hui utilisé en deuxième intention dans le traitement des rhumatismes invalidants, arthrites, tendinites et de certaines maladies auto-immunes, dont la sclérose en plaque (Lefief-Delcourt A., 2010). En France, cette technique très marginale est pratiquée seulement par 5 ou 6 spécialistes (Dr Berger, 2000). Le venin peut être administré soit directement par des piqûres d'abeilles, soit à l'aide d'une seringue contenant une solution de venin dilué. La méthode traditionnelle, qui se pratique encore aujourd'hui, consiste à déposer des abeilles vivantes (une à la fois à l'aide d'une pince) sur la peau du sujet. Elles sont plus particulièrement placées sur les zones douloureuses ou encore sur des points d'acupuncture. Dès que le dard pénètre la peau, l'abeille perd une partie de son abdomen et meurt dans les heures qui suivent. Pour contourner l'application directe des abeilles, diverses techniques permettent

d'extraire le venin des abeilles sans qu'elles ne meurent (www.passeportsante.net). Le venin est récolté à l'aide d'un plateau recouvert d'un tissu de nylon, posé sur une plaque de verre et placé à l'entrée de la ruche. Ce dispositif est équipé d'un système électrique qui applique un électrochoc aux abeilles qui pénètrent dans la ruche. Le choc électrique les excite fortement et les incite à piquer dans le tissu sans y laisser leur dard. Après lavage à l'eau distillée du tissu de nylon, le venin recueilli est séché (figure 45). Cependant, Il est indispensable avant d'entreprendre tout traitement par le venin d'abeille, de s'assurer que le malade ne présente pas de sensibilité particulière au venin. Lorsqu'une abeille pique, elle injecte une quantité de venin de 0,15 à 0,30 mg au moyen de son aiguillon. Les réactions provoquées par la piqûre sont plus ou moins immédiates et graves selon les individus. Chez certains, une vive douleur sera suivie d'une simple sensation de chaleur et de fourmillement. Chez les plus sensibles peut survenir : un urticaire plus ou moins étendu, des œdèmes, une dyspnée, un état nauséux, une hypotension artérielle, des arthralgies, voire des accidents mortels, peuvent être observés. En effet, le venin d'abeille contient une toxine qui peut produire chez un sujet sensibilisé un choc anaphylactique (Pham-Délègue M., 1999). ALYOSTAL® est une spécialité à base de venin d'abeille indiquée dans le traitement de désensibilisation. Cette désensibilisation consiste à injecter régulièrement au patient de petites doses de venin. Tout traitement à base de venin se fera toujours à l'hôpital (Bruneau E., 2002). Le venin d'abeille est un mélange de protéines présentant un pH basique, dont l'odeur amère (acétate d'isoamyle) rend les abeilles très agressives. Les principaux constituants intervenant dans son action pharmaceutique sont : l'histamine (médiateur intervenant dans les réactions allergiques), l'apamine, la melittine (100 fois plus anti-inflammatoire que l'hydrocortisone) et certaines enzymes notamment une phospholipase et une hyaluronidase. Ils agissent comme des inhibiteurs du système nerveux (ce qui soulage la douleur) et stimulent les corticosurrénales, favorisant ainsi la sécrétion de cortisol plasmatique (anti-inflammatoire physiologique), ce qui explique leurs effets positifs sur les affections rhumatismales. Toutefois, les données scientifiques concernant les mécanismes d'action du venin ne sont pas encore très précises (Domerego R., 2002). Dans le

traitement des rhumatismes invalidants ou de la sclérose en plaque, le venin peut être administré par injection intradermique, ionisation, massage des zones douloureuses, micro-injections sur des points d'acupuncture, ou directement par piqûres d'abeilles (Pham-Délègue M., 1999). Dans la mesure du possible, l'injection directe est toujours préférée, même si elle semble plus douloureuse pour l'homme et plus cruelle pour l'abeille. Pour traiter une tendinite, par exemple, deux ou trois séances de deux à dix piqûres suffiraient. Pour la sclérose en plaques, le traitement pourrait s'échelonner sur une très longue période et nécessiter deux traitements par semaine, à raison de 25 à 30 piqûres chaque fois. (www.passeportsante.net). Toutefois les données scientifiques concernant ce type de traitement ne sont pas encore suffisantes. Le Journal of Clinical Investigation a récemment publié un travail de recherche sur le potentiel anticancéreux de la melittine portée par des nanoparticules (Soman Neelesh R. *et al.*, 2009). Bien que l'étude soit encore à un stade préliminaire, ses effets ont été testés sur des souris à qui l'on avait greffé des cellules cancéreuses humaines (xénogreffe). L'injection de ces nanoparticules de melittine aurait réduit la croissance des tumeurs d'environ 25 %.



Figure 45 : Une abeille en train de piquer du nylon (Bruneau E., 2002).

CONCLUSION

Le miel est donc un composé biologique très complexe, d'une très grande diversité, lui conférant une multitude de propriétés, aussi bien sur le plan nutritionnel que sur le plan thérapeutique. La consommation régulière de miel est une très bonne attitude car le miel représente une grande source d'énergie, d'oligoéléments, de vitamines etc. Concernant son utilisation thérapeutique, l'application de miel sur divers types de plaies est maintenant bien répandue dans le monde ; elle reste toutefois encore peu utilisée en France. On ne connaît pas encore précisément toutes les composantes antibactériennes du miel. On peut cependant déjà citer : l'osmolarité (due à sa forte teneur en sucre), le pH acide (constituant un milieu défavorable à la prolifération bactérienne), le peroxyde d'hydrogène (libéré de façon lente et prolongée au sein du miel), les facteurs phytochimiques, comme la défensine-1 (petit peptide possédant un large spectre antimicrobien), et le MGO (antibactérien présent notamment dans le miel de manuka). Il n'est pas facile de quantifier la contribution de ces différents facteurs car ils peuvent avoir une activité redondante, être mutuellement dépendants, ou avoir une activité additive ou synergique selon l'espèce bactérienne ciblée. Toutefois, le spectre d'activité antibactérien du miel est large et semble couvrir en particulier tous les germes mis en causes dans les infections cutanées. C'est pourquoi, le miel est de plus en plus utilisé pour son pouvoir antibactérien et cicatrisant au niveau des plaies. Il est peu onéreux, efficace, et les situations dans lesquelles il est déconseillé sont rares. Avec la mise en place de projets de recherche sérieux et le développement de miels présentant des qualités médicales, l'utilisation de celui-ci pour la cicatrisation des plaies pourrait entrer dans les mœurs au même titre que les autres produits cicatrisants. On peut cependant se poser un certain nombre de questions, à savoir :

Est-il possible d'obtenir un miel de qualité médicale constante dans le temps ?

En effet, la composition qualitative dépend de nombreux facteurs (nature de la flore visitée et du sol, conditions météorologiques lors de la miellée, race des abeilles, état physiologique de la colonie, etc.). L'utilisation de ruches implantées sous des serres pourrait être une solution pour obtenir un miel de composition qualitative constante et en grande quantité.

La stérilisation du miel aux rayons gamma détruit-elle certains composés du miel ?
L'utilisation d'une grande quantité de produits chimiques en agriculture menace-t-elle les populations d'abeille et nuit-elle à la qualité des miels produits ?

Nous pouvons objectivement penser que l'utilisation et la commercialisation de nouveaux produits médicaux à base de miel vont permettre d'apporter, grâce à des bases scientifiques solides, des arguments sérieux en faveur de l'utilisation du miel dans le monde médical (figure 46).



Figure 46 : Affiche publicitaire « Pastilles au miel » (Darmand G.)

BIBLIOGRAPHIE

- ASSIE B., DESCOTTES B. (dir.). *Le miel comme agent cicatrisant*. 115 p. Thèse d'exercice : Médecine. Toulouse : Toulouse III : 2004.
- BARBANCON J.-M. Soigner et protéger les abeilles. *In Le traité rustica de l'apiculture*. Paris, Rustica, 2002, p. 86-118.
- BENGSCHE E. La gelée royale : une substance parfaite. *Apithérapie : la science de l'abeille pour l'énergie et le bien-être*, 1997, n°57950, p. 71-75.
- BERA A., ALMEIDA-MURADIAN L.B., SABATO S.F. Effect of gamma radiation on honey quality control. *Radiation physics and chemistry*, 2009, vol. 78, n°7-8, p. 583-584.
- Dr BERGER. Le venin d'abeille, médicament et traitement. *Apithérapie : la science de l'abeille pour l'énergie et le bien-être*, 2000, n°0704G79436, p. 15-19.
- BONNAFFE P. Bien gérer son exploitation. *In Le traité rustica de l'apiculture*. Paris, Rustica, 2002, p. 354-384.
- BRUNEAU E. Les produits de la ruche. *In Le traité rustica de l'apiculture*. Paris, Rustica, 2002, p. 354-384.
- BRUNETON J. *Plantes toxiques, végétaux dangereux pour l'homme et les animaux*. Paris, Lavoisier, 1996. 529 p.
- Pr. CHAUVIN R. Le pollen. *Apithérapie : la science de l'abeille pour l'énergie et le bien-être*, 1997, n°57950, p. 64-65.
- CLEMENT H. *L'abeille sentinelle de l'environnement*. Paris, Alternatives, 2009, 144 p.
- CLEMENT H., *Guide des miels*. Paris, Rustica, 2002, 64 p.
- DESCOTTES B. Cicatrisation par le miel, l'expérience de 25 ans. *Phytothérapie*, 2009, vol. 7, n°2, p. 112-116.
- DESCOTTES B. Miel et cicatrisation. *Apithérapie : la science de l'abeille pour l'énergie et le bien-être*, 1997, n°57950, p. 33-40.

- DOMEREGO R. Les recherches actuelles sur les produits de la ruche à vocation thérapeutique. *Apithérapie : la science de l'abeille pour l'énergie et le bien-être*, 1997, n°57950, p. 66-69.
- DOMEREGO R. Santé, bien-être, apithérapie. *In Le traité rustica de l'apiculture*. Paris, Rustica, 2002, p. 390-416.
- Dr DUBOIS. Les produits de la ruche dans la médecine d'aujourd'hui. *Aujourd'hui l'apithérapie*, 1987, supplément n°465, p. 13-15.
- DUTAU G. et RANCE F. Allergies au miel et aux produits de la ruche. *Revue française d'allergologie*, 2009, vol. 49, suppl. 1, p. 16-22.
- FAULIOT L. La propolis produit de la ruche. *Apithérapie : la science de l'abeille pour l'énergie et le bien-être*, 1997, n°57950, p. 6-8.
- FERT G. Installer son rucher et s'équiper. *In Le traité rustica de l'apiculture*. Paris, Rustica, 2002, p. 226-260.
- FRONTY L. *Le miel et ses bienfaits*. Paris, Flammarion, 2008. 86 p.
- GARCIA S., BARRACO M., ADRIA M. A. [et al.]. Interpretation of rheogrammic functions in holm oak honey. *S.T.P. PHARMA*, 1986, vol. 2, n°15, p. 307-312.
- GENOT C., EYMARD S., VIAU M. Comment protéger les acides gras polyinsaturés à longues chaînes oméga 3 vis-à-vis de l'oxydation ? *Oléagineux, corps gras, lipides*, 2004, vol. 11, n°2, p. 133-141.
- Pr GIRAULT. Effets du miel sur les métabolismes glucidiques et lipidiques. *Apithérapie : la science de l'abeille pour l'énergie et le bien-être*, 1997, n°57950, p. 42-51.
- GOETE P. Le miel comme traitement local désinfectant et cicatrisant des plaies. *Phytothérapie*, 2009, vol. 7, n°2, p. 91-93.
- GONNET M., VACHE G. Le miel. *Aujourd'hui l'apithérapie*, 1987, supplément n°465, p. 20-21.
- Dr HAKIM H. Les produits de la ruche contre le vieillissement. *Apithérapie : la science de l'abeille pour l'énergie et le bien-être*, 2000, n°0704G79436, p. 44-45.
- Dr HAKIM H. La prévention du cancer par l'alimentation et le rôle des produits de la ruche... *Apithérapie : la science de l'abeille pour l'énergie et le bien-être*, 2000, n°0704G79436, p. 32-33.

- HUTT N., DE BLAY F., HOYET C. [et al.]. Allergie alimentaire par ingestion de pelotes de pollen. *Revue française d'allergologie et d'immunologie clinique*, 1989, vol. 29, n°3, p. 147-148.
- JONARD L., BANH L., PRESSAC M., JUST J., BAHUAU M. Les défensines en physiopathologie humaines. *Revue générale et analyse prospective IBS*, 2006, vol. 21, n°6, p. 342-347.
- KING L.-A., POPOFF M.-R., MAZUET C. [et al.]. Le botulisme infantile en France. *Archives de pédiatrie*, 2010, vol. 17, n°9, p. 1288-1292.
- KWAKMAN P. H., Te VELDE A. A., De BOER L. [et al.]. How honey kills bacteria. *FASEB journal*, 2010, vol. 24, n°7, p. 2576-2581.
- LACHMAN J., ORSAK M., HEJTMANKOVA A., KOVAROVA E. Evolution of antioxidant activity and total phenolics of selected Czech Honeys. *Food Science and Technology*, 2010, vol.43, n°1, p. 52-58.
- LE CONTE Y. Mieux connaître l'abeille. In *Le traité rustica de l'apiculture*. Paris, Rustica, 2002, p.12-51.
- LE CONTE Y. La vie sociale de la colonie. In *Le traité rustica de l'apiculture*. Paris, Rustica, 2002, p. 54-83.
- LECERF J.-M. Effets métaboliques du fructose et du miel. *Phytothérapie*, 2009, vol.7, n°2, p. 83-86.
- LEFIEF-DELCOURT A. *Le miel malin*. Paris, Leduc.s, 2010, 176 p.
- LEGRAND J.-J. Les abeilles sont-elles les cosmétologues du règne animal. *Aujourd'hui l'apithérapie*, 1987, supplément n°465, p. 48.
- MARCHENAY P. et BERARD L. *L'homme, l'abeille et le miel*. Paris, De Borée, 2007, 223 p.
- MEDA A., LAMIEN C. E., MARCO R. [et al.]. Determination of the total phenolic, flavonoïde and proline contents in Burkina Fasan honey, as well as their radical scavenging activity. *Food Chemistry*, 2005, vol. 91, n°3, p. 571-577.
- MILLET J. Matières premières produites par l'abeille. In *Actifs et additifs en cosmétologie*, Paris, Lavoisier, 2006, p. 335-363.
- PHAM-DELEGUE M.-H. *Les abeilles*. Genève, Minerva, 1999, 206 p.

- RAYNAL-ROQUES A. *La botanique redécouverte*. Paris, 1994, Belin, 1994, 511 p.
- Dr SABLE. Propriétés, valeur nutritionnelle et diététique du miel, cas du miel de tournesol. *Apithérapie : la science de l'abeille pour l'énergie et le bien-être*, 1997, n°57950, p. 25-32.
- SNOWDON J. A., CLIVER D. O. Microorganisms in honey. *International journal of Microbiology*, 1996, vol. 31, n°1-3, 1996, p. 1-26.
- SOMAN N. R., BALDWIN S. L., Hu G. [et al.]. Molecularly targeted nanocarriers deliver the cytolytic peptide melittin specifically to tumor cells in mice, reducing tumor growth. *The Journal of Clinical Investigation*, 2009, vol. 119, n°9, p. 2830-2842.
- VAISSIERE B. La pollinisation. In *Le traité rustica de l'apiculture*. Paris, Rustica, 2002, p. 122-152.
- VON FRISCH K. Les insectes maîtres de la terre? Paris, Flammarion, 1976, 243 p.

❖ Sites internet :

- ADVANCIS Médical. *Le soin des plaies complexes et chroniques* [en ligne]. 2011. Disponible sur : www.advancis.co.uk (consulté le 29.01.2011).
- BECKER A. *L'apithérapie* [en ligne]. 2010. Disponible sur : www.cetam.info/site/2010/07/28/lapitherapie/ (consulté le 29.01.2010).
- BOGDANOV S., BIERI K. KERSULEC B. [et al.]. *23A Miel*. 2004. Disponible sur : www.Produitsapicoles23Amiel.fr (consulté le : 28.01.2011).
- DODIN A., BLANCHET C. *L'apithérapie* [en ligne]. 2009. Disponible sur : www.passeportsante.net/fr/Therapies/Guide/Fiche.aspx?doc=apitherapie_th (consulté le 29.01.2010).
- DONADIEU Y. *Miel* [en ligne]. 2001-2008. Disponible sur: www.01sante.com (consulté le 28.01.2011).
- EIJK W. van, GROENHART O. *Sweet after acid* [en ligne]. 2010. Disponible sur: www.bfactory.nl/artikelen/Revamil_honey_gel.pdf (consulté le 07.02.2011).

- HUCHET E., COUSTEL J., GUINOT L. *Les constituants du miel* [en ligne]. 1996. Disponible sur : www.beekeeping.com/articles/fr/chimie_miel.htm (consulté le 28.01.2011).
- INAO. *Institut national de l'origine et de la qualité* [en ligne]. 2010. Disponible sur : www.inao.gouv.fr (consulté le 28.01.2011).
- LABORATOIRE AGUETTANT. *ACTRYS®* [en ligne]. 2011. Disponible sur : www.vdb-medical.be/News/ACTRYS/tabid/78/language/en-US/Default.aspx (consulté le 29.01.2011).
- LABORATOIRE ARKOPHARMA. *Cicamiel* [en ligne]. 2011. Disponible sur : www.arkopharma.fr/produits/complements-alimentaires/arko-royal-cicamiel.html (consulté le 29.01.2011).
- LABORATOIRES DERMATHERM. *Purcare* [en ligne]. 2011. Disponible sur : www.dermatherm.fr/reparer/purcare.html (consulté le 28.01.2011).
- LABORATOIRES GILBERT. *DOLOAPHTE®* [en ligne]. 2011. Disponible sur : www.labo-gilbert.fr/Doloaphte-gel-10ml.html (consulté le 29.01.2011).
- LABORATOIRE MEDIHONEY. *Antibacterial wound gel* [en ligne]. 2000-2005. Disponible sur : www.medihoney.com/ukeuro_default.htm (consulté le 29.01.2011).
- LABORATOIRE du SOLVIREX. *Revamil®Wound Care* [en ligne]. 2010. Disponible sur : www.revamil.com (consulté le 14.01.2011).
- LAVOIE C. *Miel* [en ligne]. 2006. Disponible sur : www.passeportsante.net (consulté le 28.01.2011).
- MASSON M. *Le miel un antibiotique naturel* [en ligne]. 2002. Disponible sur : www.radio-canada.ca/actualite/decouverte/reportages/2002/10-2002/13oct2002/miel.html (consulté le 28.01.2010).
- MELIPHARM. *Miel cicatrisant antimicrobien* [en ligne]. 2010. Disponible sur : www.melipharm.com/produit (consulté le 29.01.2011).
- MIRAGLIO A. M. *Honey-Health and therapeutic qualities* [en ligne]. 2003. Disponible sur : <http://www.biologiq.nl/UserFiles/Compendium%20Honey%202002.pdf> (consulté le 28.01.2011).

- NOLTE C., BRULLAND J., GUINOT L. *Marché français du miel* [en ligne]. 2005. Disponible sur : www.epices-comores.com/pdf_doc_gie/CCI_Miel.pdf (consulté le 28.01.2011).
- VIDAL-NAQUET N. *Un cas d'intoxication au miel* [en ligne]. 2008. Disponible sur : www.apivet.eu/2008/01/un-cas-dintoxic.html (consulté le 28.01.2011).
- WARRE E. *Faux bourdon-Abeille mâle* [en ligne]. 2006-2010. Disponible sur : www.apiculture-populaire.com/apiculture-pour-tous/chap-56.html (consulté le 28.01.2011).
- WARRE E. *Valeur du miel* [en ligne]. 2006-2010. Disponible sur : www.apiculture-populaire.com/apiculture-pour-tous/chap-56.html (consulté le 28.01.2011).

TABLE DES MATIERES

Sommaire	1
Introduction	2
Chapitre I : L'abeille dans la classification des Insectes	5
Chapitre II : Connaissance de l'abeille	8
1. La reine ou mère	9
2. Le mâle ou faux bourdon	12
3. La reproduction chez les abeilles	13
3.1. La reproduction sexuée	13
3.2. La parthénogénèse	14
4. L'abeille ouvrière	15
4.1. Les missions de l'ouvrière	17
4.2. L'ouvrière d'hiver	21
5. L'essaimage	22
6. Le langage des abeilles	23
6.1. Les phéromones de la reine	23
6.2. Les phéromones des ouvrières	25
6.3. Les phéromones du couvain	25
6.4. Les phéromones des mâles	26
Chapitre III : Les abeilles et les fleurs	27
1. Des sens développés	29
2. Orientation	30
3. La danse	32
4. Les aliments récoltés par l'abeille	33
4.1. Le nectar des fleurs	33
4.2. Le pollen	34
4.3. Le miellat	35
4.4. L'eau	36
4.5. La propolis	36
5. Élaboration du miel à partir du nectar	36
6. Pollinisation	37

7. La flore mellifère.....	39
7.1. Principaux miel monofloraux.....	39
7.2. Principaux miel polyfloraux.....	40
Chapitre IV : L'apiculture.....	41
1. Les différents types de ruches.....	42
2. Le matériel apicole.....	45
2.1. L'enfumeur.....	45
2.2. La tenue de protection.....	46
2.3. Le lève-cadre et la brosse.....	46
3. La récolte du miel.....	47
4. La transhumance.....	49
5. L'apiculture en France.....	50
6. Importation de miel.....	51
Chapitre V : Composition et caractéristiques du miel.....	53
1. La composition du miel.....	54
2. Cas particuliers des miels toxiques.....	60
3. Principales différences entre miels de nectar et de miellat.....	61
4. Caractères physico-chimiques du miel.....	62
4.1. La densité.....	62
4.2. La viscosité.....	62
4.3. La solubilité.....	63
4.4. La coloration.....	63
4.5. Le pH.....	63
4.6. La conductibilité éclectique.....	63
4.7. L'indice de réfraction.....	64
4.8. L'hygroscopie du miel.....	64
5. Vieillessement du miel.....	64
5.1. La cristallisation.....	64
5.2. La Fermentation.....	65
5.3. Autres modifications liées.....	66
5.4. Conservation du miel.....	66
5.5. Connaître la stabilité du miel.....	67
6. Normes de qualité et d'appellation du miel.....	68
7. Micro-organismes du miel.....	70
8. Décontamination du miel.....	71

Chapitre VI : Les propriétés du miel	72
1. Valeurs nutritionnelles et diététiques communes à tous les miels.....	73
1.1. Le miel, un aliment pour les jeunes.....	73
1.2. Un aliment pour les personnes âgées.....	75
1.3. Un aliment pour les sportifs.....	76
1.4. Un aliment pour les personnes diabétiques ?.....	76
1.5. Conclusion.....	77
2. Propriétés thérapeutiques et pharmacologiques du miel.....	77
2.1. Propriétés reconnues en thérapeutiques.....	77
2.1.1. Activité antibactérienne du miel.....	77
2.1.1.1. L'osmolarité.....	78
2.1.1.2. Le pH acide.....	78
2.1.1.3. Le système peroxyde d'hydrogène (inhibine).....	79
2.1.1.4. Des facteurs phytochimiques.....	80
2.1.1.5. La défensine-1.....	81
2.1.1.6. Le méthylglyoxal (MGO).....	81
2.1.2. Etudes bactériologiques.....	82
2.1.2.1. Antibiogrammes.....	82
2.1.2.2. Etudes sur microplaque.....	85
2.1.2.3. Spectre antibactériens.....	86
2.1.3. Les propriétés cicatrisantes.....	87
2.1.4. Le miel à l'hôpital.....	88
2.2. Autres propriétés attribuées au miel.....	92
3. Propriétés et indications plus spécifique des miels unifloraux.....	97
4. Tout le monde peut- il prendre du miel ?.....	100
5. Comment prendre le miel.....	100
6. Le miel à l'officine.....	101
7. Allergies au miel.....	103
8. Applications cosmétiques.....	104
Chapitre VII : Les autres produits de la ruche	105
1. La cire.....	106
2. Le pollen.....	107
3. La propolis.....	109
4. La gelée royale.....	111
5. Le venin.....	115

Conclusion	118
Bibliographie	120
Tables des Matières	126
Tables des figures	130
Tables des tableaux	132

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Scène de récolte du miel dans l’Egypte antique	2
Figure 2 : Toile représentant Louis XII entrant dans Gènes, en 1499	3
Figure 3 : <i>Apis mellifera</i> dans la classification systématique.....	7
Figure 4 : La reine, l’ouvrière et le mâle.....	9
Figure 5 : De l’œuf à la reine.....	10
Figure 6 : Appareil génital de la reine.....	11
Figure 7 : Deux cellules royales operculées	11
Figure 8 : De l’œuf au faux bourdon.....	12
Figure 9 : La reproduction des abeilles.....	15
Figure 10 : De l’œuf à l’ouvrière.....	15
Figure 11 : Les principaux organes de l’ouvrière.....	16
Figure 12 : Tête de l’ouvrière.....	17
Figure 13 : Deux abeilles pratiquant la trophallaxie	19
Figure 14 : Emploi du temps de l’ouvrière.....	20
Figure 15 : Courbes isothermes à l’intérieur d’une ruche.....	21
Figure 16 : Une ouvrière en train de butiner.....	29
Figure 17 : Les couleurs vues par l’homme et par l’abeille.....	30
Figure 18 : L’orientation des abeilles.....	31
Figure 19 : La récolte du pollen par une ouvrière.....	35
Figure 20 : Différents modèles de ruches.....	42
Figure 21 : Ruche de type Dadant.....	43
Figure 22 : Un rucher.....	44
Figure 23 : Un enfumoir.....	45
Figure 24 : Une tenue d’apiculteur.....	46
Figure 25 : Les outils de l’apiculteur.....	47
Figure 26 : Photos représentant un maturateur et la mise en pot de miel.....	48
Figure 27 : Stockage du miel.....	49

Figure 28 : Ruches regroupées par 4 sur des palettes pour la transhumance.....	50
Figure 29 : Photos représentant une larve d'abeille contaminée par l'acarien <i>Varroa jacobsoni</i> (à gauche), et ce même acarien à plus fort grossissent (à droite).....	51
Figure 30 : Composition du miel.....	54
Figure 31 : Quantité totale de polyphénols contenue dans différentes variétés de miel..	58
Figure 32 : Miel fermenté.....	66
Figure 33 : Activité enzymatique de la gluco-oxydase.....	80
Figure 34 : Antibiogramme visant à tester la sensibilité du <i>Staphylococcus aureus</i> vis-à-vis du miel de thym.....	83
Figure 35 : Microplaque.....	85
Figure 36 : Activité antibactérienne du miel de thym.....	86
Figure 37 : Brûlure du 2 ^{ème} degré avant et après traitement par le miel.....	88
Figure 38 : Mise en évidence d'une souche de <i>Bacillus cereus</i> dans du miel de thym grâce à une culture sur gélose et a une galerie d'identification biochimique.....	90
Figure 39 : Miel utilisé au CHU de Limoges.....	91
Figure 40 : Photos représentant un cadre contenant de la cire (à gauche), et des petits copeaux de cire (à droite).....	107
Figure 41 : Photos représentant une trappe à pollen (à gauche), et une cuillère à soupe avec des pelotes de pollens (à droite).....	109
Figure 42 : Photos représentant une abeille transportant de la propolis (à gauche), et des cadres recouverts de propolis (à droite).....	111
Figure 43 : Récolte de la gelée royale.....	113
Figure 44 : Photos représentant une cellule royale contenant une larve de reine (à gauche), et un petit pot de gelée royale (à droite).....	115
Figure 45 : Une abeille en train de piquer du nylon.....	117
Figure 46 : Affiche publicitaire « Pastilles au miel ».....	119

TABLES DES TABLEAUX

Tableau 1 : Principaux sels minéraux et oligo-éléments présents dans le miel.....	57
Tableau 2 : Principales différences entre miel de miellat et miel de nectar.....	62
Tableau 3 : Principales limites légales et conseillées.....	68
Tableau 4 : Détermination de l'activité antibactérienne de différents miels.....	84

ROSSANT Alexandra (2011)

Le miel, un composé complexe aux propriétés surprenantes. Nb de pages : 132
Honey, a complex compound with surprising properties

RESUME :

Depuis la nuit des temps, butinant inlassablement de fleurs en fleurs, l'abeille assure un service de pollinisation unique, et participe activement à développer et à sauvegarder la biodiversité. De plus, les abeilles mellifères élaborent le miel à partir du nectar de fleurs ou du miellat, qu'elles recueillent, emmagasinent dans leur jabot, transforment et laissent mûrir dans les rayons de la ruche. Ce produit complexe, d'une extrême richesse, possède de nombreuses propriétés aussi bien nutritionnelles que cosmétiques et thérapeutiques. Il a été démontré que le miel possède notamment, des propriétés antibactériennes, trophiques et cicatrisantes. Son spectre d'activité antibactérien est large et semble couvrir en particulier tous les germes impliqués dans les infections cutanées. Peu onéreux, efficace, il ne présente quasiment pas d'effets secondaires. Avec l'avancée des recherches et le développement de miels présentant des qualités médicales, l'utilisation de celui-ci en particulier pour favoriser la cicatrisation des plaies pourrait entrer dans les mœurs.

SUMMARY:

In the mists of time, gathering flowers and flowers tirelessly, the bee provides a unique pollination service, and participates actively in developing and preserving biodiversity. In addition, the honey bees elaborate honey from flower nectar or honeydew, which they collect, store in their jabs, transform and let mature in the honeycombs. This complex product, extremely wealth, possesses many properties as well as cosmetic, nutritional and therapeutic. It has been proved that honey has also antibacterial, trophic and healing properties. Its antibacterial activity spectrum is broad and seems to cover all the germs particularly implicated in skin infections. Inexpensive, efficient, it doesn't have many secondary effects. With the advanced research and the development of honey with medical qualities, the use of it to facilitate the healing of wounds will become more accepted.

DISCIPLINE : Pharmacie

MOTS-CLES : Miel, abeille, pollinisation, cicatrisation, activité antibactérienne.

ADRESSE DE L'UFR :

Faculté de Pharmacie, 2 rue du Docteur Marcland, 87025 LIMOGES Cedex