HAL
open science

La disparition des abeilles : quelles conséquences pour nous ?

Charlotte Debuysscher

To cite this version:

Charlotte Debuysscher. La disparition des abeilles : quelles conséquences pour nous ?. Sciences pharmaceutiques. 2018. dumas-02007952

HAL Id: dumas-02007952

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02007952

Submitted on 5 Feb 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITE DE PICARDIE JULES VERNE

UFR DE PHARMACIE D'AMIENS

Thèse

Pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie

Soutenue publiquement le 18 mai 2018

Par Charlotte Debuysscher

La disparition des abeilles : quelles conséquences pour nous ?

JURY

Président : Monsieur Guillaume Decocq, Professeur des universités-praticien hospitalier

Membres : Madame Déborah Closset-Kopp, Maître de conférences

Madame Laëtitia Buschinski, Docteur en pharmacie

Thèse n°

Remerciements

À Moniseur Guillaume Decocq, professeur des universités-praticien hospitalier à l'UFR de pharmacie d'Amiens. Merci d'avoir accepté de présider le jury de ma thèse.

À Madame Déborah Closset-Kopp, maître de conférences à l'UFR de pharmacie d'Amiens. Vous m'avez fait l'honneur d'accepter de suivre mon travail durant la réalisation de cette thèse et de la corriger. Veuillez trouver ici l'expression de toute ma reconnaissance.

À Madame Laëtitia Buschinski, docteur en pharmacie. Merci d'avoir accepté d'être membre de mon jury, j'en suis très touchée. Merci pour toutes les connaissances et les expériences professionnelles que tu me transmets tous les jours à la pharmacie.

À Monsieur Philippe Becquet, apiculteur à Toutencourt. Merci pour le temps que vous m'avez consacré à répondre à mes questions au cours de notre entretien et de m'avoir montré les locaux pour la réalisation de votre travail.

À mes parents. Merci pour votre soutien sans faille tout au long de mon parcours scolaire. Merci pour votre patience et pour tous vos conseils qui m'ont beaucoup aidée.

À mes sœurs Marie et Astrid et mon frère Gauthier. Merci pour votre soutien et vos encouragements qui n'ont jamais cessé tout au long de mes études. Merci Marie pour ton aide précieuse que tu m'as apportée tout au long de cette thèse, pour ton œil littéraire sur la construction du plan, pour la relecture et la correction de certains passages.

À Yan, merci cher beau-frère pour ton aide informatique qui m'a permis de me lancer dans la rédaction.

À mes grands-parents, pour leur soutien et leur amour depuis toujours. Cette thèse je vous la dédie.

À toute ma famille, vous avez toujours suivi avec intérêt mon parcours universitaire et l'avancée de ma thèse. Merci pour votre attention et vos encouragements. Je remercie tout particulièrement Nicolas pour cette matinée passée autour des ruches, Cécile pour la

relecture et la correction de cette thèse et Isabelle pour la correction du résumé en anglais.

À Sébastien.

À mes meilleurs amis, Thibaut et Harmony. À notre amitié sincère qui a grandi depuis le lycée pour devenir plus forte année après année. Merci d'être là, dans les bons moments et ceux plus difficiles. J'espère simplement que cette amitié restera ainsi.

À Marie, à Céline, à Amélie, à Hélène et à tous les copains de pharma, à tous nos bons moments depuis quelques années déjà.

À tous les membres de l'harmonie de Naours, pour les bons moments passés en musique.

À tous les membres de l'Amicale des Anciens Déportés de Neu-Stassfurt.

À tout le personnel de la pharmacie Le Nancq, merci pour votre accueil lors de mon stage de sixième année et pour toutes les connaissances que j'ai apprises auprès de vous.

À tout le personnel des pharmacies Loriot puis Louvet auprès de qui j'ai commencé à travailler durant mes études.

À Michèle, pour m'avoir guidée et formée notamment à la réalisation des préparations lors mon premier stage.

À Madame Carpentier, à Sylvie, à Laëtitia et à Brigitte, merci pour vos encouragements durant la rédaction de cette thèse.

Sommaire

INTRODUCTION....7
I.PARTIE 1 : LES ABEILLES....8
I.A) Présentation des abeilles....8
I.A.1 Classification....8
I.A.2 Généralités sur la vie de la ruche....9
a)Le couvain....10
b)La reine....11
c)Les ouvrières....12
d)Les faux-bourdons....12
I.B) Le déclin des populations d'abeilles....13
I.B.1 État des lieux....13
I.B.2 Le CCD....15
I.B.3 Les causes impliquées dans la disparition des abeilles....16
a)Les agents biologiques....16
b)Les agents chimiques....26
c)Les causes environnementales....39
d)Les causes apicoles....44
I.C) Le rôle écologique des abeilles et les ressources qui en découlent pour les hommes....47
I.C.1La pollinisation....47
a)Définition....47
b)Les différents intervenants dans la pollinisation croisée....48
c)Le rôle des abeilles dans la pollinisation croisée des plantes à fleurs....50
d)L'importance de la pollinisation croisée....52
I.C.2Conséquences de la disparition des abeilles sur la diversité des végétaux : impacts écologiques et économiques....53
I.C.3Impacts d'une diminution des ressources végétales alimentaires sur la santé des hommes (suite à la disparition des abeilles)....58
II. PARTIE 2 : LES PRODUITS DE LA RUCHE, UTILES COMME RESSOURCES POUR LES HOMMES....63
II.A)Le miel....63
II.A.1Origine....63
II.A.2Composition....64
II.A.3Utilisations par les abeilles....65
II.A.4Propriétés et utilisations par les hommes....65

II.B)Le pollen....71
II.B.1Origine....71
II.B.2Composition....72
II.B.3Utilisations par les abeilles....73
II.B.4Propriétés et utilisations par les hommes....74
II.C)La gelée royale....78
II.C.1Origine....78
II.C.2Composition....78
II.C.3Utilisations par les abeilles....79
II.C.4Propriétés et utilisations par les hommes....80
II.D)La propolis....83
II.D.1Origine....83
II.D.2Composition....84
II.D.3Utilisations par les abeilles....84
II.D.4Propriétés et utilisations par les hommes....85
II.E)Le venin d'abeille....88
II.E.1Origine....88
II.E.2Composition et propriétés....88
II.E.3Utilisations par les abeilles....89
II.E.4Propriétés et utilisations par les hommes....90
II.F)La cire....95
II.F.1Origine....95
II.F.2Composition....95
II.F.3Utilisations par les abeilles....95
II.F.4Propriétés et utilisations par les hommes....96
III.PARTIE 3 : ENTRETIEN AVEC UN APICULTEUR....99
CONCLUSION....103
LISTE DES ABRÉVIATIONS....106
BIBLIOGRAPHIE....107

INTRODUCTION

Les abeilles ont toujours été pour moi des insectes fascinants ; étant sensibilisée au respect de la nature et de l'environnement, je voulais que ma thèse aborde ce thème de l'écologie en intégrant les abeilles.

Le phénomène de la disparition des abeilles dont on entend régulièrement parler dans les médias m'intriguait et je voulais en savoir plus là-dessus, notamment quelles seraient les conséquences sur la Terre si les abeilles venaient effectivement à s'éteindre.

De plus, je suis intéressée par les médecines douces. Au cours de mes études de pharmacie, j'ai notamment acquis quelques connaissances en homéopathie, phytothérapie et aromathérapie mais malheureusement aucune sur la possibilité de soigner avec les produits de la ruche ; rédiger ma thèse sur les abeilles m'offrait donc la possibilité de découvrir l'apithérapie. En effet, je pense que les produits de la ruche peuvent être une alternative thérapeutique (soit en première intention ou en complément) pour certaines pathologies. D'ailleurs, de par les nutriments qu'ils contiennent, ils pourraient de ce fait être utilisés dans le cadre d'une alimentation équilibrée, pour le maintien d'une bonne santé.

Dans un premier temps, nous aborderons les causes de la disparition des abeilles ainsi que les conséquences écologiques qui en découleraient. Nous exposerons ensuite les différents produits de la ruche qui existent et leurs intérêts, notamment en apithérapie. Enfin, nous verrons le point de vue d'un apiculteur.

I. PARTIE 1 : LES ABEILLES

I.A) Présentation des abeilles

I.A.1 Classification

Les premières abeilles sont apparues il y a environ cent millions d'années, après l'apparition des plantes à fleurs. Les abeilles actuelles descendent de ces ancêtres (1).

Les abeilles appartiennent à l'Embranchement des arthropodes et à la Classe des insectes. Leur Ordre est celui des hyménoptères, comme pour les guêpes et les fourmis. Les abeilles sont ensuite classées dans la superfamille des *Apoidea* puis dans la famille des *Apidae* (2). Toutes les abeilles appartiennent à cette famille mais la majorité d'entre elles ne produisent pas de miel. Il existe environ 20 000 espèces d'abeilles connues dans le monde et peut-être plus encore, dans la mesure où il reste certainement des espèces à découvrir en Afrique et en Asie (3).

Les Apidées peuvent être considérées comme « sauvages » dans la nature sans aucune intervention de l'homme ou comme « domestiques » lorsqu'elles vivent dans des ruches entretenues par l'homme. Il ne faut cependant pas considérer les abeilles comme étant des animaux domestiqués par l'homme.

Les abeilles ciblées dans mon sujet de thèse appartiennent au genre *Apis.* Il regroupe des espèces d'abeilles sociales et produisant du miel (comme *Apis mellifera*, *Apis cerana*, *Apis dorsata,* etc.) (1). Actuellement, on considère que le genre Apis compte neuf espèces d'abeilles. *Apis mellifera* est la plus répandue en Europe et dans le monde, c'est la plus intéressante pour l'apiculture (2). *Apis mellifera* signifie abeille qui porte le miel, c'est Carl Von Linné qui lui a donné ce nom. Plus tard, il s'est rendu compte qu'en réalité elle ne transporte pas le miel mais le fabrique. Il la rebaptisa donc en 1761 *Apis mellifica*, l'abeille qui fabrique le miel. Toutefois dans les règles de la nomenclature c'est le premier nom qui a été donné qui est conservé, c'est donc la dénomination *Apis mellifera* qu'il faut utiliser pour l'abeille domestique ou abeille mellifère (4).

Parmi les espèces, il existe des sous-espèces. Notamment pour l'espèce *Apis mellifera*, il existe plus d'une vingtaine de sous-espèces appelées races ou écotypes. En Europe, les races les plus courantes d'*Apis mellifera* sont *Apis mellifera carnica* ou abeille

carniolienne, *Apis mellifera ligustica*, l'abeille italienne, *Apis mellifera caucasica,* l'abeille caucasienne, et *Apis mellifera mellifera*, aussi nommée l'abeille noire, la plus courante en France (2). Ces écotypes sont bien adaptés à leurs écosystèmes et leurs flores mellifères, ils se distinguent par des caractéristiques morphologiques ainsi que par des aires géographiques différentes. Certains écotypes se sont croisés entre eux, soit naturellement, soit par les apiculteurs (par exemple en introduisant dans le rucher une jeune reine sélectionnée provenant d'une autre sous-espèce), pour améliorer certaines caractéristiques et être mieux adaptées à leur environnement. Certaines abeilles d'un écotype d'origine disparaissent donc suite à un mélange avec des abeilles venues d'ailleurs qui leurs font perdre leurs caractères propres (1,4,5).

Au cours de ce travail, sauf précision de ma part, lorsque je ferai référence aux abeilles, il sera question des abeilles appartenant à l'espèce *Apis mellifera*.

I.A.2 Généralités sur la vie de la ruche

Les abeilles qui produisent du miel, *Apis mellifera,* vivent en colonie. Ce sont des insectes sociaux. Les individus formant cette société interagissent entre eux et forment une société très organisée. Le travail est réparti et les tâches de chacun des individus changent au cours de la vie de l'abeille ouvrière. Les différents individus qui composent la ruche seraient incapables de vivre et de faire survivre la colonie s'ils étaient seuls.

Les occupants de la ruche sont la reine, les ouvrières, les faux-bourdons et le couvain. Ainsi, selon les périodes de l'année, il peut y avoir de 20 000 à 80 000 abeilles dans une ruche, la plus grande partie correspond aux ouvrières, ensuite ce sont entre 1 000 et 4 000 mâles qui peuvent être présents et enfin, il n'y a qu'une seule reine (voire temporairement plusieurs au moment des essaimages). Concernant le couvain, la reine peut pondre jusqu'à 1 500 à 2 000 œufs au maximum par jour et jusqu'à 200 000 œufs par an (2). Ces individus qui composent la ruche sont morphologiquement différents (figure 1) et ont des rôles distincts au sein de la colonie.

Figure 1 : ouvrière (en haut), reine (au milieu), faux-bourdon (en bas) (6)

a) Le couvain

Le couvain regroupe l'ensemble des œufs, larves et nymphes. La reine pond les œufs et ce sont ensuite certaines ouvrières qui s'occupent du couvain et le nourrissent. Le couvain est généralement situé au centre du rayon et au centre de la ruche. Il se développe à une température optimale d'environ 35°C.

En fonction de l'individu à naître, le temps de développement sera différent. Que ce soit pour une reine, une ouvrière ou un mâle, le stade de l'œuf est identique et dure trois jours. Ce sont les durées des stades larvaires et nymphaux se succédant qui varient. La reine se forme en 16 jours, l'ouvrière en 21 jours tandis que le faux-bourdon met 24 jours pour se former avant de sortir de sa cellule.

Les individus qui naissent dans la colonie sont issus de la reine présente dans la ruche. Seule la reine peut pondre des femelles, ce sont des œufs fécondés qui évolueront soit en de futures ouvrières soit en de futures reines. Le seul facteur déterminant l'évolution de la larve en reine ou en ouvrière est la nourriture qu'elle reçoit. En effet, au-delà du troisième jour du stade larvaire, celle-ci sera différente. Comme nous le reverrons dans la partie sur les produits de la ruche, la larve destinée à devenir reine est nourrie exclusivement avec de la gelée royale alors que les autres larves recevront également du pollen et du miel. De plus, lorsque la reine pond des œufs destinés à devenir reine pour l'un d'entre eux, elle pond dans des cellules spéciales appelées cellules royales. À la différence des femelles, les mâles sont issus d'œufs non fécondés.

Au niveau génétique, l'abeille possède 16 paires de chromosomes et il existe entre 6 et 18 allèles sexuels différents pour le gène de la détermination du sexe. Pour obtenir une femelle (reine ou ouvrière) il faut que les 2 allèles sexuels de l'œuf (présents chacun sur un chromosome : l'un venant d'une reine et l'autre d'un mâle) soient différents ou hétérozygotes. La reine est donc la seule abeille de la colonie à pouvoir donner un œuf diploïde c'est-à-dire ayant les 2 chromosomes de chaque paire (un chromosome venant de la reine et le second d'un mâle). Cet œuf diploïde, hétérozygote au niveau du gène sexuel, évoluera en une femelle. Il peut toutefois arriver que les deux allèles sexuels soient identiques (un des deux allèles sexuels de la reine dans l'ovule est identique à l'allèle sexuel d'un des mâles qui l'a fécondée) cela donnerait alors un œuf mâle diploïde qui est reconnu au stade larvaire par les ouvrières qui le tuent.

La détermination génétique des mâles se fait par la présence d'un seul allèle sexuel. En effet, les faux-bourdons présents dans la colonie sont issus de la reine qui a pondu un œuf non fécondé, ils sont donc haploïdes, c'est-à-dire qu'ils ne possèdent qu'un seul des chromosomes de chaque paire provenant uniquement de la reine. Ceci est possible grâce à la parthénogenèse.

Certaines ouvrières peuvent éventuellement pondre des œufs (ouvrières pondeuses), ces œufs seront toujours des œufs non fécondés qui donneront alors forcément des mâles haploïdes (2).

b) La reine

Il n'y a qu'une seule reine dans la ruche. Celle-ci a été élevée après la mort de la précédente reine ou en cas d'essaimage prévu. Elle est la seule survivante de sa couvée puisqu'étant la première à éclore, elle va tuer ses rivales présentes dans les autres cellules royales pour devenir ainsi la nouvelle et seule reine de la colonie.

Ses deux principales fonctions sont, premièrement de pondre des œufs pour assurer la descendance de la colonie. La reine ne pond pas pendant l'hiver et l'activité de ponte redémarre au printemps. Secondement, la reine régule les activités de la colonie grâce à ses phéromones produites par plusieurs glandes. Ainsi, ces phéromones royales vont influencer la physiologie et le comportement des ouvrières. Quelques abeilles s'occupent constamment de la reine, ce cercle d'ouvrières est appelé « cour de la reine ».

Sauf en cas d'essaimage, la reine ne sortira de la ruche qu'une seule fois dans sa vie et ceci pour se faire féconder lors du vol nuptial, généralement au cours de sa deuxième semaine de vie. Elle rejoint alors un lieu de rassemblement de mâles. La reine est fécondée en plein vol, plusieurs accouplements ont lieu avec différents faux-bourdons, de 8 à 18 en moyenne, et elle retournera à la ruche lorsque sa spermathèque sera pleine. Cette spermathèque correspond à une petite ampoule qui reçoit les spermatozoïdes de ses différents fécondateurs. Ils y seront stockés durant toute la vie de la reine pour lui permettre de féconder ses ovules afin de pondre des œufs femelles. Le fait que la reine se fasse féconder par plusieurs mâles des ruches environnantes permet de limiter la consanguinité en augmentant le brassage génétique. Lorsque cette réserve est vide, la reine ne peut alors pondre que des œufs non fécondés donc des mâles, on parle alors de colonie bourdonneuse. La reine peut vivre de 4 à 5 ans (2).

c) *Les ouvrières*

Les ouvrières travaillent pour le bon fonctionnement de la ruche tout au long de leur vie. Elles peuvent exercer jusqu'à 7 tâches différentes adaptées en fonction de la maturité physiologique de l'abeille mais certaines n'exerceront pas tous les rôles. Selon les besoins de la colonie les ouvrières peuvent rapidement changer de fonctions indépendamment de leur âge.

Ainsi, il existe des ouvrières nettoyeuses qui entretiennent la ruche et des nourrices qui s'occupent du couvain. Certaines ouvrières sont qualifiées d'architectes et de maçonnes en construisant les rayons, en colmatant les trous. D'autres ouvrières sont manutentionnaires, ce sont elles qui récupèrent les denrées que les butineuses sont allées récolter, et qui ensuite s'occupent de la transformation et du stockage de ces aliments. Certaines abeilles ont la fonction de ventileuses et régulent la température de la ruche. Elles peuvent également « battre le rappel » pour regrouper les abeilles lors de l'essaimage. Les ouvrières gardiennes protègent la colonie en se plaçant à l'entrée de la ruche. Enfin, la dernière tâche que peut occuper une abeille, la fonction la plus connue, est celle de butineuse. Elle récolte ainsi tout ce dont la colonie a besoin pour vivre : nectar, pollen, propolis et eau (2,7).

Selon le moment où elles naissent au cours de l'année, les ouvrières auront une durée de vie différente. Ainsi, les abeilles d'été qui naissent au printemps et au cours de l'été sont très actives parce que l'activité de la colonie est très importante. Elles vivent seulement 3 semaines. Les abeilles d'hiver qui naissent à l'automne et au début de l'hiver vivent plus longtemps (quelques mois), elles sont moins nombreuses et permettent à la colonie de survivre à l'hiver alors qu'il n'y a plus de couvain et plus de ressources alimentaires à l'extérieur (2).

d) *Les faux-bourdons*

Les mâles, appelés faux-bourdons, n'ont pour le moment qu'une seule tâche connue : féconder les reines des ruches environnantes. Leur durée de vie est courte, le mâle ne peut s'accoupler qu'une seule fois. Il meurt juste après l'accouplement, son endophallus étant arraché et restant dans les voies génitales de la reine.

Ils sont présents dans les colonies à partir du printemps et jusqu'à l'automne (notamment en plus grande quantité en juin au moment des essaimages). Il n'y a généralement plus de mâles en hiver (sauf dans les colonies bourdonneuses) car ceux restant qui n'ont pas fécondé de reine sont chassés de la ruche par les ouvrières. Durant cette période, ils ne sont plus utiles à la colonie et consomment des réserves de nourriture qui seront essentielles au reste de la colonie pour passer l'hiver, alors que l'automne arrivant les ressources florales diminuent. En effet, les faux-bourdons se nourrissent de miel mais ne peuvent ni récolter du pollen, ni du nectar. Ils mourront donc après leur expulsion de la ruche, faute de nourriture (2).

Finalement, les abeilles sont des insectes vivant en société très organisée où chaque individu à une fonction au sein de la colonie. Comme nous allons le voir au cours de cette thèse, les abeilles occupent une place importante dans le maintien des écosystèmes. Or, le nombre d'abeilles dans le monde diminue. C'est ce que nous allons aborder dans un premier temps.

I.B) Le déclin des populations d'abeilles

I.B.1 État des lieux

Le déclin des abeilles est un phénomène ayant toujours existé au fil des siècles. Des revues d'apiculture datant de la fin du 19ème siècle et du début du 20ème siècle rapportent des périodes de pertes brutales d'abeilles *Apis mellifera* et des baisses de récolte en miel. Ce sont alors surtout les maladies et les conditions météorologiques qui étaient incriminées, puisque les produits phytopharmaceutiques n'étaient pas encore utilisés (8). Il y a notamment eu des déclins régionaux de populations d'abeilles, par exemple l'épisode du “Isle of Wight” décrit au début des années 1900 (9). Cet épisode a ainsi été nommé parce qu'une part importante des colonies d'abeilles a disparu sur cette île de Wight au Royaume-Uni. La cause n'a été connue qu'ultérieurement, il s'agissait de l'acarien *Acarapis woodi* qui venait d'être découvert. Il attaquait les abeilles locales de cette île (10). Nous reparlerons de cet acarien dans une prochaine sous-partie.

Toutefois, le déclin actuel dans les populations de pollinisateurs est sans précédent et est le plus important qui se produise, d'après l'AFSSA, l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments, depuis une cinquantaine d'années et ce, essentiellement dans les

pays industrialisés. Cette mortalité s'est accentuée depuis les années 90, associée à un rendement en miel diminué (8).

Ainsi, aux États-Unis, depuis la seconde moitié du 20ème siècle, des épisodes de perte d'abeilles sont de plus en plus fréquents. De nouveaux parasites sont apparus, tels que *Acarapis woodi* et *Varroa destructor,* qui peuvent expliquer, tout au moins en partie, cette mortalité. À partir des années 1960-1970, suite à l'augmentation de l'utilisation des pesticides, les premiers cas d'intoxication ont été constatés en France puis dans l'ensemble de l'Europe. Depuis les années 1990, des apiculteurs ont commencé à signaler les pertes massives au sein de leurs ruches mais ce n'est que depuis les années 2000 que l'ampleur des disparitions d'abeilles en Europe et aux États-Unis a fait prendre conscience qu'il y avait réellement un problème (3).

Ni l'Europe (France, Grande-Bretagne, Allemagne, Danemark, Grèce, Italie du Nord, certaines régions d'Espagne), ni les États-Unis, le Canada ou certaines régions d'Amérique Latine et d'Asie ne sont épargnés.

Habituellement, le taux naturel de mortalité des abeilles est autour de 5 à 10% par des causes connues telles que des parasites et des maladies, ce qui est considéré en France et en Europe comme normal (3,9,11). Cependant, depuis une vingtaine d'année, cette mortalité atteint parfois 30 à 40%, et parfois en une saison (hiver). Par exemple, en France, depuis 1995, la perte moyenne en colonies d'abeilles est estimée à 300 000 par an. Le CNDA (centre national de développement apicole) a évalué le taux de mortalité entre 2007 et 2008 à 29%. Dans le Rhône, une des principales régions apicoles française, 57% des ruches ont été perdues au cours de l'hiver 2007-2008 (3). D'après le plan de développement durable de l'apiculture, la mortalité hivernale en France dépasse souvent les 20% depuis une vingtaine d'année et des mortalités au cours des autres saisons sont également constatées ce qui fait parfois des pertes annuelles en abeilles aux alentours de 30% (11). En Europe, ces derniers hivers, la mortalité des colonies a été d'environ 20% et attribuée à la famine et aux parasites (9). Aux USA, entre l'automne 2006 et le printemps 2007, ainsi que durant la même période 2007-2008, la perte moyenne a été de 38% d'après l'association The Apiary Inspectors of America. Au Canada, les provinces du Québec, du Nouveau-Brunswick et de l'Alberta ont connu des taux de mortalité allant de 40 à 60% (3). Selon Smith et al. (2015) la moyenne en perte annuelle hivernale de colonies d'abeilles domestiques depuis 2006 jusque 2015 serait d'environ 30% aux États-

Unis et aux alentours de 15% en Europe (12). Certaines causes de mortalité peuvent être différentes selon les pays, ainsi une cause peut être un facteur principal de perte en abeilles dans un pays mais pas forcément autant impliqué dans un autre pays (9).

Ces phénomènes de déclin des populations d'abeilles qui se sont aggravés par rapport au passé sont inquiétants et nécessitent d'être sérieusement pris en compte. Beaucoup de scientifiques, par leurs travaux, envisagent des conséquences importantes et irréversibles si les abeilles venaient vraiment à disparaître. Nous allons ainsi détailler les différentes causes impliquées dans les disparitions d'abeilles mais avant cela nous allons aborder un phénomène particulier de disparition d'abeilles, identifié et médiatisé dans certains pays : le CCD.

I.B.2 Le CCD

Le CCD ou Colony Colapse Disorder qui signifie le syndrome d'effondrement des colonies d'abeilles a été étudié et ainsi nommé par des professeurs aux États-Unis, Diana Cox-Foster et Denis VanEngelsdorp, qui travaillaient sur des cas de disparition d'abeilles. Ils ont alors défini le CCD selon trois principaux critères et pour qu'une perte d'abeilles soit attribuée au CCD il faut que ces trois critères soient respectés.

Tout d'abord, les abeilles doivent disparaître rapidement, de façon brutale, c'est-à-dire que quelques temps avant la disparition d'une part importante de la colonie, elles paraissaient aller bien. Au final ne survivent que la reine, le couvain, laissé intact à l'abandon, et quelques jeunes ouvrières mais, n'étant pas assez nombreuses, elles ne pourront pas s'occuper de la ruche. Ensuite, il ne doit pas y avoir de cadavres dans la ruche ou à proximité. Enfin, les réserves sont toujours présentes ou au moins elles ne sont pillées que tardivement. En effet, habituellement, lorsqu'une ruche est désertée par ses occupants, les abeilles des colonies voisines viennent rapidement piller les réserves de nourriture (3).

Ce phénomène de mortalité se produit particulièrement en sortie d'hiver et a été décrit essentiellement aux USA où les premiers cas auraient eu lieu lors de l'hiver 2006-2007 ; des cas ont également été répertoriés en Europe à partir de 1998 (9).

Dans leur étude, Henry et al. (2012) rappellent que le CCD est un phénomène récent qui touche les pays de l'hémisphère nord. La cause exacte de ce syndrome n'a pas

encore été établie mais il s'agirait vraisemblablement d'un ensemble de plusieurs causes tel que des pesticides, des agents pathogènes, des parasites ou la destruction de leur habitat naturel. Toutefois l'impact de ces facteurs sur les événements de CCD reste inconnu même si certains apiculteurs et scientifiques suspectent que les pesticides tiennent une place centrale dans les processus d'affaiblissements des colonies (13). En effet, les abeilles intoxiquées peuvent ne pas retrouver le chemin pour retourner à leur ruche comme nous le verrons ensuite.

Le CCD est un phénomène médiatisé, toutefois ce n'est pas le phénomène principal impliqué dans les cas de disparition d'abeilles. En effet, la majorité des apiculteurs touchés par une mortalité élevée et brutale de leurs colonies retrouvent les abeilles mortes dans la ruche ou devant, faisant ainsi penser à une intoxication, ou alors les colonies ne passent pas l'hiver (agents pathogènes, manque de ressources nutritives). Ces cas de disparition ne sont alors pas attribués au CCD. Ainsi, aux USA, durant l'hiver 2006-2007, parmi les apiculteurs ayant perdu des abeilles, c'est ¼ d'entre eux qui auraient été victimes d'un CCD correspondant à la définition. En Europe, ce syndrome d'effondrement total reste isolé (3).

Ainsi, le CDD n'est pas encore expliqué et n'explique pas tout, d'autres causes identifiées sont impliquées de manière certaine dans la mortalité des abeilles.

I.B.3 Les causes impliquées dans la disparition des abeilles

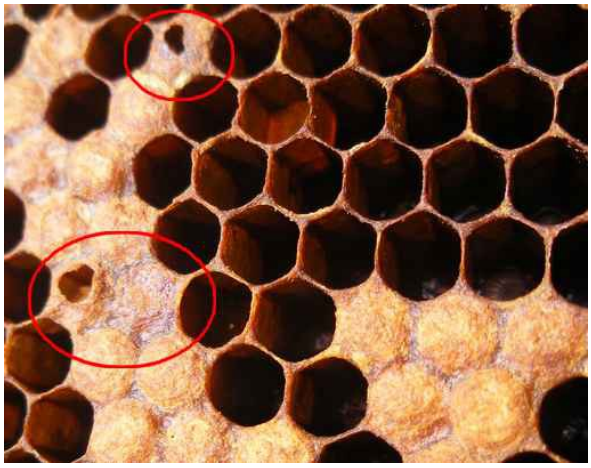
D'après le rapport de l'AFSSA, « Mortalités, effondrements et affaiblissements des colonies d'abeilles », ces nombreuses causes peuvent être classées en quatre principales catégories que nous allons répertorier en donnant quelques exemples sans être toutefois exhaustif (8). Ces causes peuvent être impliquées isolément ou bien se combiner et agir en synergie. De plus, certaines ne sont peut-être pas encore connues à ce jour (14).

a) Les agents biologiques

Dans ce rapport actualisé en avril 2009, l'AFSSA répertorie 29 agents biologiques pathogènes de l'abeille, certains ayant une implication plus importante dans la mortalité des abeilles. Ces agents biologiques peuvent être aussi classés en plusieurs catégories. Ils peuvent interagir entre eux, leur association fragilisant davantage l'abeille (8).

Bactéries

La bactérie *Paenibacillus larvae*, responsable de la loque américaine, atteint les larves en croissance à un stade avancé lorsque le couvain est operculé. Elle provoque la mort des larves par septicémie en se multipliant dans l'hémolymphe et produit des milliards de spores. Les larves vont alors se décomposer en une substance visqueuse filante de couleur brunâtre qui contribue à propager la maladie (photo 1) . Les premiers signes extérieurs de la contamination sont difficiles à repérer. En examinant attentivement le couvain, l'apiculteur pourra voir des petits trous dans les opercules et leurs affaissements (photo 2). Cette maladie grave est extrêmement contagieuse, la propagation rapide se fait par contact entre les abeilles. Lorsqu'il y a des pillages durant des périodes où les sources de nourriture sont rares des abeilles pilleuses peuvent aussi transmettre ou être contaminées par la loque américaine, ce qui contribue à propager la maladie aux ruches environnantes. La mortalité du couvain provoquée par cette maladie aboutit à un affaiblissement puis à une mortalité de la colonie (5,8). La loque américaine n'est pas spécifique du continent américain, elle a été nommée ainsi parce que la bactérie responsable a été identifiée aux États-Unis. Elle est présente presque partout dans le monde, tout comme la loque européenne que nous allons voir juste après qui n'est pas non plus uniquement localisée en Europe (15,16).



Photos 1 et 2 : cellules atteintes de loque américaine (larves décomposées en une substance filante, opercules affaissés et perforés) (17)

La loque européenne est une autre maladie bactérienne qui atteint ici le couvain non operculé ou couvain ouvert. Elle est le plus souvent causée par *Melissococcus plutonius* mais d'autres bactéries peuvent être impliquées telles que *Bacillus alvei* et *Streptococcus faecalis*. Elle peut aussi provoquer une mortalité du couvain puis un

affaiblissement et une mortalité de la colonie (8). La loque européenne est cependant moins grave que la loque américaine, c'est pourquoi elle est parfois appelée « loque bénigne » (5). La bactérie se multiplie dans l'intestin de la larve et y absorbe la nourriture, obligeant alors la larve à manger davantage. Ce comportement qui signe la présence de la maladie peut être repéré par les nourrices qui pourront éliminer les larves contaminées et procéder au nettoyage des cellules. Si les larves infestées ne sont pas repérées elles mourront mais pourront être plus facilement éliminées que les larves atteintes de la loque américaine puisqu'elles ne se décomposent pas en une substance filante. Cette maladie est souvent liée à une carence en protéine au début du printemps d'où l'importance de surveiller les réserves de nourriture et la présence de sources d'approvisionnement en nourriture autour du rucher (9).

Les apiculteurs sont assez démunis devant ces attaques bactériennes puisque aucun antibiotique en France n'a d'AMM (Autorisation de Mise sur le Marché) pour traiter la loque américaine ou la loque européenne, et aucune commercialisation des produits de la ruche ne pourra se faire si la ruche a été traitée par antibiotiques (9).

Champignons

La nosémose est une maladie provoquée par des champignons microsporidies, *Nosema apis* et *Nosema ceranae*. Les abeilles infestées ont des difficultés à voler, la récolte de pollen ainsi que la production de miel sont réduites. La ponte des œufs est également diminuée voire arrêtée, provoquant ainsi une perte en abeilles, notamment une mortalité hivernale élevée, une diminution de la force de la colonie et l'apparition de maladies secondaires (8). Cette maladie contagieuse se déclare souvent en cas de périodes de grande humidité. Le champignon se développe et prolifère dans les voies digestives des abeilles adultes et provoque des diarrhées importantes et des paralysies, qui affaiblissent les abeilles et réduisent donc leurs capacités de travail. Elles peuvent rapidement mourir épuisées. Toutefois, l'effondrement de la colonie ne se produit généralement qu'en cas de formes sévères qui sont observées lorsqu'il y a co-infestation avec d'autres maladies ou en présence d'autres facteurs affaiblissant la ruche. Cette maladie et sa virulence sont en augmentation depuis une vingtaine d'années (5,9).

Concernant *Nosema ceranae*, il est présent presque partout dans le monde mais cause surtout des dégâts au niveau du bassin méditerranéen où il est responsable d'une

mortalité élevée chez les ouvrières butineuses avec pour conséquences moins d'abeilles dans la ruche et un risque d'effondrement total (14). Toutefois comme la gravité des conséquences est différente selon les régions du monde son rôle dans le déclin des populations d'abeilles est encore controversé selon les auteurs Higes et al. (2013) (18). De plus, des études ont montré que les taux de mortalité des abeilles infestées par *Nosema ceranae* sont plus élevés lorsque les abeilles et le couvain ont été exposés à des résidus de certains pesticides (14).

Ensuite, l'aspergillose ou couvain pétrifié est une maladie due à un champignon ascomycète, *Aspergillus flavus*. Il atteint le couvain et les abeilles et provoque un affaiblissement de la colonie (8).

Enfin, nous pouvons citer l'ascosphérose ou couvain plâtré, encore appelée couvain blanc. Cette maladie est également due à un ascomycète, *Ascosphaera* apis. Ce champignon attaque le couvain en entraînant la mort des larves, ce qui a pour conséquence de freiner le développement de la colonie et donc de l'affaiblir. Comme pour l'aspergillose, il n'y a pas de traitement efficace mais les colonies peuvent survivre à ces contaminations (8,9).

Virus

Une vingtaine de virus sont susceptibles de contaminer l'abeille. La plupart de ces virus ne provoque pas de symptômes ou de conséquences visibles dans des colonies fortes et saines, on parle alors d'infections latentes. En effet, il leur faut alors une coactivation pour s'exprimer, la colonie doit donc être déjà affaiblie, souvent par *Varroa destructor* ou par *Nosema sp*.

Varroa destructor, un acarien parasite de la ruche comme nous le verrons ensuite, est un très bon vecteur de virus, ceux que l'on lui retrouve associés sont tout d'abord le DWV ou virus des ailes déformés. Ce virus est le plus fréquent chez l'abeille européenne, il lui provoque une déformation des ailes. La plupart des abeilles atteintes ne sont pas viables et sont éliminées par les abeilles saines. Il peut être responsable d'une mortalité du couvain ; cette maladie peut entraîner l'effondrement de la colonie. On retrouve aussi le SBV ou virus du couvain sacciforme, il touche le couvain et entraîne la mort des larves. Il peut aussi s'exprimer sans présence de co-infection, il provoque des affaiblissements de colonies. Ensuite, nous pouvons retrouver l'ABPV ou le virus de la paralysie aiguë. Il

affaiblit la colonie et contribuerait à la mortalité des abeilles et du couvain. Enfin nous pouvons citer le KBV, le virus du cachemire qui provoque une mortalité rapide et sans symptôme, entraînant donc un affaiblissement des colonies.

Les virus que l'on peut retrouver associés à *Nosema sp* sont tout d'abord le BQCV ou le virus de la cellule royale noire, il provoquerait une mortalité des larves de reines, une diminution de la durée de vie des abeilles infectées et une mortalité des ouvrières. Ensuite, il y a le BVY ou le virus Y de l'abeille. Puis l'IIV-6 qui signifie virus irisé des invertébrés souche 6. Celui-ci ne s'exprime qu'en présence de Nosema et est responsable d'effondrements de colonies. Enfin, nous pouvons retrouver le CBPV, le virus de la paralysie chronique, responsable de la maladie noire ou paralysie chronique, qui peut provoquer une forte mortalité des abeilles, associé ou non à d'autres agents (8,9).

D'autres virus peuvent affecter les abeilles comme le virus israélien de la paralysie aiguë (IAPV), il provoque une mortalité rapide des abeilles (8). Aux USA, une corrélation entre le CCD et une souche du virus IAPV a été établie (9). L'IAPV (qui signifie *Israeli acute paralysis virus*) a été découvert par des chercheurs israéliens dans les années 2000 qui l'on considéré comme “foudroyant pour les abeilles” (3).

Parasites

La varroase est une maladie provoquée par l'acarien *Varroa destructor (*photo 3). Elle induit une mortalité importante en hiver en attaquant le couvain et les abeilles (8). En effet, la femelle varroa pond ses œufs sur les larves d’abeilles dans les cellules qui ne sont pas encore operculées. La larve et le varroa vont alors se développer ensemble (photo 4). Les ouvrières qui vont naître auront des ailes atrophiées ; elles seront plus lentes, épuisées, auront des difficultés à assurer les tâches nécessaires à effectuer au sein de la colonie (5,8). Le varroa est un ectoparasite, il se nourrit de l'hémolymphe des abeilles. De plus, il se propage de ruches en ruches (14), se développe très rapidement (5) et transmet également à la colonie d'autres agents pathogènes tels que des micro-organismes ou des virus comme nous avons pu le constater dans le paragraphe précédent. Ainsi, par son parasitisme et vecteur d'autres maladies, le varroa fragilise et affaiblit la colonie qui risque de disparaître (8,9).

Photos 3 : Varroa destructor, et 4 : abeille parasitée par cet acarien (19)

Ce parasite est originaire de l'Asie du Sud-Est où l'abeille la plus présente est *Apis cerana.* Elle résiste au Varroa contrairement à *Apis mellifera,* l'abeille la plus répandue sur Terre. Cet acarien s'est propagé très rapidement et est maintenant présent presque partout à travers le monde, là où il y a l'abeille. Il s'agit donc d'un problème mondial causant des pertes d'abeilles (9). Malgré les produits chimiques utilisés pour essayer de s'en débarrasser et de limiter ses dégâts, il est toujours présent encore aujourd'hui (5) et devient résistant à des traitements acaricides actuellement utilisés (9). Pour beaucoup d'apiculteurs, le varroa représente donc une menace pour les abeilles du monde entier (14). D'après l'UNEP (Programme des Nations Unies pour l'Environnement), si la varroase n'est pas traitée à temps, elle peut être responsable de la mort de la colonie en 3 ans (20).

L'acariose de la trachée est une autre maladie provoquée elle aussi par un acarien. Il s'agit d'*Acarapis woodi* qui parasite les abeilles adultes en vivant dans leurs trachées. Il se nourrit de l'hémolymphe de l'abeille en perforant la paroi et provoque des problèmes respiratoires par obstruction de la trachée. Certaines abeilles se retrouvent alors paralysées et incapables de voler. L'infestation par cet acarien entraîne une diminution de la production de miel et du couvain, une baisse de la durée de vie des abeilles et une augmentation de la mortalité hivernale et printanière. L'acariose se transmet très rapidement, elle est très présente aux États-Unis où elle cause de gros dégâts (8,9).

Un autre acarien, *Tropilaelaps clareae*, atteint le couvain et les abeilles adultes. Il se nourrit des larves et les abeilles présentent des malformations. Il est responsable d'une baisse de la durée de vie des abeilles et d'une mortalité des colonies (8).

Ensuite, l'amibiase causée par le protozoaire *Malpighamoeba mellificae* cible les abeilles adultes qui deviennent incapables de voler, avec pour conséquence un affaiblissement puis un dépérissement de la colonie (8).

Enfin, l'ectoparasite *Braula caeca*, appelé pou de l'abeille, est un diptère qui atteint essentiellement la reine, entraînant une diminution des pontes voire la mort de la reine dans les cas d'infestation massive (8). Il est néanmoins très sensible aux acaricides et on ne le trouve quasi plus en Europe (9).

Prédateurs

Depuis toujours, l'abeille possède des prédateurs naturels. Ces principaux prédateurs sont tout d'abord les ours qui dévastent les ruches. C'est le cas aux États-Unis et au Canada. Certains oiseaux consomment également quelques abeilles isolément excepté le picvert qui décime la colonie en perforant la ruche. Certains petits mammifères (souris ou musaraignes), ainsi que des couleuvres et des lézards peuvent aussi parfois s'attaquer aux ruches. Enfin, les prédateurs les plus redoutables pour les abeilles sont d'autres insectes. Ils peuvent manger le couvain et les individus adultes (9). Nous allons détailler quelques-uns de ces prédateurs.

Tout d'abord le prédateur le plus incriminé actuellement est le frelon asiatique *Vespa velutina*. C'est un insecte hyménoptère qui attaque les abeilles et le couvain, provoquant ainsi des affaiblissements de colonies (8). Il faut souligner que le frelon européen, *Vespa crabro*, est lui aussi un prédateur de l'abeille mais il n'est pas incriminé, à la différence du frelon asiatique, dans des pertes importantes d'abeilles. Physiquement ces deux frelons présentent des distinctions (9) (figure 2).

Les frelons sont des insectes appartenant à la famille des *Vespidae*, ils ne vivent qu'un an, ni les mâles, ni les ouvrières ne passent l'hiver. Seule la reine survit, et au printemps, (elle a été fécondée avant l'hiver) ; elle pond les premiers œufs qu'elle nourrira, puis une fois adulte cette première génération d'ouvrières pourra s'occuper des nouveaux œufs que la reine pondra et ainsi reconstruire une nouvelle colonie. À la fin de l'été, de jeunes reines quittent le nid, accompagnées de plusieurs mâles pour être fécondées et à leur tour aux beaux jours de l'année suivante elles formeront une nouvelle colonie (5).

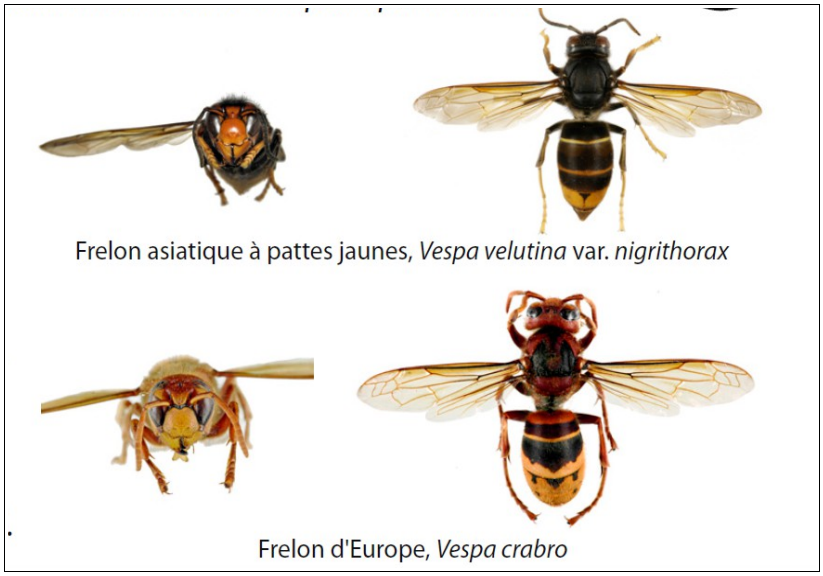


Figure 2 : Frelon asiatique (en haut) et européen (en bas) (21)

Le frelon asiatique est originaire de l'Asie du Sud-Est. D'après les Services de la Protection des Végétaux de Tonneins (Lot-et-Garonne), il serait arrivé accidentellement en France en 2004 lors de l'importation de poteries en provenance de Chine. En effet, il a été observé pour la première fois en novembre 2005 dans le Lot-et-Garonne. Il s'est ensuite propagé sur le territoire et fin 2008 sa présence dans les départements du Sud-Ouest était attestée. Cet insecte s'est donc acclimaté à ce nouveau territoire. Le frelon asiatique s'attaque aux fruits mûrs causant des dégâts dans les vergers et a aussi pour particularité de s'attaquer aux colonies d'abeilles en les tuant toutes, d'abord les gardiennes, puis il rentre dans la ruche, tue les ouvrières et il finit par emporter les larves qui serviront de nourriture à sa progéniture (5). En plein vol, le frelon attaque l'ouvrière butineuse rentrant vers sa ruche avec sa récolte (photo 5). D'après C. Jarrige (2014) (9), l'alimentation en protéines du frelon en France est couverte à 80% par des abeilles en milieu urbain et à 50% en milieu rural. L'impact réel des frelons asiatiques sur les abeilles est encore difficile à établir mais les apiculteurs considèrent qu'au-delà de 5 frelons autour d'une ruche, celle-ci est condamnée à plus ou moins court terme si elle n'est pas déplacée dans une zone sans ou avec moins de prédateurs. En Asie d'où il est originaire, il cause aussi de gros dégâts chez les colonies d'abeille *Apis cerana*. Ces abeilles ont mis au point une technique de défense : elles entourent en très grand nombre le frelon qui les attaque, faisant ainsi monter la température à 45°C et le frelon n'y survit pas, les abeilles pouvant résister à une température de 50°C. Malgré cela, les attaques répétées de frelon affaiblissent les abeilles et la colonie parce que le frelon tue les abeilles et parce qu'elles sont occupées à défendre la ruche et à tuer l'agresseur au lieu d'aller récolter de la

nourriture. Il semblerait qu'*Apis mellifera* ait mis au point une technique similaire de défense mais elle paraît moins efficace. Actuellement un des moyens de défense utilisé par les apiculteurs est le piège. Ils utilisent une préparation liquide sucrée et un peu fermentée qu'ils mettent dans un récipient avec une entrée en forme d'un entonnoir inversé, les guêpes et frelons vont être attirés par cette odeur, ils rentreront alors dans le piège et seront incapables d'en ressortir. Les abeilles qui n'aiment pas le côté fermenté de la préparation n'iront pas (5).

Photo 5 : frelon asiatique attaquant une abeille (22)

Un autre moyen mis en place par des apiculteurs est l'utilisation d'une grille à l'entrée de la ruche, appelée muselière. Ils la placent au niveau de la planche d'envol. Elle est composée de trous d'un diamètre permettant de laisser passer les abeilles mais empêchant les frelons de rentrer dans la ruche. Toutefois, cette méthode n'empêche pas toute la prédation puisque les frelons peuvent toujours attaquer les abeilles en vol rentrant vers la ruche. De plus, les abeilles dans la ruche entendent le frelon autour ce qui créé un stress chez elles et peut contribuer à affaiblir la colonie si elles sortent moins pour récolter de la nourriture (23). Une autre solution testée par certains apiculteurs est de mettre des poules ou des poulets autour des ruches. En effet, les poulets repèrent les frelons asiatiques au bruit qu'ils font lorsqu'ils sont en vol stationnaire devant la ruche prêt à attaquer une abeille. Ainsi, lorsque le frelon est en position stationnaire, le poulet arrive à l'attraper et le dévore ; il est en effet friand du frelon qui lui apporte une source de protéines (24).

Le frelon asiatique a maintenant colonisé 70% de la France, mais aussi le Portugal, l'Espagne, l'Italie, l'Allemagne et la Belgique. Les populations de frelons asiatiques actuelles en Europe ne seraient issues que de quelques individus provenant de Chine

(Shanghai) voire même peut-être que d'une seule reine selon certaines hypothèses. La diversité génétique des individus actuellement présents en Europe est donc faible, peu variée, parce qu'issue seulement de quelques patrimoines génétiques de quelques reines voire d'un seul patrimoine génétique. En effet, le patrimoine génétique des frelons en France est très homogène. Pour les chercheurs de l'IRBI (Institut de recherche sur la biologie de l'insecte) de l'université de Tours, il y aurait un problème de consanguinité. Ces scientifiques ont découvert en 2015 la présence anormale de mâles diploïdes en France. Cette anomalie génétique est appelée dépression de consanguinité. En effet, normalement, la reine frelon pond des œufs haploïdes lorsqu'elle n'est pas fécondée et ces œufs donneront des mâles, et elle pond des œufs diploïdes lorsqu'elle est fécondée et ces œufs donneront des ouvrières (comme c'est le cas pour les abeilles). Ensuite, ces chercheurs ont mis en évidence que les mâles des populations françaises étaient fréquemment pondus bien avant la période où ils doivent l'être. C'est-à-dire que les mâles et les futures reines ne sont normalement formés qu'à la fin de l'été, à la période de reproduction. De plus la grande majorité de ces mâles créés plus tôt dans la saison sont diploïdes. Deux problèmes se posent alors pour les frelons, tout d'abord les mâles qui sont retrouvés en quantité trop importante dans le nid de frelon asiatique et à une période de l'année où il n'y a habituellement pas de mâle, vont être un poids pour la colonie puisqu'ils ne servent qu'à la reproduction, ils ne travaillent pas, ce sont les ouvrières qui doivent les nourrir. Cela aura donc un impact sur la productivité de la colonie. Et ensuite ces mâles diploïdes, s'ils s'accouplent avec la reine diploïde, donneront des frelons triploïdes, qui seront stériles. Évidemment, il se pourrait que l'espèce s'adapte, mais ces deux conséquences issues de ces découvertes laissent tout de même espérer une prochaine diminution de l'expansion du frelon asiatique (25).

Ensuite, d'autres prédateurs de l'abeille sont les fausses-teignes. Deux insectes lépidoptères peuvent être regroupés sous ce nom, il s'agit de *Galleria mellonella*, appelée aussi grosse fausse-teigne, c'est la plus fréquente et d'*Achroea grisella* ou petite fausse-teigne. Ces papillons de la ruche affectent le couvain, les chenilles creusent des galeries dans les rayons et se nourrissent des cadres. En se développant les chenilles fabriquent des fils de soie qui les protégeront des abeilles, qui ne pourront pas les enlever et verront leur circulation dans la ruche perturbée. Ces papillons ne sont présents essentiellement que dans des ruches déjà affaiblies avant l'infestation où ils pourront alors causer des pertes car dans des colonies en bonne santé les ouvrières nettoyeuses réussissent à les

éliminer. Ils peuvent également transmettre d'autres agents pathogènes comme la loque américaine. Sous nos climats les fausses-teignes ne provoquent pas d'effondrements de colonies (8,9).

Puis, nous pouvons évoquer *Aethina tumida*, un petit insecte coléoptère. Il attaque les abeilles, détruit le couvain, creuse des galeries dans les rayons, se nourrit des larves, du pollen, du miel. Il provoque donc une perte de récolte ainsi qu'un effondrement de la colonie (8).

Enfin, l'homme peut également être considéré comme un prédateur des abeilles. Il en tue sur les routes, dans les maisons et par les pratiques agricoles comme nous le verrons ultérieurement. De plus, en pratiquant la transhumance des ruches à grande échelle, l'homme contribue aussi à la dissémination des prédateurs s'ils sont présents dans la ruche au moment du transport (9).

Ainsi, les maladies et les parasites des abeilles provoquent un affaiblissement de la colonie et peuvent conduire à la mort de celle-ci. De plus, les abeilles ainsi affaiblies sont plus sensibles à d'autres facteurs comme les pesticides ou un manque de nourriture. Inversement, il semblerait que la capacité des abeilles à résister face aux maladies et aux parasites soit influencée par des facteurs comme un apport qualitativement et quantitativement correct en nourriture et par l'exposition à des produits chimiques (14).

Nous allons donc ensuite nous intéresser à la place des produits chimiques parmi les causes de mortalité des abeilles.

b) Les agents chimiques

Il s'agit ici d'évoquer des molécules chimiques que les abeilles peuvent rencontrer au cours de leur existence, la majorité étant des produits phytosanitaires. Il existe environ 450 molécules et 5 000 produits commercialisés qui sont utilisés dans les cultures. Les abeilles peuvent être exposées à chacun d'entre eux (9). Nous pouvons distinguer ceux que les abeilles rencontreront en dehors de la ruche, dans leur environnement extérieur et ceux qui seront en contact avec les abeilles au sein même de la ruche.

Les produits phytopharmaceutiques pour l'usage agricole

D'après l'ANSES, l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail, « les produits phytopharmaceutiques sont soit des produits chimiques de synthèse, soit des produits contenant des micro-organismes (champignons, bactéries, virus) dans le cadre du biocontrôle ». « Ils sont destinés à : protéger les végétaux contre les organismes nuisibles ou prévenir leur action ; exercer une action sur les processus vitaux des végétaux (dans la mesure où il ne s'agit pas de substances nutritives) ; assurer la conservation des produits végétaux ; détruire les végétaux indésirables ; détruire des parties de végétaux, freiner ou prévenir une croissance indésirable des végétaux » (26). Ils sont également appelés produits phytosanitaires. Ils rentrent dans la catégorie des pesticides qui sont « des substances chimiques utilisées pour lutter contre des organismes considérés comme nuisibles » (27). En fonction des organismes qu'ils ciblent, ces pesticides ont des noms différents. Ainsi, par exemple, les abeilles pourront dans les champs être en contact avec des insecticides qui visent les insectes, des fongicides qui détruisent les champignons, des parasiticides qui agissent sur des parasites et des herbicides ou désherbants qui tuent les végétaux, ils sont notamment utilisés contre les adventices ou « mauvaises herbes ».

Avant d'obtenir leur autorisation de mise sur le marché, la réglementation européenne impose que les pesticides subissent une évaluation des risques par rapport aux insectes. Un réseau de surveillance visant à répertorier les accidents d'exposition et les cas d'intoxication est aussi en place (9). Les voies d'exposition sont une préoccupation importante, les fabricants de pesticides doivent être vigilants quant à la réduction des intoxications non intentionnelle dans les conditions des champs. Les procédures d'autorisation de pesticide requièrent donc maintenant des enquêtes de mortalité pour s'assurer que les doses retrouvées dans les champs restent en dessous du niveau létal pour les abeilles (13).

Comme le souligne l'AFSSA dans son rapport, l'attractivité des fleurs de la parcelle traitée ainsi que le produit utilisé, sa quantité et son mode d'application vont influer sur la quantité de produit qui sera en contact avec l'abeille et la possibilité d'effets qui en découleront.

Les voies d'exposition

L'exposition des abeilles aux pesticides peut tout d'abord se faire lors des traitements des champs par pulvérisation. L'exposition ne devrait alors toucher en théorie que les abeilles présentes à ce moment-là dans le champ. Toutefois cette technique de traitement par pulvérisation provoque automatiquement la contamination des bordures de champs qui peuvent être des haies ou d'autres cultures. Les abeilles aux alentours des champs peuvent donc aussi être en contact avec ces produits. De plus, les résidus secs ou humides émis par le traitement peuvent se re-volatiliser et contaminer d'autres zones. Il s'agit ici d'une contamination directe par l'air, les abeilles inhalant le produit ou par ingestion lors du toilettage. L'exposition des abeilles aux produits de traitement pulvérisés nécessite qu'elles soient dans le champ ou en bordures et dépend donc de la présence de fleurs attirantes pour les abeilles dans cette culture au moment du traitement (8). En outre, l'application du pesticide par pulvérisation en plein air le répartit de façon homogène sur toute la surface de la parcelle alors qu'une pulvérisation dans la raie de semis permet de localiser la zone de traitement et de réduire l'exposition (9).

Ensuite les abeilles peuvent être exposées aux produits phytosanitaires directement via le pollen et le nectar qu'elles butinent par passage systémique. Dans ces cas, les pesticides (essentiellement les insecticides néonicotinoïdes) sont utilisés grâce à une nouvelle technique dite d'enrobage ou pelliculage. En effet, la graine ou semence est alors recouverte d'une couche d'insecticide. Celui-ci sera absorbé par la graine et diffusera dans tous les tissus de la plante au fur et à mesure de sa croissance via son système vasculaire. Ces insecticides sont donc qualifiés d'insecticides systémiques. Leur but est de protéger cette semence ou la plante en devenir des attaques de champignons ou d'insectes ravageurs. Les cibles de ces produits sont donc essentiellement les feuilles et les tiges (3,8). La contamination des abeilles se fait alors par ingestion des substrats (pollen, nectar ou eau) contenant des résidus de produits, soit lors du butinage sur la plante et en ramenant ces provisions à la ruche ou soit lors de la toilette de la butineuse lorsque ces substrats sont présents sur son corps. La contamination dépend donc des propriétés systémiques du produit. Les abeilles seront contaminées lorsque les plantes traitées sont des fleurs alors attractives pour elles et que le produit utilisé puisse migrer dans toute la plante, jusqu'à la fleur au niveau du pollen et du nectar, et que l'on en retrouve encore au moment de la floraison (8).

La quantité de produits à laquelle les abeilles sont exposées est à priori plus importante par pulvérisation des produits que par les substances systémiques. En effet, d'après e-phyto, le site des produits phytopharmaceutiques attaché à l'ANSES, les concentrations résiduelles d'imidaclopride dans les pollens sont de l'ordre du µg/kg de pollen, alors qu'à la suite d'une pulvérisation il y environ une centaine de gramme d'imidaclopride par hectare (8).

Des cas d'intoxications d'abeilles ont été recensés dans la littérature suite à l'application de traitements phytopharmaceutiques par pulvérisations ou lors des semis avec des graines enrobées de pesticides, notamment avec des insecticides. En effet, pour certains scientifiques et apiculteurs, les pesticides sont une cause majeure de mortalités d'abeilles. Selon l'AFSSA, les intoxications pourraient être évitables en respectant et en améliorant les conditions de pulvérisations et de semis (8).

Les utilisations des pesticides

Les pesticides ont commencé à être utilisés en France après la Seconde Guerre Mondiale afin d'augmenter les rendements pour éviter les famines. Ils serront alors de plus en plus utilisés et de nouvelles molécules vont être générées au fur et à mesure des années (3).

Ces pesticides ne sont pas utilisés uniquement dans les champs de cultures céréalières, d'autres utilisations exposent ces abeilles à ces produits et risquent de les contaminer. En effet, on les retrouve également appliqués dans des vergers pour des arbres fruitiers ou dans des potagers, ou pour protéger des cultures de fleurs ou d'arbres. À l'échelle individuelle, ils sont aussi utilisés par les particuliers, ce sont alors surtout les herbicides qui sont employés pour éliminer les adventices. Cette dernière utilisation est également effectuée à l'échelle d'une commune où les herbicides et autres produits sont utilisés dans l'entretien des espaces verts (pour la France cette utilisation est maintenant interdite).

Trois familles de pesticides représentent 85% des pesticides actuellement utilisés, ce sont les insecticides, les herbicides et les fongicides (9). Nous allons commencer par nous intéresser aux familles d'insecticides et voir quelques molécules.

Les insecticides

Les insecticides sont des pesticides utilisés pour protéger les cultures des insectes ravageurs (mais aussi en usages domestiques). Étant donné la population ciblée par ces produits, ils correspondent aux pesticides les plus à risque pour les abeilles.

Dans les années 1940 sont apparus les insecticides organochlorés. Ils ont été utilisés jusque dans les années 70. Ils agissent par contact et doivent être appliqués en grande quantité. Ces molécules sont stables et bioaccumulables dans le temps d'où un risque d'intoxication chronique. Le DDT (dichlorodiphényltrichloroéthane) et le lindane ou HCH (hexachlorocyclohexane) appartiennent à cette famille. Etant considérés comme cancérigènes et du fait de leur toxicité, ils sont maintenant interdits en France (3,9).

Les insecticides de la famille des organophosphorés ont été utilisés à partir de 1944. Ils agissent en inhibant de manière irréversible l'enzyme acétylcholinestérase ce qui augmente la concentration en acétylcholine dans le système nerveux et dans la circulation sanguine provoquant ainsi des troubles neurologiques, cardiovasculaires et respiratoires. Parmi eux on retrouve le parathion, le diazinon, le malathion et des gaz de guerre comme le gaz sarin ou les agents V et A. Ces molécules sont toxiques pour les hommes et les abeilles, la plupart sont maintenant interdites (9).

Les carbamates sont ensuite apparus, ce sont des dérivés de l'acide carbamique qui agissent comme les organophosphorés. Ces molécules sont stables et on peut les retrouver dans le pollen donné aux larves et dans miel. Les carbamates peuvent agir comme herbicides et comme fongicides (9).

Dans les années 1970, une nouvelle famille d'insecticide est synthétisée : les pyréthrinoïdes. Ils ont une structure chimique et des effets proches des pyréthrines qui sont des molécules synthétisées naturellement par certains pyrèthres, des fleurs de la famille des *Asteraceae*. Par exemple, la deltaméthrine est une pyréthrinoïde utilisée contre la chrysomèle (coléoptère qui ravage les cultures de maïs) (3). Ces molécules sont des neurotoxiques puissants et mortels pour les abeilles, ils doivent donc être utilisés en très faibles concentrations sinon ils risquent de s'accumuler et de contaminer une zone (9).

Les insecticides néonicotinoïdes

Puis, dans les années 1990 sont apparus les néonicotinoïdes, ces molécules de synthèse sont apparentées à la nicotine. Ce sont de puissants et sélectifs agonistes des récepteurs neuronaux nicotiniques de l'acétylcholine qui sont des récepteurs importants des neurotransmetteurs excitateurs des insectes. Ces molécules qui agissent donc sur le système nerveux central des abeilles sont utilisées avec la nouvelle technique d'enrobage ou pelliculage ce qui leur permet de diffuser dans la plante (3). Ces insecticides systémiques sont surtout employés pour les cultures mondiales de colza, tournesol et maïs en enrobage de leurs graines (3,9). Les néonicotinoïdes font partis des insecticides les plus utilisés dans le monde ces dernières années (14). Notamment trois d'entre eux, il s'agit de l'imidaclopride (par exemple Gaucho®), du thiaméthoxame (Cruiser®) et du clothianidine (Poncho®), le principal métabolite toxique du thiaméthoxame (3).

Théoriquement ce sont donc les insectes phytophages, suceurs ou piqueurs qui doivent être atteints par le produit qui aura diffusé dans les parties vertes de la plante. Ainsi, ces insecticides devraient être moins dangereux pour les pollinisateurs que les pesticides pulvérisés que nous avons abordés dans les paragraphes précédents. Toutefois, il est quand même possible d'en retrouver dans des parties de la plante dont les pollinisateurs sont en contact. En effet, au début des années 2000, le laboratoire du CNRS d'Orléans a montré que l'imidaclopride n'était pas retrouvé uniquement dans les parties vertes comme l'affirmait les groupes pharmaceutiques mais qu'il l'était aussi dans les fleurs, le nectar et le pollen. Les scientifiques ont détecté dans les pollens de fleurs de tournesol traité au Gaucho® des résidus de pesticides à hauteur de 3 ppb en moyenne (partie par milliard, soit 3 nanogrammes de pesticide pour 1 gramme de pollen) et dans les ruches près des champs de maïs, les pollens récoltés par les abeilles contenaient en moyenne 2 ppb d'imidaclopride. Les résultats étaient comparables pour les pollens de fleurs de colza (environ 3.5 ppb) ou pour son nectar. Or la DL50 de l'imidaclopride pour les abeilles est de l'ordre de 4 ng/abeille et la dose pouvant entraînée une toxicité chronique est estimée à 0,01 ng/abeille ou à 0,1 ng d'imidaclopride par gramme de nourriture contaminée. Les résultats obtenus par les chercheurs sont donc supérieurs à ce seuil à partir duquel est constatée une toxicité chronique (28).

La firme Bayer qui a lancé le Gaucho®, annonçait au départ que son produit n'aurait des conséquences pour les abeilles qu'à des expositions très importantes de

l'ordre de plus de 200 ppb puis au fur et à mesure des publications ils ont réajusté leurs chiffres. Pour le chercheur de l'INRA, Luc Belzunces, l'ingestion quotidienne par l'abeille d'un picogramme d'imidaclopride pendant 10 jours suffit à la tuer (29). De plus, l'imidaclopride est ensuite métabolisé en d'autres métabolites, certains avec un effet supérieur à l'imidaclopride, comme l'oléfine, toxique pour les abeilles (3).

Les plantes offrent également aux abeilles une source d'eau. En effet, lorsque la quantité en eau dans la plante est trop forte et que l'évapotranspiration ne parvient pas à l'éliminer correctement, cette eau en excès est rejetée sous forme de gouttelette aux extrémités des feuilles et des sépales, on l'appelle l'eau de guttation. Or, cette eau de guttation contient des molécules de néonicotinoïdes et les abeilles boivent souvent cette eau, elles se retrouvent donc exposées aux insecticides également par ce biais lorsque les plantes ont été semées avec des graines enrobées. Girolami et al. (2009) (30) ont analysé cette eau de guttation et ont ainsi trouvé que toutes les plantes semées avec des graines enrobées d'insecticides néonicotinoïdes rejetaient une eau de guttation possédant des concentrations en insecticide constamment supérieures à 10 mg/L. Toutes les gouttes étaient contaminées, ils ont détecté une concentration jusqu'à 100 mg/L pour le thiaméthoxame et le clothianidine et jusqu'à 200mg/L pour l'imidaclopride. Selon ces chercheurs, les abeilles qui boivent ces gouttes d'eau de guttation contaminées risquent de mourir en quelques minutes.

Sur le terrain, suite à l'utilisation du Gaucho®, des apiculteurs ayant placé leurs ruches autour des champs de tournesol dont les graines avaient été enrobées de Gaucho® ont constaté des pertes importantes d'abeilles au moment de la floraison des tournesols et une baisse de la production de miel, voire une absence de réserve de miel dans les hausses. Concernant les abeilles, ils ont constaté, soit une disparition des butineuses soit ils les ont retrouvées mortes devant l'entrée de la ruche ou alors elles paraissaient désorientées, certaines tremblantes, incapables de rentrer dans la ruche et finissaient par mourir. Pour des spécialistes, ces problèmes sont la preuve d'une atteinte du système nerveux des abeilles par intoxication (3).

Henry et al. (2012) (13) ont mené une étude dans une zone de cultures céréalières intensives dans le Sud-Ouest de la France afin de prouver qu'une exposition non létale des abeilles au thiaméthoxame occasionne une mortalité élevée due à l'incapacité de retour des abeilles à leur ruche à des niveaux qui pourraient mettre une colonie en risque

d'effondrement. En effet, dans les systèmes modernes de fermes céréalières, les abeilles sont facilement exposées aux pesticides parce qu'elles dépendent fortement des cultures en floraison, telles que le colza, le maïs ou le tournesol qui sont maintenant traitées couramment contre des insectes parasites. Les pesticides systémiques diffusent à travers tous les tissus de la plante tant qu'elle grandit et éventuellement contaminent le pollen et le nectar. Les butineuses sont alors directement exposées mais aussi le reste de la colonie quand les butineuses reviennent dans la ruche en rapportant des aliments contaminés. Ainsi, un nombre croissant de preuves montre que l'exposition des abeilles à des doses sublétales de néonicotinoïdes a le potentiel d'induire une diversité de troubles du comportement des abeilles butineuses, tels qu'une activité de butinage anormale, une réduction de la mémoire olfactive et de la performance d'apprentissage et une altération des aptitudes d'orientation.

Dans cette étude qui visait à mesurer l'impact du néonicotinoïde sur la capacité des butineuses à retourner au sein de leur ruche, c'est le néonicotinoïde thiaméthoxame (figure 3) qui a été testé, cet insecticide est de plus en plus utilisé dans un grand nombre de pays à travers le monde pour la protection des champs de colza, de maïs, et d'autres cultures dont les fleurs sont butinées par les abeilles. Pour simuler l'exposition journalière des abeilles à des doses sublétales de ce néonicotinoïde, les abeilles de cette étude ont reçu une dose de 1,34 ng de thiaméthoxame dans 20 µL de solution de saccharose pour représenter les conditions réelles dans les champs. Elles ont ensuite été équipées d'une étiquette d'identification par radio-fréquence afin de pouvoir déterminer le nombre d'abeilles qui retournaient à la ruche et d'évaluer la mortalité induite par l'échec du retour des butineuses exposées. Puis elles ont été libérées à 1km de leur colonie (distance que parcourt habituellement une abeille durant un vol pour butiner). Un groupe témoin a également reçu une solution de saccharose non traitée. Afin de différencier l'effet du thiaméthoxame sur les butineuses lorsqu'elles sont dans un environnement connu (elles ont déjà fait le chemin qui mène de la ruche aux sources de nourriture) ou dans un environnement inconnu (nouvelles butineuses, abeilles qui explorent pour repérer de nouvelles sources de nourriture) deux expériences ont été réalisées. L'expérience 1 a simulé l'exposition dans un site connu et dans l'expérience 2, les abeilles ont été libérées dans des zones encore jamais explorées par celles-ci.

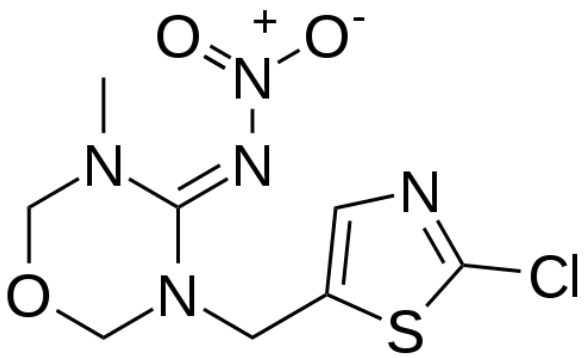


Figure 3 : thiaméthoxame (31)

Ces deux expériences ont mis en évidence une augmentation significative de la mortalité des butineuses exposées au thiaméthoxame par rapport à celles non exposées. Pour calculer ce taux de mortalité induit par l'incapacité des abeilles à rentrer ils ont pris en compte les résultats du groupe témoin puisque la mortalité par d'autres causes (comme la mortalité naturelle ou par des prédateurs) est aussi présente. Ainsi, le pourcentage d'abeilles exposées qui échouent à retourner dans leur colonie quand le butinage se fait tous les jours dans une culture traitée au thiaméthoxame est de 10,2 à 36% (le premier résultat a été déterminé par la première expérience et le second par la seconde expérience).

Les auteurs ont ensuite évalué l'ampleur à laquelle la mortalité par échec de retour en combinaison avec d'autres facteurs peut bouleverser la dynamique de la colonie. Pour cela, ils ont intégré 2 paramètres à leurs scénarios : le taux de ponte par la reine (qui est un paramètre critique dans la dynamique de la ruche) et la proportion de butineuses exposées chaque jour aux cultures traitées. Ils ont alors démontré que la combinaison d'une exposition des abeilles au thiaméthoxame associée à une réduction du taux de ponte par la reine contribue à une chute de la population de la ruche.

Finalement cette étude prouve que l'exposition des abeilles butineuses à des doses sublétales de thiaméthoxame peut diminuer la survie des butineuses et peut contribuer à un risque d'effondrement de la colonie. L'ampleur à laquelle les expositions affectent la survie des abeilles dépend de la connaissance des abeilles des lieux de butinage (13).

De plus, l'insecticide néonicotinoïde est aussi retrouvé dans le sol où des semences enrobées ont été plantées. Ainsi, dans le champ où a été cultivé du maïs traité au Gaucho®, la même année après récolte et labour il a été retrouvé plus de 10 ppb du pesticide dans le sol. L'année suivante, alors que le Gaucho® n'a pas été utilisé, après

récolte et labour, il a encore été détecté de 4 à 5 ppb d'imidaclopride, d'où une rémanence de l'insecticide. Pour certains scientifiques, l'imidaclopride aurait une durée de vie dans l'eau de plus de 3 ans (32).

Ensuite, le risque de contamination des abeilles lors du semis est également possible. En Italie et en Allemagne, au printemps 2008, des milliers d'abeilles sont mortes au moment des semis de maïs traités par clothianidine ou thiamétoxame. En effet, le frottement des graines enrobées de pesticide au moment du semis entraîne une abrasion du pelliculage et donc une dispersion du produit qui forme un nuage de poussière toxique contenant des molécules d'insecticide. Il est ainsi possible par ce biais de retrouver aussi l'insecticide dans l'environnement. Il est donc interdit de semer ces graines enrobées en cas de vent (3).

Les néonicotinoïdes enrobés agissent donc à des doses infinitésimales. Plus ils sont utilisés, plus cela augmente les risques de contamination des abeilles, soit via la plante entière, au moment de la floraison en butinant le pollen et le nectar, ou par l'eau de guttation, soit au niveau de l'environnement au moment du semis de la graine enrobée ou par rémanence (33).

Face à la toxicité qu'ils représentent pour les pollinisateurs, leur utilisation a été réglementée dans certains pays notamment de l'Union Européenne. En effet, en décembre 2013, face aux inquiétudes de la Commission Européenne, des restrictions sur l'utilisation des néonicotinoïdes sont entrées en vigueur en Europe ; certaines molécules sont maintenant interdites pour certaines cultures. Par exemple, l'imidaclopride est encore utilisé en France mais son utilisation est restreinte aux cultures de céréales (3,9).

Le fipronil

Dans les années 1990, une autre famille d'insecticide est également synthétisée : les phényles pyrazoles, avec notamment comme molécule le fipronil (Régent-TS®) qui possède une toxicité et une rémanence élevées. Il s'accumule dans la chaîne alimentaire. Certaines études ayant montré la dangerosité du produit pour les abeilles, la France a pris la décision de l'interdire pour l'usage agricole en 2004 mais il y est toujours utilisé comme insecticide domestique et dans des produits vétérinaires antiparasitaires. Beaucoup de pays de l'Union Européenne ont maintenant aussi restreint l'utilisation du fipronil. Toutefois il reste encore très utilisé dans de nombreux pays du monde en usage agricole, aux États-

Unis notamment (3). Le fipronil provoque chez les abeilles des troubles de la mobilité, de la reconnaissance des odeurs et une baisse des capacités d'apprentissage (14).

Toxicité des insecticides

Au début de leurs utilisations, ces produits étaient bien considérés, mais beaucoup d'apiculteurs tiennent maintenant responsables ces insecticides neurotoxiques dans la disparition des abeilles. Selon J-M. Bonmatin, toxicologue au CNRS et cité par B. Duran, le DDT était 5 000 à 7 000 fois moins toxique pour les abeilles que le fipronil et les néonicotinoïdes (3).

Nous pouvons distinguer deux types de toxicité causées par les insecticides : la toxicité aiguë ou létale qui provoque la mort rapide des abeilles et la toxicité subaiguë ou sublétale qui entraîne des effets au long cours sur la physiologie et le comportement des abeilles mais aussi sur d'autres insectes. Plusieurs effets sublétaux, causés par les pesticides neurotoxiques, peuvent être distingués. D'abord des effets sur la physiologie tels que des malformations, ensuite un comportement de butinage perturbé, également un comportement alimentaire modifié et enfin des troubles d'apprentissage comme l'orientation dans l'espace, la reconnaissance des ruches et des sources de nourriture (34).

Une étude a d'ailleurs mis en évidence l'importance d'une alimentation correcte pour les abeilles afin de réduire leur sensibilité face aux pesticides. Schmehl et al. (2014) (35) ont d'abord montré que le coumaphos et le fluvalinate, deux insecticides et acaricides, retrouvés fréquemment et de manière importante dans les ruches à travers le monde, influaient sur l'expression des séquences des gènes de l'ensemble du génome des ouvrières. Les auteurs ont trouvé des changements significatifs dans 1 118 transcriptions, incluant des gènes impliqués dans la détoxification, le développement du comportement, l'immunité et la nutrition. Les effets des pesticides ne sont pas les mêmes selon le stade de vie. Ainsi, l'exposition au coumaphos et ou au fluvalinate peut provoquer chez les larves une durée de vie réduite ; chez les ouvrières une diminution de la faculté d'apprentissage, de la mémoire, des troubles de l'orientation, une modification du comportement alimentaire. Chez les mâles, des diminutions du poids, de la durée de vie, de la viabilité du sperme ont été constatées. Pour les reines adultes, l'exposition à ces pesticides durant leur développement entraîne une diminution du poids, de la ponte des œufs, de la quantité stockable de spermatozoïdes. Une exposition chronique des abeilles

à des doses sublétales de pesticide a donc un impact sur l'expression des gènes. Ces auteurs rappellent, en se basant sur d'autres études que d'autres pesticides ont des effets similaires tels que les néonicotinoïdes.

Ils ont ensuite montré qu'un régime alimentaire des abeilles basé sur du pollen permet de réduire la sensibilité des abeilles à l'exposition d'un autre pesticide, le chlorpyrifos (un insecticide organophosphoré) et améliore leur réponse immunitaire. Ainsi, une nourriture riche en miel et en pollen est meilleure qu'une supplémentation en sucre sur la régulation de l'activation des gènes. Cette étude montre que l'alimentation, surtout à base de pollen permet de réduire la sensibilité des abeilles à l'exposition des pesticides (35). L'alimentation comme nous le verrons ultérieurement est d'ailleurs impliquée dans les causes de mortalité d'abeilles.

Les fongicides

Puis, nous pouvons évoquer les fongicides, également utilisés pour traiter les cultures. Ils sont considérés comme moins dangereux car ils ne ciblent pas les abeilles. Or, des études ont montré que certains fongicides appliqués sur des cultures pollinisées par les abeilles au moment de la floraison à des doses couramment utilisées ont des effets toxiques sur les abeilles. De plus certains fongicides augmentent la toxicité de certains insecticides, ainsi, les inhibiteurs de la biosynthèse de l'ergostérol interagissent avec les pyréthrinoïdes et les néonicotinoïdes. D'autres études ont également montré que des interactions synergiques sont constatées entre des insecticides et d'autres facteurs de stress pour les abeilles, ainsi, une exposition à l'imidaclopride associée à une infestation par le champignon *Nosema* augmente le taux de mortalité des abeilles (14).

Une vaste étude réalisée en Amérique du Nord a analysé des ruches d'abeilles domestiques des États-Unis et d'une province du Canada afin de rechercher la présence de produits chimiques dans les ruches. Les auteurs ont ainsi retrouvé notamment dans le pollen de fortes concentrations de plusieurs résidus de pesticides tels que des insecticides, des fongicides, un herbicide et des acaricides à des concentrations importantes (fluvalinate et coumaphos). Ces derniers sont utilisés à l'intérieur de la ruche pour la protéger contre l'infestation par l'acarien *Varroa.* La première source de nourriture des abeilles, le pollen, est donc contaminée, par en moyenne 7 pesticides différents, selon les auteurs de cette étude. Ainsi, d'après eux, la consommation de ce pollen par les abeilles ne peut que provoquer des conséquences pour elles. Ce sont les insecticides puis

les fongicides qui ont été retrouvés en plus grandes quantités dans le pollen. Parmi les insecticides ce sont les pyréthrinoïdes tels que la deltaméthrine et la bifenthrine qui ont été détectées le plus fréquemment et à des concentrations toxiques. De plus, comme nous l'avons vu précédemment, l'application simultanée de certains fongicides avec des pyréthrinoïdes augmentent la toxicité de ces dernières sur les abeilles. De même des résidus de néonicotinoïdes ont été identifiés dans le pollen et dans la cire (36).

En Europe des analyses ont également été effectuées sur des produits de la ruche d'abeilles domestiques pour détecter la présence de contaminants chimiques. Une étude réalisée sur des ruches en Espagne a mis en évidence la présence de pesticides agricoles et d'acaricides dans le pain d'abeille et dans la cire. Ce sont ici les acaricides utilisés contre le varroa qui ont été détectés en quantités les plus importantes. Certains insecticides tels que la cyperméthrine, la deltaméthrine et le chlorpyrifos ont aussi été retrouvés à des doses entraînant une toxicité sublétale élevée pour les abeilles (37).

Les produits phytopharmaceutiques en usage apicole

Les produits phytopharmaceutiques à usage vétérinaire que sont les produits d'entretien de la ruche utilisés en prophylaxie ou en traitement tels que les fongicides, les antibiotiques ou les acaricides, employés pour lutter contre des maladies de la ruche comme le varroa, sont également à risque de provoquer des conséquences sur les abeilles, bien que la molécule possède une AMM pour être utilisée au sein de la ruche. En France, seules certaines molécules possèdent une AMM et il faut scrupuleusement respecter les bonnes pratiques d'utilisation car sinon le risque d'intoxication des abeilles est réel. Les produits utilisés peuvent aussi s'accumuler dans la cire et causer un ralentissement du développement du couvain. En effet, comme nous l'avons vu dans les paragraphes précédents, des produits de traitement de la ruche ont été retrouvés lors d'analyses et des études citent notamment des produits utilisés contre le varroa. Le fipronil provoquerait aussi en cas de surdosage la mort des abeilles. Des interactions croisées entre certains produits d'entretien utilisés en association entraînent une potentialisation de leurs effets. Ceci est encore plus problématique lorsque l'agent pathogène ciblé par la ou les substances utilisées est devenu résistant à ces substances (c'est notamment souvent le cas pour le varroa) parce qu'il continue alors à attaquer la ruche. De plus, certaines de ces molécules agissent aussi en synergie avec des pesticides agricoles (9).

Finalement, que ce soit à des doses faibles ou élevées, les abeilles et les pollinisateurs sont exposés en continu aux insecticides, aux fongicides, aux herbicides et autres produits de traitement. En effet, ils sont de plus en plus utilisés. Selon qu'il s'agisse d'un pesticide pulvérisé en plein air ou d'un pesticide utilisé en enrobage de la semence, cela peut être les fleurs avec le pollen et le nectar, mais aussi l'eau de guttation sur la plante ainsi que l'environnement des ruches (air, terre, eau, les habitats, le pollen et le nectar des cultures voisines non traitées) qui se retrouvent contaminés par ces pesticides, ils peuvent alors avoir une action isolée ou combinée lorsqu'ils sont associés. Certains sont parfois utilisés à des concentrations correspondant à une dose létale pour l'insecte, entraînant alors rapidement sa mort, tandis qu'à petites doses ils provoquent des effets chroniques chez les abeilles qui sont alors plus affaiblies et peuvent finalement en mourir. Selon l'organisation Greenpeace, qui s'est basée sur des études réalisées en Europe, sept pesticides devraient être totalement interdits à cause de leurs effets à dose létale et sublétale sur les pollinisateurs aussi bien sur les abeilles domestiques que sur tous les pollinisateurs sauvages. Ces sept molécules sont l'imidaclopride, le thiaméthoxame, le fipronil, la clothianidine, le chlorpyriphos, la cyperméthrine et la deltaméthrine (14).

c) Les causes environnementales

Pratiques agricoles

L'agriculture qui comprend les terres cultivées et les pâtures a beaucoup évolué au cours du 20ème siècle pour devenir aujourd'hui plus industrialisée avec notamment l'utilisation des engrais, des pesticides, la pratique de la monoculture et une expansion sur de nouvelles terres. Ce sont tous les pollinisateurs, sauvages et domestiques, qui souffrent de cette industrialisation de l'agriculture, d'une part par la pollution chimique (intoxication) comme nous l'avons vu et d'autre part par la perte de leurs habitats naturels et de leurs ressources alimentaires comme nous allons le voir (14).

Les pesticides causent ainsi également des effets indirects sur les pollinisateurs. Ce sont alors surtout les herbicides qui sont impliqués (en agriculture mais aussi en usage domestique) puisqu'en détruisant les adventices, ils limitent la quantité et la diversité en végétaux pour les pollinisateurs. En effet, ils réduisent les habitats des pollinisateurs ainsi que leurs ressources alimentaires disponibles au cours de l'année (8,20). Ceci est encore plus marqué lors de l'utilisation de plantes transgéniques, desquelles on a modifié la

génétique afin de les rendre résistantes aux herbicides, pour permettre d'en utiliser davantage afin de réaliser un désherbage plus complet pour détruire les adventices (8).

Ensuite, d'autres pratiques agricoles causent une perte d'habitats et une diminution des ressources alimentaires. En effet, l'homme a modifié l'environnement des abeilles. Il a aménagé les villes et les cultures. Avec l'industrialisation de l'agriculture nous avons pu assister à une destruction des talus, des bords de routes, des haies et des bosquets bordurant les parcelles, à un fauchage des prairies avant floraison mais aussi à une destruction des forêts et des champs en jachère. La biodiversité végétale si importante pour l'abeille est ainsi réduite (8,9).

Pour Kremen et al. (2007), labourer, irriguer ou débroussailler sont des pratiques agricoles qui détruisent les habitats des pollinisateurs (38).Cette destruction des habitats concerne moins les abeilles domestiques par rapport aux autres pollinisateurs mais les concerne malgré tout dans la mesure où cette diversité représente également une source de nourriture. En outre, la destruction des haies cause aussi un impact au niveau de la pollution de l'eau et de l'instabilité des sols. Une prise de conscience de toutes ces conséquences est en train d'émerger, et en Europe, on commence progressivement à replanter des haies (qui ne correspondent d'ailleurs pas toujours à la flore d'origine et de plus on continue à traiter pour limiter les mauvaises herbes) (9).

Enfin, les pratiques agricoles ont également changé au cours de ces dernières années au niveau du choix des cultures. Il y a maintenant moins de cultures de plantes mellifères et pollinifères, notamment moins de légumineuses qui sont des espèces entomophiles. À la place ce sont surtout les céréales, plantes ni mellifères ni pollinifères, qui sont cultivées. Ainsi les ressources alimentaires des insectes pollinisateurs se trouvent encore diminuées. De plus, la pratique de la monoculture, qui consiste à cultiver la même espèce sur la même parcelle année après année (39), en n'offrant qu'une seule source florale empêche la biodiversité et ne permet pas d'alterner les sources de nourritures pour les insectes dans une alimentation équilibrée. Aussi, lorsque ces végétaux sont pauvres en pollen et en nectar, ils ne présentent pas non plus d'intérêts pour les abeilles (8).

Une étude réalisée aux Pays-Bas et au Royaume-Uni a établi le lien entre la diminution des ressources végétales localement et la diminution de pollinisateurs et d'abeilles (40).

Alimentation

Comme nous venons de le voir, l'agriculture intensive provoque une baisse de la biodiversité avec un manque de plantes pollinifères et mellifères. En outre, certaines plantes à fleurs sont aussi en train de disparaître (3).

Or, ces fleurs représentent la seule source de nourriture pour les abeilles qui peuvent y récolter leurs ressources alimentaires c'est-à-dire le pollen et le nectar. Si la ruche est placée dans un environnement où les fleurs sont limitées dans le temps et dans l'espace, les abeilles risquent de se retrouver sans nourriture, c'est la famine. Même si l'apiculteur complète leur alimentation, les abeilles ont besoin des fleurs pour correctement se nourrir et notamment butiner le pollen essentiel pour leur apporter les protéines (14).

Ainsi, si les plantes pollinifères ne sont pas assez nombreuses, les abeilles se tourneront alors vers d'autres sources polliniques de moindres valeurs nutritionnelles. Or, en cas d'apport insuffisant en pollen il y aura une baisse de la ponte du couvain donc moins d'abeilles. En effet, un apport suffisant en pollen est essentiel, d'une part au printemps pour permettre la reprise de l'activité de la ruche avec la ponte et d'autre part à la fin de l'été pour permettre la naissance des abeilles d'hiver afin d'assurer la survie de la colonie durant la période hivernale. De plus, en cas de carence pollinique la larve qui se transforme en ouvrière risque d'avoir une espérance de vie plus courte et si les abeilles d'hiver meurent prématurément avant la reprise d'activité au printemps c'est la survie de la colonie toute entière qui est menacée (8).

En cas d'apport insuffisant en nectar, c'est la réserve de miel qui sera plus faible. Or, cette réserve est essentielle car c'est la seule nourriture qui sera disponible durant l'hiver. Le miel leur fournit notamment de l'énergie pour réchauffer la ruche durant la saison froide. Si les abeilles n'ont pas assez de nourriture, elles risquent de mourir de faim et la colonie s'affaiblira (9).

En effet, les abeilles ont besoin d'une alimentation riche en protéines et en glucides. Pour qu'elles soient en bonne santé et qu'elles fabriquent leurs défenses immunitaires, il est important que leur nourriture soit disponible en quantité suffisante et de bonne qualité. Il faut notamment plusieurs sources de pollen pour avoir une alimentation équilibrée en protéines, oligoéléments, vitamines d'où l'importance d'une biodiversité en fleurs. Selon l'alimentation des abeilles, on pourra constater des variations de poids ou de taille (9).

Ensuite nous pouvons évoquer les cas de contamination des abeilles par du nectar ou du pollen, soit naturellement toxiques, par exemple la plante *Anemone nemorosa,* soit contaminés par un micro-organisme comme un champignon produisant des mycotoxines tel que *Aspergillus flavus* (8). Ces cas d'intoxication posent essentiellement des problèmes lorsque ces plantes sont les seules sources de nourriture aux alentours des ruches.

Les facteurs de risque alimentaires pour la colonie sont donc essentiellement un apport en pollen et en nectar quantitativement insuffisant et non diversifié.

Facteurs climatiques

D'après le PNUE, les changements climatiques avec la hausse des températures, les modifications des niveaux de précipitations et les phénomènes météorologiques extrêmes auront des conséquences sur les abeilles et les pollinisateurs, d'abord individuellement, puis à terme c'est toute l'espèce qui risque de s'éteindre (20).

D'abord en ayant des répercussions directes sur les ressources alimentaires. Par exemple, en cas de sécheresse, il y a une diminution des plantes mellifères et pollinifères donc les ressources alimentaires pour les abeilles se trouvent réduites (8).

Du fait des changements climatiques, le premier vol de sortie des abeilles en fin d'hiver a été avancé, ce phénomène appelé « glissement de saison » a été étudié en Pologne notamment où les abeilles font maintenant leur premier vol printanier plus d'un mois plus tôt. Ceci est attribué aux hausses des températures (41). Le printemps précoce fait sortir prématurément les abeilles de leurs ruches dès que la température extérieure approche les 12 à 15°C selon les conditions météorologiques (vent, pluie, ensoleillement) mais le pollen n'est pas forcément présent à ce moment-là et les abeilles pourront souffrir de cette absence (9). En effet, les rythmes de floraison des plantes se voient modifiés et il risque d'y avoir des répercussions sur les interactions entre les insectes pollinisateurs et les plantes à fleurs qui leurs servent de nourriture. D'après Memmott et al. (2007) (42), ce sont 17 à 50% des espèces de pollinisateurs qui souffriront d'un manque de nourriture d'après les changements climatiques prévus. De plus le service de pollinisation sera lui aussi réduit et des extinctions d'espèces végétales sont également à craindre.

Ensuite les facteurs climatiques ont une influence sur la durée de vie des abeilles et provoquent des répercussions sur le développement et le fonctionnement de la colonie. Si

la température est trop basse durant les périodes de floraison, les ouvrières interrompent leur vol de butinage, avec pour conséquence un approvisionnement insuffisant en nectar et en pollen. De plus, d'après une étude, la température optimale pour élever le couvain est d'environ 34,5°C. Selon les températures extérieures il est alors plus difficile pour les abeilles de réguler la température à l'intérieur de la ruche. Une autre étude a d'ailleurs mis en évidence que si le couvain est élevé à des températures trop hautes ou trop basses, les ouvrières pourront présenter des troubles de mémorisation, d'apprentissage, et des problèmes d'orientation (8).

Les conditions climatiques peuvent donc directement avoir une influence sur le développement de la colonie et sa survie, ainsi que de manière indirecte en réduisant leurs ressources alimentaires.

Champs électriques et magnétiques

D'autres hypothèses environnementales expliquant la mortalité des abeilles ont été avancées telles que l'influence des ondes électriques et magnétiques.

Il est vrai que l'abeille possède des petits cristaux contenant du fer au niveau de son abdomen qui lui permettent de percevoir les champs électriques et magnétiques (8). Grâce à ces cristaux nanométriques, l'abeille peut s'orienter dans le temps et dans l'espace. Pour certains auteurs les ondes électriques et magnétiques influeraient l'orientation des abeilles et provoqueraient une diminution du nombre d'ouvrières butineuses rentrant à la ruche (9). Néanmoins, selon l'AFSSA, l'influence de ces champs sur l'abeille a été peu étudiée et pour le moment aucune étude ne prouverait un lien entre ces champs et la mortalité des colonies d'abeilles (8).

D'autres hypothèses ont été proposées comme la pollution sans qu'aucun lien avec la disparition des abeilles ne soit prouvé à l'heure actuelle (9).

Finalement, les principales causes environnementales impliquées dans la mortalité des abeilles sont tout d'abord liées au modèle de l'agriculture intensive actuelle, l'utilisation des herbicides pour détruire les adventices ainsi que la destruction des haies, entre autres, diminuent les habitats et les ressources florales des abeilles. La pratique de la monoculture et le choix pour des cultures peu mellifères et pollinifères réduisent également la diversité en nectar et pollen. Or, une alimentation équilibrée est essentielle

aux abeilles pour le bon développement de la colonie. En outre, les changements climatiques actuels sont eux aussi responsables d'une perte en nourriture pour les abeilles ainsi que de facteurs de stress auxquels elles doivent faire face. Enfin, les champs magnétiques et électriques ne constituent pour le moment qu'une hypothèse.

d) Les causes apicoles

Sans qu'elles soient toutes considérées comme des causes actuelles de mortalité anormale ou élevée des colonies d'abeilles, certaines causes propres à la vie de la ruche et à son entretien sont responsables également de perte d'abeilles.

Ainsi, au sein d'une ruche, s'il n'y a pas assez d'ouvrières, il n'y aura alors pas suffisamment de réserves alimentaires, le développement de la colonie sera ralenti. De plus s'il n'y a pas assez d'ouvrières pour passer l'hiver, le premier risque est que la température au sein de la ruche ne puisse être maintenue à la valeur optimale et le second que la reprise d'activité en sortie de l'hiver ne puisse se faire. En outre, si la reine meurt sans qu'il y ait de cellules royales dans le couvain, il n'y aura alors pas de nouvelle reine et la colonie ne peut pas survivre sans reine.

Au niveau des pratiques apicoles, l'AFSSA répertorie les situations à risque pour la colonie telles que le positionnement des ruches dans un environnement humide (comme de l'eau résiduelle sur la ruche) ou dans un environnement insuffisamment riche en ressources de pollen et de nectar pour toute la saison et pour tout le rucher ou encore dans un environnement sans ressources en eau mises à proximité de la ruche. De plus, l'apiculteur doit veiller à ce que la planche d'envol soit bien dégagée, à ne pas mettre de trappes à pollen en permanence pour ne pas risquer de causer une carence. En cas de récolte peu abondante par les abeilles, il faut également leur ajouter de la nourriture artificielle de manière suffisante pour éviter la famine afin qu'elles survivent à l'hiver (8).

Ce produit de nourrissement artificiel est un sirop de sucre (fructose). Il sert de nourriture pour l'hiver mais il est aussi utilisé par les apiculteurs parce qu'il a l'avantage de stimuler la ponte des œufs par la reine pour augmenter la colonie à la reprise de l'activité et il permet d'accroître la production de miel. Cette alimentation artificielle appelée le “nourrissement” n'offre toutefois pas une alimentation variée. Cette technique d'alimentation est donc remise en question puisqu'elle pourrait provoquer un

affaiblissement des défenses immunitaires rendant les abeilles plus fragiles face aux agents pathogènes et contaminants extérieurs (9).

Une utilisation non adéquate des traitements de la ruche est également en cause, les produits liposolubles utilisés contre le varroa contaminent la cire et peuvent entraîner des conséquences notamment sur la reine (8). Une étude réalisée en Wallonie a mis en évidence une relation entre les traitements utilisés de façon non appropriée contre *Varroa destructor* et la surmortalité des abeilles (43). Comme il est interdit de traiter durant la miellée, il n'y a pas beaucoup de temps pour appliquer le traitement utilisé contre la varroase et les résistances aux traitements visant à protéger les abeilles contre les agents pathogènes sont aussi un problème, notamment à cause d'une résistance aux acaricides contre *Varroa destructor* (8).

L'introduction de maladies dans le rucher est aussi possible lors d'une utilisation de ruche ou de matériel non désinfectés, ou lors d'une introduction d'un couvain ou d'abeilles provenant d'une autre colonie contaminée (8).

Ensuite, l'intensification de l'apiculture est considérée comme responsable de mortalité. En effet, l'élevage de ruches s'est industrialisé dans certains endroits du monde, c'est le cas aux USA. Là-bas, les apiculteurs pratiquent la transhumance, c'est-à-dire qu'ils déplacent leurs colonies d'une zone riche en fleurs à une autre. Cette pratique stresse les abeilles et les rend plus vulnérables aux maladies. En outre, les abeilles n'auront alors qu'une seule source de nourriture parce que la transhumance y est pratiquée pour polliniser une culture en particulier. De plus, ces transhumances provoquent de fortes concentrations d'abeilles en un même lieu ce qui contribue également à propager les maladies (9).

Enfin, la sélection de reines et le croisement pour améliorer des critères comme la non agressivité et la production de miel, mais au détriment d'autres, sont des facteurs d'affaiblissements des colonies par homogénéisation du patrimoine génétique des populations d'abeilles (8). De plus, les abeilles sélectionnées sont moins adaptées à leur environnement. La reproduction se fait alors par insémination artificielle ou avec des sous-espèces choisies selon les critères souhaités. À la différence de la nature, où la reine est fécondée par plusieurs mâles d'origines différentes, ce qui permet d'augmenter le

brassage génétique et d'éviter la consanguinité. La sélection des reines risque donc de faire disparaître les souches sauvages (9).

Si ce ne sont pas ces causes qui provoquent les effondrements de colonies constatés dans le monde, elles peuvent toutefois contribuer, associées à d'autres facteurs de stress ou à d'autres causes, à la perte de colonies.

Bilan sur le déclin des populations d'abeilles

Finalement, bien que ce ne soit pas toujours le CCD qui soit constaté, la mortalité importante des abeilles dans le monde est préoccupante mais les causes ne sont pas toujours déterminées. Quand une disparition d'abeilles a lieu chez un apiculteur, la recherche des causes n'étant pas systématiquement effectuée, il n'y a alors pas de diagnostic établi et ainsi la ou les causes peuvent rester inconnues. Néanmoins, certaines causes que nous avons pu voir sont très impliquées dans les phénomènes de mortalité, notamment l'acarien *Varroa destructor,* les champignons *Nosema sp*, certaines bactéries comme la loque américaine, certains virus comme l'IAPV ou encore des prédateurs tels que le frelon asiatique. Mais aussi les pesticides avec les insecticides et fongicides par leurs effets toxiques sur les abeilles et les herbicides en contribuant à la perte de la biodiversité, également causée par d'autres pratiques d'une agriculture intensive comme la monoculture et la destruction des haies et bordures de champs. Cette perte en diversité florale réduit la quantité et la qualité des ressources alimentaires des abeilles que sont le pollen et le nectar. Elles ont d'ailleurs besoin que ces aliments soient récoltés sur différentes espèces végétales afin d'obtenir tous les nutriments dont elles ont besoin pour vivre, une mauvaise alimentation des abeilles mettant en péril leur survie. D'autres facteurs, même si tous ne provoquent pas à eux seuls de mortalité, contribuent à affaiblir les abeilles, notamment les facteurs climatiques et certaines pratiques apicoles telles que la sélection qui contribue à appauvrir le patrimoine génétique des abeilles.

Si autrefois les causes de mortalités étaient surtout liées aux agents biologiques, actuellement, selon l'AFSSA, il s'agirait plutôt de l'association de plusieurs causes et facteurs de stress, pouvant agir soit de manière isolée ou soit en synergie, ce qui contribue à provoquer selon les situations un affaiblissement, un effondrement ou une mortalité des colonies d'abeilles (8). De même, le phénomène de CCD est vraisemblablement un syndrome multifactoriel.

Nous allons maintenant aborder les conséquences qu'il y aurait sur l'environnement si toutes ces causes venaient effectivement à provoquer la disparition des abeilles en sachant que ces dernières tiennent un rôle essentiel dans la reproduction des plantes à fleurs.

I.C) Le rôle écologique des abeilles et les ressources qui en découlent pour les hommes

I.C.1 La pollinisation

a) Définition

La pollinisation est le mode de fécondation des plantes Spermatophytes ou plantes à graines. Parmi les Spermatophytes on trouve les Gymnospermes dont l'ovule est nu et est porté par un rameau fertile appelé cône et les Angiospermes dont les ovules sont contenus dans un ovaire, ce sont les plantes à fleurs, grâce auxquelles les fruits sont produits. Les Angiospermes représentent d'ailleurs la plus grande partie des espèces végétales terrestres (environ 75%).

La pollinisation correspond donc au transport des grains de pollen à partir des parties mâles d'un cône (pour les Gymnospermes) ou d'une fleur (pour les Angiospermes) vers les parties femelles d'un cône ou d'une fleur. C'est donc une étape dans la reproduction sexuée des plantes à graines (44–47). Cette étape qui permet la fécondation entre le gamète mâle et le gamète femelle aboutit à la formation d'une graine qui après dispersion et dans de bonnes conditions pourra germer et donner un nouveau plant.

Le pollen est produit par les organes mâles de la fleur appelés les étamines, au niveau de la partie terminale nommée anthère. Les cellules-mères donnent chacune 4 grains de pollen qui contiennent chacun le gamète mâle nécessaire à la reproduction de la plante. Lors de la floraison les anthères s'ouvrent, libérant ainsi les grains de pollen qui pourront être dispersés de différentes façons. Il existe donc différents modes de pollinisation (2).

Tout d'abord l'autopollinisation qui correspond au transport d'un grain de pollen d'une fleur vers la partie femelle de la même fleur ou d'une fleur du même plant. Ce mode de pollinisation conduit à une autofécondation ou autogamie. Ensuite la pollinisation

croisée ou allopollinisation qui correspond au transport de grains de pollen entre deux plantes distinctes appartenant à la même espèce. Cette pollinisation permet une fécondation croisée ou allogamie, c'est-à-dire une fécondation entre deux gamètes (mâle et femelle) issus de deux plantes différentes (48–50). Nous allons pouvoir distinguer plusieurs intervenants dans cette pollinisation croisée.

b) Les différents intervenants dans la pollinisation croisée

Zoogamie

Tout d'abord, les premiers intervenants dans cette allopollinisation sont les animaux. Cette méthode de pollinisation impliquant les animaux est même la plus utilisée. Elle se nomme la zoogamie (51).

En effet, d'après l'INRA, l'Institut National de la Recherche Agronomique, environ 200 000 espèces d'animaux pollinisent environ 225 000 espèces de plantes à fleurs (52).

Les principaux acteurs sont d'ailleurs les insectes. On parle alors d'entomogamie. L'entomogamie est considérée comme le moyen le plus efficace et le plus utilisé pour fertiliser les plantes. Grâce à cela des relations de mutualisme se sont créées entre les insectes et les végétaux. En effet les insectes permettent la reproduction et la dissémination des plantes à fleurs via la pollinisation et ces dernières offrent aux insectes les ressources dont ils ont besoin pour vivre : de la nourriture (nectar, pollen) et voire un abri (tige, feuille, après modifications avec de la cire par exemple). Il s'agit donc d'une coopération entre les plantes à fleurs et les abeilles et autres insectes. Ces plantes pollinisées par les insectes sont appelées des plantes entomophiles. Plus de 80% des espèces végétales de plantes à fleurs dans le monde sont pollinisées par les insectes. La survie et l'évolution de ces espèces dépendent directement de ces insectes pollinisateurs qui sont pour la majorité des abeilles (domestiques et sauvages) (51).

Ainsi, beaucoup d'insectes participent à la pollinisation notamment des hyménoptères qui occupent d'ailleurs la première place mondiale en tant que pollinisateurs (abeilles, guêpes, fourmis), ensuite des diptères (mouches, syrphes), des lépidoptères (papillons) et aussi des coléoptères (coccinelles, charançons) (3,52).

Pour attirer les insectes pollinisateurs afin qu'ils disséminent le pollen, les plantes à fleurs utilisent des moyens tels que : la production de nectar, des senteurs, des couleurs,

des aspects morphologiques comme la taille de la corolle adaptée à un insecte, le mimétisme. Les insectes perçoivent mieux la couleur jaune, c'est donc souvent des fleurs au ton jaune qui les attirent. Ces caractéristiques sont issues de mutations qui sont apparues au cours de l'évolution et étant bénéfiques à la plante, elles ont perduré. Certaines de ces caractéristiques permettent d'attirer spécifiquement une espèce d'insecte pour aboutir à une coopération unique. Chaque espèce d'insecte a également élaboré différentes façons pour récolter et disséminer le pollen. Grâce à ces spécificités, les insectes ne sont donc pas en concurrence et chaque variété de plante sera principalement pollinisée par tel ou tel insecte. Il s'agit d'un équilibre précis entre les plantes à fleurs et les insectes car, par exemple, si l'abeille récoltait tout le pollen pour l'emmener à la ruche en tant que nourriture pour la colonie, il n'y aurait plus de pollinisation. Ceci entraînerait une perte voire une disparition de ces plantes et, au contraire, si l'abeille n'était pas attirée par la fleur et qu'elle ne venait pas butiner, alors elle ne participerait pas à la pollinisation de cette plante et finalement l'espèce pourrait aussi disparaître. Ainsi, les scientifiques parlent d'une coévolution entre les plantes à fleurs et les insectes (51).

Les abeilles domestiques, les abeilles sauvages, les bourdons et autres insectes ne sortent pas butiner dans les mêmes conditions climatiques d'où l'importance de tous les pollinisateurs (3).

Parmi les animaux participant à la zoogamie, on trouve ensuite les oiseaux. On parle alors d'ornithophilie. Ce moyen de pollinisation est surtout rencontré dans les régions tropicales et subtropicales. Ces oiseaux, essentiellement des colibris, des souïmangas et d'autres oiseaux méliphages, viennent sur des fleurs pour se nourrir de leur nectar et ainsi participent à la dissémination du pollen (51).

Les chauves-souris participent également à la pollinisation, on parle de cheiroptérogamie. La plupart des chauves-souris sont insectivores néanmoins certaines mangent des fruits et d'autres des fleurs et du nectar. En se nourrissant du nectar, la chauve-souris récupère en même temps les grains de pollen qu'elle déposera alors sur le pistil d'autres fleurs en voulant récupérer à nouveau du nectar (51).

Enfin plus faiblement, d'autres mammifères participent à la pollinisation comme des rongeurs et des herbivores (51).

Anémogamie

Un autre intervenant dans la pollinisation croisée est ensuite le vent. L'anémogamie ou anémophilie désigne la fécondation des fleurs grâce à la pollinisation par le vent qui dissémine les grains de pollen. Les végétaux qui utilisent ce procédé pour permettre leur reproduction sont appelés anémophiles, cette méthode est simple mais n'est pas très efficace, la plante doit produire d'importante quantité de pollen léger. Environ 10% des espèces utilisent le vent comme pollinisateur principal. Il s'agit de la plupart des Gymnospermes et d'environ 10% des Angiospermes, essentiellement les Graminées (céréales) telles que le riz, le maïs, l'orge, le seigle (3,44,52).

Hydrogamie

Enfin, l'eau peut aussi jouer un rôle dans la pollinisation, on parle d'hydrogamie ou hydrophilie. Cette méthode concerne très peu d'espèces, ce sont des plantes aquatiques, le courant permet de transporter leurs grains de pollen vers d'autres plantes (44).

Le vent et l'autopollinisation ne représentent que 15 à 30% des pollinisations, le rôle des animaux et principalement des insectes est donc majoritaire (9).

c) Le rôle des abeilles dans la pollinisation croisée des plantes à fleurs

D’après l’auteur Melchiorre Biri, parmi les insectes visitant les fleurs pour les polliniser, 76.6% sont des abeilles domestiques, 7.6% sont des bourdons, 3.9% sont des mouches, 3.7% sont des fourmis, 3.4% sont des coléoptères, 2.6% sont des abeilles sauvages, 0.5% sont des guêpes et 1.7% sont d’autres insectes (53).

Près de 80 % de la flore européenne est pollinisée par les insectes, et en particulier par les abeilles d'après l'ITSAP, l'Institut Technique et Scientifique de l'Apiculture et de la Pollinisation (54). Si l'on regarde plus spécifiquement au niveau des espèces cultivées en Europe, c'est 84% de ces plantes qui dépendent directement des pollinisateurs et notamment à plus de 90% des abeilles domestiques et sauvages (55). Ces plantes sont essentiellement des cultures oléagineuses, protéagineuses, des cultures de fruits et de légumes (11).

Parmi les plantes à fleurs ayant besoin des insectes pour assurer leur pollinisation, certaines sont fortement dépendantes des abeilles comme : les pommiers, les amandiers,

les avocatiers, les cerisiers, les concombres, les melons, les oignons, les arachides, le coton (56). Nous pouvons également citer les orchidées (2). D'après le plan de développement durable de l'apiculture, environ 170 000 espèces de plantes à fleurs sont pollinisées par les abeilles et parmi ces plantes 40 000 en ont absolument besoin (11).

Ces données nous montrent que les abeilles, même si elles ne sont pas les seules à participer à la pollinisation, représentent une grande partie des insectes pollinisateurs et ont donc un rôle essentiel.

La participation des abeilles à la pollinisation se fait lors du butinage. En effet, les abeilles se nourrissant de pollen et de miel, qu'elles fabriquent à partir du nectar qu'elles ont butiné, vont donc sur les fleurs pour récolter ces aliments afin de nourrir la colonie (2).

Comme nous l'avons vu dans la partie précédente une coévolution a eu lieu entre les plantes et les abeilles. Ainsi, les fleurs mellifères, c'est-à-dire celles produisant le nectar qui est un liquide sucré et parfumé sécrété par les glandes nectaires de la fleur attirent les abeilles. Celles-ci vont alors de fleurs en fleurs pour aspirer grâce à leurs trompes le nectar ou pour récolter le pollen (photo 6). Tout en butinant ces aliments, des grains de pollens tombent sur le corps de l'abeille, ces grains seront alors déposés sur d'autres fleurs au fur et à mesure que la butineuse les visite (3,57). Lorsque les ouvrières récoltent le pollen pour leur consommation, elles le stockent dans leurs corbeilles sur leurs pattes arrières. Ce n'est donc pas ce pollen qui va se déposer sur les pistils des autres fleurs. C'est le pollen qui se répartit sur tous les poils du corps de l'abeille qui participe essentiellement à la pollinisation (51).

De plus, lorsqu'une ouvrière part récolter de la nourriture, elle fait preuve d'une certaine fidélité envers une espèce de plante qu'elle va butiner au cours de son voyage ; cela permet donc d'augmenter les échanges de pollen entre plusieurs plantes d'une même espèce. Néanmoins, il arrive également que l'abeille aille butiner d'autres fleurs au cours d'un même voyage et dépose donc du pollen d'une autre espèce sur le stigmate d'une fleur, cela favorise donc aussi les croisements interspécifiques, qui contribuent à l'évolution des espèces végétales (2). Le croisement interspécifique correspond à une reproduction sexuée entre deux individus appartenant à deux espèces différentes mais généralement génétiquement proches (58).

Photo 6 : Abeille butinant du nectar et participant à la pollinisation des fleurs de lavande. (Photo personnelle)

Les abeilles peuvent être considérées comme les meilleurs pollinisateurs grâce à leurs poils sur leurs corps qui accrochent bien le pollen, elles transportent ainsi des milliers de grains de pollen de fleurs en fleurs. Étant donné qu'elles en visitent beaucoup pour récolter leur nourriture, cela augmente les chances de reproduction de ces plantes. (3).

d) L'importance de la pollinisation croisée

La pollinisation permet la reproduction des espèces végétales. La plupart des plantes à fleurs étant hermaphrodites, toutes celles-ci pourraient utiliser l'autopollinisation, permettant ainsi au végétal grâce à l'autofécondation, de se reproduire et de préserver la lignée de l'espèce. Toutefois cette méthode est peu utilisée puisqu'elle appauvrit le patrimoine génétique. En effet les plantes utilisent préférentiellement la pollinisation croisée par d'autres intervenants ce qui leur permet de se reproduire via l'allogamie.

D'ailleurs, pour certaines plantes dites auto-incompatibles ou auto-stériles, ce mode de reproduction est essentiel, notamment pour certaines variétés d'arbres fruitiers, c'est-à-dire qu'ils ne peuvent se reproduire que par du pollen provenant d'un autre plant. Pour les variétés auto-fertiles ou auto-compatibles, qui peuvent se reproduire avec leur propre pollen (autogamie) l'intervention des pollinisateurs reste préférable en favorisant les échanges de pollen entre individus (3).

Ainsi cette méthode de pollinisation aboutit à un croisement du patrimoine génétique des plantes au sein d'une même espèce. Ce brassage génétique permet aux plantes d'évoluer, de s'adapter aux changements (climatiques, modifications des sols, etc.), d'augmenter leurs résistances, d'apporter une plus grande diversité, en évitant par

ce moyen la consanguinité qui appauvrit l'espèce et peut aboutir à sa dégénérescence (51). Au niveau agricole, la pollinisation croisée permet d'augmenter les rendements et la qualité des fruits et légumes produits (59).

Les abeilles (domestiques et sauvages) et les autres intervenants de la pollinisation croisée sont donc des acteurs essentiels au maintien de la biodiversité de toutes les espèces concernées par la pollinisation. C'est grâce à toutes ces interactions entre les plantes et les pollinisateurs que cette biodiversité existe. Si une modification apparaît dans cet équilibre comme la diminution voire la disparition d'un acteur, un déséquilibre des écosystèmes pourra alors être constaté (51). C'est ce que nous allons évoquer dans la partie suivante en émettant l'hypothèse d'une poursuite du déclin des abeilles.

I.C.2 Conséquences de la disparition des abeilles sur la diversité des végétaux : impacts écologiques et économiques

Si les abeilles disparaissaient, il y aurait probablement une diminution de certaines espèces végétales voire une extinction pour d'autres car la survie de ces espèces dépend directement des pollinisateurs et notamment en majorité des abeilles. Les répercussions qui seraient d'ordres écologiques et économiques, ne sont pour l'instant que des hypothèses, et ne sont pas réellement prévisibles. Toutefois dans certaines régions du monde où les abeilles ont disparu, des conséquences sont déjà visibles.

En effet, depuis une vingtaine d'années les abeilles ont disparu de la région de Sichuan en Chine. Cette disparition serait due à une utilisation non contrôlée et abusive de pesticides. Cette utilisation massive des pesticides est d'ailleurs toujours d'actualité puisque les agriculteurs continuent de les utiliser pour protéger leurs vergers de pommiers et de poiriers contre des insectes. Les conséquences concernent donc toutes les plantes nécessitant la pollinisation croisée, effectuée par les abeilles, pour leur reproduction. Les répercussions se font ressentir sur toute l'économie de la région puisque ce sont les humains qui doivent se substituer aux abeilles en pollinisant les arbres fruitiers de la région à la main. Cette méthode de remplacement est longue et moins efficace, le pollen doit d'abord être extrait manuellement des fleurs puis être séché avant que les hommes ne viennent ensuite déposer le pollen sur chaque fleur à l'aide d'un petit plumeau couvert de grains de pollens (9).

Une créatrice, Laura Allcorn, a d'ailleurs créé une « boîte à outils » de pollinisation à la main afin de faire prendre conscience aux humains du travail colossal qu'il faudrait alors fournir pour remplacer les abeilles. Elle a en effet inventé de petits outils qui permettraient de polliniser les fleurs à la main. Son projet de pollinisation humaine intègre l'exposition « Human + :The future of our species » qui a été présentée notamment à Science Gallery à Dublin mais aussi dans d'autres villes du monde comme à Singapour (60,61).

Les rendements dans les cultures de Sichuan sont donc moins bons, les besoins en main d'œuvre plus importants d'où un coût de la main d'œuvre plus élevé ; les prix de vente des fruits et légumes sont donc augmentés. Par conséquent, les populations les moins aisées ne peuvent plus acheter ou en moindre quantité ces denrées. Ces aliments étant nécessaires à une alimentation équilibrée, la disparition des abeilles dans cette région a donc un impact économique mais également un impact sur la santé publique (9).

Impacts écologiques

Si l'on regarde tout d'abord plus spécifiquement au niveau de l'impact écologique, plusieurs hypothèses de conséquences écologiques seraient à craindre suite à la disparition des abeilles.

En effet, en l'absence de pollinisateurs, la fécondation des plantes baisserait d'où une diminution de la diversité génétique qui pourrait aboutir à l'extinction d'espèces de plantes à fleurs (par consanguinité, maladies, non adaptation à l'environnement, etc.).

Or cette diversité en végétaux profite à d'autres. En effet certains végétaux entrent dans les chaînes alimentaires d'autres espèces, il s'agit là d'un réseau trophique. En ce qui nous concerne, notre alimentation est basée sur des légumes, des fruits, des céréales et pour la plupart de ces végétaux (légumes et fruits) c'est grâce à la pollinisation par notamment les insectes et en particulier les abeilles que nous pouvons les consommer. Nous nous nourrissons également de viande, la nourriture de ces animaux que nous mangeons comprend également pour une bonne part des végétaux qui nécessitent l'intervention de la pollinisation croisée. Ainsi, la pollinisation est nécessaire pour apporter une diversité et une abondance en végétaux qui profitera aux humains et également aux autres espèces vivantes (9). Ce serait environ 20 000 végétaux qui risqueraient de disparaître en cas de disparition des abeilles. Notamment des fruits, des légumes, ainsi que des graines et des noix qui correspondent à des aliments pour les humains (62).

D'autre part, si les plantes ayant besoin de la pollinisation par les insectes disparaissent, les consommateurs de ces espèces devront alors changer leur régime alimentaire et se tourner vers d'autres plantes ne nécessitant pas l'intervention des insectes pour leur reproduction. Si les plantes à fleurs qui servent de nourriture aux animaux disparaissent et que ces animaux ne se tournent pas vers une autre alimentation, c'est le déclin de ces animaux qui serait à craindre. Les animaux verraient notamment toutes leurs chaînes alimentaires se modifier. Finalement, ce sont tous les animaux qui risqueraient de subir des répercussions suite à une disparition de certains végétaux provoquée par la perte des principaux agents pollinisateurs que sont les abeilles (9).

Enfin, toute la diversité des plantes à fleurs permise par la pollinisation nous offre la beauté des paysages (3).

Finalement, si les abeilles (et les autres insectes pollinisateurs) disparaissaient, des changements seraient à craindre dans tous les écosystèmes.

L'alimentation principale des hommes sur Terre repose sur les céréales (comme le riz, le blé et le maïs) et les pommes de terre dont les reproductions sont indépendantes de la pollinisation, la survie des hommes ne devrait donc pas être menacée. Toutefois, comme le souligne Charlotte Jarrige, les répercussions sur l'homme des modifications des écosystèmes dans lesquels il vit sont inconnues (9).

Impacts économiques

Ensuite, nous pouvons nous intéresser à l'impact économique que provoquerait une baisse en végétaux suite à la disparition des abeilles.

Aux États-Unis, l'économie du pays compte sur les cultures de fruits et légumes nécessitant donc pour cela la pollinisation. Or, suite aux diminutions des populations d'abeilles, que ce soit par des causes connues ou par le CCD, 80% des ruches domestiques n'ont maintenant plus que pour seul rôle de polliniser les plantes des cultures et non de produire des produits de la ruche que l'apiculteur exploite habituellement (9). Les apiculteurs américains possèdent des milliers de ruches, pour permettre alors de polliniser les cultures. Ils pratiquent de plus en plus la transhumance en transportant les abeilles sur des camions. Les abeilles sont donc déplacées d'un État à un autre selon les périodes de floraison des espèces cultivées. Plusieurs transhumances ont alors lieu tout

au long de l'année, les abeilles sont emmenées en Californie pour polliniser les vastes champs d'amandiers, en Floride pour les oranges et les melons, en Pennsylvanie pour les pommiers, dans le Maine pour les myrtilles. Si les abeilles disparaissaient aux États-Unis, les conséquences économiques pour le pays seraient donc importantes puisque toutes ces récoltes ne seraient plus possibles. En effet, 80 % des amandes produites dans le monde proviennent de Californie, cet État a donc besoin à chaque printemps de plus d'un million de colonies d'abeilles pour polliniser ses amandiers (3).

Une autre conséquence économique provoquée par la diminution des abeilles serait l'impact sur les filières apicole et agricole. Au vu du contexte actuel de mortalité des colonies d'abeilles, la filière apicole connaît déjà des répercussions. En France, on comptait en 2004 environ 69 000 apiculteurs et en 2010 ils n'étaient plus qu'environ 41 000. La tendance du nombre d'apiculteurs en France est donc à la baisse (63). Ce sont surtout les apiculteurs appelés producteurs familiaux ou amateurs (ils possèdent moins de 30 ruches) qui diminuent (9). En 2010 ils représentaient environ 90% des apiculteurs français mais ce sont les apiculteurs professionnels qui ne représentent que 4% d'entre eux qui possèdent plus de la moitié des ruches comptabilisées dans le pays (63). D'après le plan de développement durable de l'apiculture paru en février 2013, le nombre de ruches en France était estimé à 1 300 000 en 2012.

La production de miel en France est en nette diminution, en 2004 la production de miel était estimée à 25 500 tonnes et en 2010 elle était estimée à 18 326 tonnes soit une baisse de 28% de la production de miel, alors que la consommation en France est aux alentours de 40 000 tonnes par an. De plus, tout confondu, le chiffre d'affaire de la filière apicole française a été estimé à 133,5 millions d'euros pour l'année 2010 (11). Si les abeilles venaient à disparaître, le métier d'apiculteur ainsi que toute l'économie que génère cette activité disparaîtraient donc également.

Puis ce sont les cultures dépendantes de la pollinisation qui n'existeraient plus pour celles qui sont totalement dépendantes des abeilles ou qui seraient réduites pour celles qui sont pollinisées par plusieurs acteurs (9). Une disparition massive des abeilles aurait donc pour conséquences, en ce qui concerne l'alimentation des hommes de provoquer une diminution des rendements, donc moins d'aliments disponibles, ainsi que d'impacter sur la qualité de ces végétaux, voire même une disparition complète de certains aliments

(52). De plus, cela entraînerait alors une perte de travail pour les agriculteurs, les arboriculteurs, les maraîchers, etc. et donc une augmentation du chômage (9).

Une étude dirigée par Bernard Vaissière qui a été menée par des chercheurs de l'INRA, du CNRS et du LAMETA dans le cadre du projet ALARM (cf liste des abréviations) a déterminé que la valeur économique de la contribution des insectes pollinisateurs au niveau de l'agriculture mondiale était de 153 milliards d'euros en 2005. Ces 153 milliards d'euros représentent environ 9,5% de la valeur totale de la production agricole mondiale utilisée pour l'alimentation des humains (64).

Au niveau des USA, Renée Johnson, dans un rapport au congrès américain en janvier 2010, mentionne que la valeur de la pollinisation par les abeilles domestiques permettant une production alimentaire est estimée à 15 milliards de dollars par an dans leur pays (65).

En France, la production agricole attribuable aux pollinisateurs est estimée à 2 milliards d'euros soit 9% de la production agricole française (55).

Le pourcentage de la production alimentaire mondiale (en tonnes) qui dépend de l'activité pollinisatrice des insectes est estimé à 35% contre 60% qui ne dépend pas de la pollinisation (céréales), les 5% restant concernent des cultures pour qui l'impact des pollinisateurs est encore mal connu. Un tiers de la production agricole mondiale est donc plus ou moins dépendant de l'intervention des abeilles. La nourriture de l'homme ne correspond donc pas exclusivement à des végétaux dépendant de l'intervention des abeilles et autres pollinisateurs pour assurer la pérennisation de leurs espèces. Toutefois, les cultures dépendantes des insectes pollinisateurs sont celles ayant une plus grande valeur économique (9). Comme le signale l'organisation internationale Greenpeace, « la plupart des aliments que nous consommons sont obtenus grâce à la pollinisation naturelle des insectes » (14).

Finalement, si les abeilles disparaissaient, le service de pollinisation ne serait plus accompli et certaines espèces végétales ayant besoin des abeilles comme intermédiaires pour réaliser leur reproduction croisée risqueraient de s'éteindre à leur tour ou de voir leur patrimoine génétique s'affaiblir. En effet, on assisterait à une perte de la biodiversité et tous les écosystèmes seraient affectés. À ces impacts écologiques, s'ajoutent d'autres

impacts, économiques, sociaux, alimentaires et sanitaires comme nous allons le découvrir plus spécifiquement pour les humains dans la partie suivante.

I.C.3 Impacts d'une diminution des ressources végétales alimentaires sur la santé des hommes (suite à la disparition des abeilles)

Les végétaux sont essentiels dans l'alimentation des hommes, car ils contiennent certains nutriments indispensables au bon fonctionnement du corps humain ; si certains disparaissaient il y aurait donc des conséquences à craindre sur la santé des hommes.

Certains chercheurs se sont intéressés aux conséquences qu'il y aurait sur la santé des hommes si les abeilles et tous les pollinisateurs disparaissaient.

En effet, l'action des pollinisateurs profite aux cultures des aliments et éléments nutritifs importants dans l'alimentation des humains. Et, de faibles consommations de ces aliments et nutriments qui sont pour la plupart, fortement dépendants de l'action des pollinisateurs, c'est-à-dire les fruits, les légumes, les noix et graines, la vitamine A et la vitamine B9 ou acide folique, sont de grands facteurs de risque de maladies. En modélisant la façon dont les pertes de pollinisateurs pouvaient affecter l'apport en nourriture et en nutriments à l'échelle mondiale, Smith et al. (2015) (12) ont fourni des estimations quantitatives de la contribution de la pollinisation à la santé globale de la population mondiale.

Pour ce faire, les auteurs ont d'abord quantifié les effets du déclin des pollinisateurs sur le risque de maladies non contagieuses associées à une diminution estimée de la consommation de groupes spécifiques de nourriture (fruits, légumes, noix et graines) dans 156 pays. Ils ont ensuite estimé la réduction des apports en vitamine A et en vitamine B9 dans ces pays et ont déterminé les effets qu'auraient sur la santé une carence en ces nutriments. Ne connaissant pas le taux d'extinction des pollinisateurs, si tous disparaissent de façon homogène dans le monde, les scientifiques ont émis des scénarios de disparition, totale ou partielle, et ont montré quels seraient les effets en fonction des scénarios. De plus, aucune supposition d'adaptation de l'homme à la perte des pollinisateurs n'a été faite, l'étude se base sur le fait que l'homme ne remplaçait pas les aliments qu'il avait perdu et les nutriments qu'ils contenaient. Néanmoins, les auteurs se sont fondés sur l'idée que les calories consommées par jour étaient conservées même

après la disparition des aliments dépendant des pollinisateurs en augmentant la consommation d'autres ne l'étant pas comme des céréales et des racines.

Tout d'abord, Smith et al. ont déterminé qu'avec une perte totale du service de pollinisation, la moyenne des provisions mondiales pourrait être réduite de 22,9% pour les fruits, de 16,3% pour les légumes et de 22,1% pour les graines et noix. En outre, ces chiffres diffèrent en fonction des pays. Les abeilles et les pollinisateurs sont donc importants pour permettre ces productions, et s'ils disparaissaient, il en résulterait que la consommation de ces aliments par les populations mondiales serait diminuée.

Ensuite, nous savons que les pollinisateurs contribuent directement à fournir en moyenne jusqu'à 40% des apports dans le monde de certains micronutriments (12). Eilers et al. (2011) (66) ont ainsi estimé que plus de 70% des sources en vitamine A sont des cultures pollinisées par les animaux, c'est 98% de la vitamine C disponible qui provient aussi de cultures dépendantes des pollinisateurs ainsi que la majorité des ressources disponibles en vitamine E. Selon eux environ 74% de la production mondiale en lipides provient des huiles issues de plantes pollinisées par des animaux. Ces auteurs concluent également que les plantes pollinisées sont aussi d'importantes sources en certains minéraux notamment le calcium, le fer et les fluorures. Cette étude ne parle pas spécifiquement du rôle des abeilles dans la production de ces nutriments mais montre qu'un certain nombre de nutriments sont majoritairement présents dans des aliments nécessitant l'intervention de pollinisateurs.

Beaucoup de personnes dans les pays en voie de développement ont déjà des apports inadaptés en certains nutriments dans leurs alimentations et auront des apports encore plus réduits en cas de disparition complète des pollinisateurs. Ainsi, d'après cette étude réalisée par Smith et al. en 2015, 2,2 milliards de personnes consommant déjà moins que la moyenne recommandée en vitamine A auront des apports encore plus réduits en cette vitamine, ces personnes sont surtout situées en Afrique Centrale et du Sud et dans le Sud-Est de l'Asie. Pour l'acide folique, toujours en cas de perte totale des pollinisateurs, ce sont 1,23 milliard de personnes, principalement dans le Sud de l'Asie, qui en consomment déjà moins que la moyenne requise, qui pourront connaître une déficience encore plus importante en vitamine B9. De plus, selon eux, 71 millions de personnes supplémentaires risqueraient de devenir prochainement déficientes en vitamine

A et 173 millions de personnes en plus seraient à risque d'être nouvellement carencées en vitamine B9 si tous les pollinisateurs venaient à disparaître.

Il y a donc des inégalités territoriales, les personnes vivant dans les pays en voie de développement seront les plus touchées en perte de vitamines A et B9 suite à la disparition des pollinisateurs.

Suite à la diminution de consommation de ces végétaux dépendant de la pollinisation et de ces nutriments, les chercheurs ont ensuite présenté les conséquences que cela aurait sur la santé.

En effet, la perte totale du service de pollinisation pourrait mener à une estimation de 1,42 million de morts supplémentaires par an par maladies non transmissibles et maladies relatives à la malnutrition et à 27 millions d'années de vie en bonne santé perdues par an. Soit une augmentation de 2,7% de la mortalité globale annuelle et de 1,1% du nombre annuel d'années de vie en bonne santé perdues.

Les scientifiques ont déterminé les causes de ces augmentations de mortalité et d'années perdues en bonne santé. Ainsi, presque la totalité des problèmes de santé est attribuable aux augmentations des maladies non transmissibles induites par la diminution des apports en fruits, légumes et graines et noix. Ces pathologies dues aux carences en ces aliments sont les maladies cardiovasculaires notamment la cardiopathie ischémique et les AVC (ischémiques et hémorragiques) ainsi que les cancers du poumon et de l'œsophage et le diabète. Les régions les plus vulnérables à l'augmentation de ces maladies non transmissibles sont l'Est et le Centre de l'Europe ainsi que le Centre, l'Est et le Sud-Est de l'Asie.

Les autres problèmes de santé induits par la perte des pollinisateurs correspondent aux maladies contagieuses et aux maladies relatives à la malnutrition. Certains micronutriments sont en effet essentiels pour les enfants et les femmes enceintes, tels que la vitamine A et l'acide folique. Des apports non adaptés peuvent mener à l'augmentation de la mortalité par maladies infectieuses comme la rougeole et l'incidence de cécité et des anomalies du tube neural. Ce sont surtout les pays en voie de développement qui seront les plus affectés (Afrique subsaharienne, Sud de l'Asie et certaines régions du Sud de l'Amérique).

Les chercheurs ont ainsi déterminé selon les catégories d'aliments quels seraient les risques encourus en cas de faible consommation de ces derniers (figure 4).

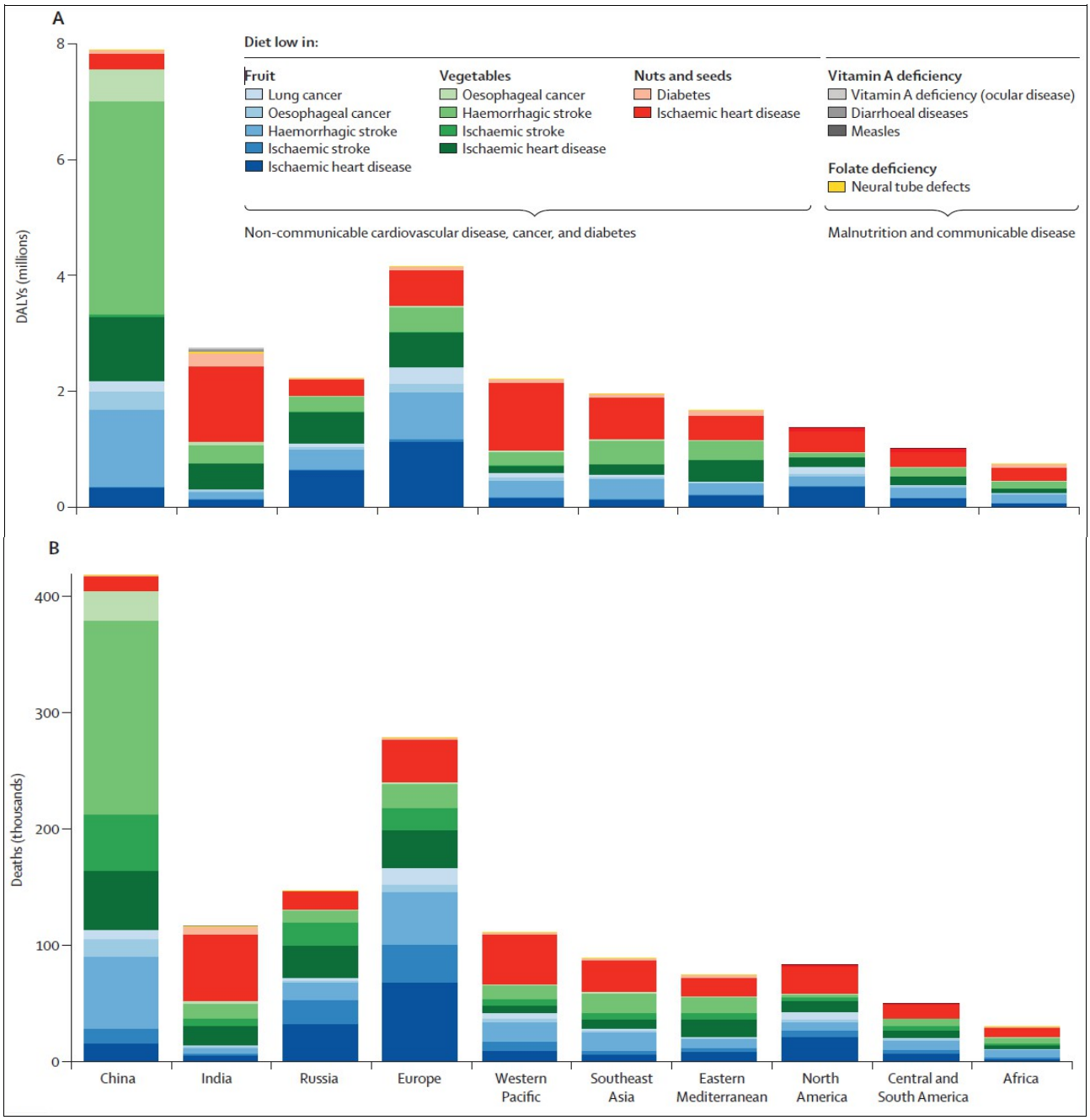


Figure 4 : Années de vie en bonne santé perdues par an ou DALYs (A) et mortalité (B), selon les pays, différenciées en fonction des causes et facteurs de risque induits par la disparition des pollinisateurs (12).

Il en résulte qu'une diminution de consommation de fruits augmenterait les cas de cancers du poumon et de l'œsophage, d'AVC hémorragique et ischémique et de maladie cardiaque ischémique. Une diminution de consommation de légumes provoquerait une augmentation des cancers de l'œsophage, des AVC hémorragiques et ischémiques et des maladies cardiaques ischémiques. Et en ce qui concerne les graines et les noix, une

baisse de leur consommation aurait pour conséquence une augmentation des diabètes et des maladies cardiaques ischémiques. Finalement, une diminution de consommation de ces aliments provoquerait donc une augmentation de maladies non contagieuses telles que des maladies cardiovasculaires, certains cancers et des maladies métaboliques.

Ensuite, en ce qui concerne la vitamine A, une carence en cette vitamine augmenterait les maladies oculaires, des diarrhées ainsi que la rougeole. Une carence en vitamine B9 provoquerait des anomalies concernant le tube neural. Ainsi, les carences en vitamines A et B9 augmentent donc les maladies contagieuses et liées à la malnutrition.

Bilan sur le rôle écologique des abeilles

Ainsi, les abeilles sont des insectes jouant un rôle essentiel dans le maintien de la biodiversité en pollinisant les plantes à fleurs. Le déclin des populations d'abeilles observé ces dernières années est inquiétant dans la mesure où ce sont tous les écosystèmes qui risquent d'être impactés si ce phénomène s'aggrave. En effet, les abeilles sont des alliées essentielles aux végétaux en contribuant à la pollinisation et en échange elles récupèrent des denrées provenant de ces végétaux qui leur serviront à faire vivre la colonie. Ces produits que les abeilles fabriquent grâce aux ressources de la nature sont vitaux pour elles et l'homme a compris qu'ils peuvent être également une richesse pour les humains.

II. PARTIE 2 : LES PRODUITS DE LA RUCHE, UTILES COMME RESSOURCES POUR LES HOMMES

Si les abeilles disparaissaient les produits de la ruche disparaîtraient avec elles. Nous pouvons alors nous demander ce qu'ils apportent à l'homme et ce que nous perdrions en cas d'extinction des abeilles.

II.A) Le miel

II.A.1 Origine

Le miel est produit par les abeilles à partir du nectar sécrété par les glandes nectaires des fleurs dites mellifères que les butineuses récoltent. Elles aspirent ce nectar situé au fond de la corolle grâce à leurs trompes ; ainsi elles butinent du nectar de fleurs en fleurs qu'elles mélangent à leurs salives et qu'elles stockent ensuite dans leurs jabots. Le nectar va alors y subir une première étape de transformation.

Lorsque son jabot est rempli, l'ouvrière butineuse retourne à la ruche où elle régurgite le nectar récolté et le transmet à l'ouvrière manutentionnaire via la trophallaxie. Il s'agit ici d'un échange de nourriture entre les abeilles : les manutentionnaires aspirent le nectar dans le jabot des butineuses. Ces échanges trophallactiques (photo 7) vont se faire plusieurs fois d'affilée ce qui permet au nectar de poursuivre sa transformation en s'enrichissant en enzymes et ferments et en perdant de l'eau. Ce nectar en transformation est ensuite déposé dans des alvéoles où il sera encore aspiré puis régurgité par les manutentionnaires pour qu'il poursuive sa maturation. Les ouvrières ventileuses participent également au procédé en permettant l'évaporation de l'eau présente dans le nectar. Enfin, lorsque celui-ci est transformé en miel, l'alvéole est recouverte d'un opercule de cire (57). Pour produire 1 kg de miel les abeilles doivent butiner plus de 1 million de fleurs (67).

Les abeilles butineuses peuvent également récolter du miellat. Il s'agit des excréments de pucerons laissés sur les végétaux (57). Le miel de miellat n'a pas pour origine le nectar des fleurs mais la sève des arbres. Les pucerons et autres insectes qui y sont présents se nourrissent de cette sève et la rejettent dans leurs excréments sous forme d'un liquide épais et sucré. Les abeilles récoltent ensuite ce miellat qui donnera

après transformation par ces dernières un miel de miellat (5). Les miels de miellats proviennent essentiellement des sapins et des épicéas (4).

Photo 7 : échange trophallactique entre ouvrières (photo personnelle)

Le miel est un produit naturel très contrôlé, avec une législation stricte, en effet, d'après le décret n°2003-587 (68) du 30 juin 2003 pris pour l'application de l'article L. 214-1 du code de la consommation en ce qui concerne le miel : « le miel est la substance sucrée naturelle produite par les abeilles de l'espèce *Apis mellifera* à partir du nectar de plantes ou des sécrétions provenant de parties vivantes des plantes ou des excrétions laissées sur celles-ci par des insectes suceurs, qu'elles butinent, transforment, en les combinant avec des matières spécifiques propres, déposent, déshydratent, entreposent et laissent mûrir dans les rayons de la ruche. À l'exception du miel filtré, aucun pollen ou constituant propre au miel ne doit être retiré, sauf si cela est inévitable lors de l'élimination de matières organiques et inorganiques étrangères. » Ainsi, rien ne peut être rajouté dedans sinon ce n'est plus considéré comme du miel.

II.A.2 Composition

Le miel est composé d'environ 80% de sucres simples : environ 40% de fructose, 30% de glucose, 7% de maltose et 3% de sucres divers dont du saccharose qui correspond au sucre présent initialement dans le nectar. Lorsque l'abeille mélange sa salive contenant des enzymes avec le nectar butiné, le saccharose est transformé en ses deux constituants principaux, le glucose et le fructose que l'on retrouve dans le miel. Il y a ensuite environ 17% d'eau et enfin 3% de pollen et de composants divers responsables des effets bénéfiques du miel. Il s'agit notamment de vitamines (dont les vitamines B1, B2,

B3, B5, B6 et C), de minéraux et d'oligoéléments (calcium, magnésium, potassium, sodium, fer, cuivre, manganèse, phosphore, silicium, chlore et soufre). Ainsi que des flavonoïdes et autres pigments, des acides aminés et des protéines (dont des enzymes), des substances aromatiques issues de fleurs, des acides organiques et des substances antibiotiques dans certains miels.

Les miels les plus riches en flavonoïdes sont les plus foncés. Ceux les plus riches en fructose sont ceux qui restent le plus longtemps liquides, ils ont un index glycémique moyen et sont donc à préférer chez les personnes diabétiques. Ce sont notamment les miels d'acacia, de châtaignier, de bourdaine, de sapin et le miel de miellat qui sont les plus riches en fructose.

Le miel est un produit imputrescible, ainsi dans de bonnes conditions il se conserve à priori à l'infini, notamment grâce à la présence de chlore et de soufre. Étant pauvre en eau mais hygroscopique c'est-à-dire qu'il capte l'eau, il est nécessaire de le conserver à température ambiante mais dans un récipient bien clos afin que sa concentration en eau ne dépasse pas le seuil de 17-19% d'humidité, au-delà il existe un risque de développement de moisissures (57). Le miel cristallisé peut être rendu liquide au bain-marie à condition que la température ne dépasse pas 37°C, en effet au-dessus le miel risque de perdre une partie de ses qualités (5).

II.A.3 Utilisations par les abeilles

Le miel correspond à la nourriture des abeilles. Il est indispensable que ces dernières constituent une réserve en miel suffisante pour passer l'hiver car c'est alors leur seul aliment disponible lorsqu'il n'y a plus de fleurs à butiner à l'extérieur durant cette saison. Le miel contient les glucides essentiels aux abeilles pour couvrir leurs besoins énergétiques nécessaires pour réaliser tous les travaux de la ruche (8).

II.A.4 Propriétés et utilisations par les hommes

Une peinture rupestre découverte en Espagne près de Valence, dans la grotte de l'Araignée, datant de 12 000 ans avant JC montre que le miel était déjà récolté à cette époque dans des colonies d'abeilles sauvages par nos ancêtres. Ainsi, depuis la Préhistoire l'homme côtoie les abeilles, récolte et consomme le miel. D'ailleurs l'abeille a toujours été utilisée par les hommes en tant que représentation symbolique (5,57).

Selon les saisons la récolte peut actuellement donner jusque 15 kg de miel en moyenne par ruche. Pour ce faire, l'apiculteur place une hausse lorsque les abeilles ont constitué leur réserve de nourriture en remplissant les rayons du corps de la ruche. Elles peuvent alors ensuite fabriquer du miel en plus qu'elles stockent dans ces hausses (5). L'apiculteur récupère les cadres des hausses lorsqu'ils sont pleins de miel, les désopercule (enlève la cire présente sur les alvéoles) et procède à l'extraction du miel par centrifugation (photos 8 et 9). Le miel est ensuite filtré et laissé en décantation pendant quelques jours pour enlever les impuretés qu'il pourrait contenir (tels que des particules de cire, des fragments de bois des cadres ou des bulles d'air) avant d'être mis en pot de façon hermétique (57).

Photos 8 et 9 : extraction et récolte du miel (photos personnelles)

Concernant ses emplois, le miel a toujours été utilisé dans le domaine de la cuisine, en effet il constitue encore aujourd'hui un aliment. Il était également utilisé dans le but de conserver d'autres aliments. En outre, avant que la betterave à sucre ne soit employée, c'est le miel qui était utilisé pour son pouvoir sucrant (4). Par ailleurs, le miel a un pouvoir sucrant plus élevé que le sucre de table (saccharose), de plus il contient des nutriments intéressants pour la santé et apporte moins de calories. On peut ainsi remplacer le sucre par le miel (57). Ses propriétés caloriques sont d'ailleurs intéressantes pour les sportifs parce que le miel contient du glucose qui est directement assimilable par l'organisme et du fructose qui prolonge l'apport calorique.

De nos jours on utilise toujours le miel dans les pâtisseries, les glaces, les confiseries comme le pain d'épices, le nougat, les fruits confits au miel. Il entre également dans la composition de boissons comme l'eau miellée, dans certaines bières, dans le

vinaigre de miel et dans l'hydromel. L'hydromel est une boisson à base de miel, d'eau et de ferments, il peut être sec, liquoreux ou mousseux. Le chouchen par exemple est un hydromel breton fabriqué à partir de miel de sarrasin (4).

Tous les miels ne sont pas identiques du point de vue de la composition, certains seront plus riches que d'autres en tel ou tel constituant. Il convient alors de distinguer le miel monofloral qui provient essentiellement de la récolte du nectar d'une seule espèce de fleur, on retrouvera donc dans ce miel du pollen qui sera pour la majorité du pollen de cette fleur. Aucun seuil n'est toutefois défini pour autoriser cette appellation. Pour récolter ce miel l'apiculteur place la hausse au début de la floraison et l'enlève dès la fin de la floraison de cette fleur. Les miels monofloraux ont ainsi la particularité de contenir plus ou moins tel constituant et d'avoir certaines propriétés plus marquées que l'on pourra utiliser en thérapeutique. Les miels monofloraux ont donc aussi leurs propres caractéristiques au niveau de la couleur, de la texture, de l'acidité, de l'arôme et du goût. Certains seront beaucoup plus doux en goût comme le miel d'acacia, de colza ou de tilleul, et d'autres auront des saveurs plus prononcées comme les miels de châtaignier, de lavande, de thym, de tournesol. On distingue ce miel monofloral du miel polyfloral ou miel mixte, la flore est multiple, les abeilles auront butiné dans un même environnement plusieurs espèces de plantes fleurissant et produisant leur nectar au même moment. Pour ce miel polyfloral on a par exemple le miel de printemps récolté après les dernières floraisons des fleurs de printemps et le miel d'été après les floraisons d'été. Ces miels peuvent avoir des appellations selon le territoire d'origine.

En apithérapie ce sont surtout les miels monofloraux, grâce à leurs spécificités, qui sont utilisés, comme les miels de bruyère, de châtaignier, d'eucalyptus, de manuka, ou de thym (57).

Selon Apimondia (Fédération Internationale des Associations Apicoles) « l'apithérapie est un concept médical, basé sur des appuis scientifiques corroborant des connaissances traditionnelles » (69). Il s'agit d'une médecine douce qui consiste à soigner grâce aux produits que l'abeille récolte, transforme ou sécrète.

De manière générale les miels possèdent plusieurs propriétés que nous allons aborder ci-dessous sans toutefois détailler spécifiquement les propriétés et les indications des miels monofloraux.

Le miel possède tout d'abord des propriétés anti-infectieuses, il contient en effet une enzyme, la glucose oxydase, qui permet la production de peroxyde d'hydrogène ayant des propriétés antiseptiques, empêchant ainsi les proliférations bactériennes (70), virales, fongiques. De plus, d'autres substances naturelles antibiotiques regroupées sous le terme d'inhibine sont retrouvées dans le miel. Il peut donc être utilisé dans les affections respiratoires, les maux de gorge ou encore la toux (57).

Nous pouvons également citer les propriétés tonifiante et stimulante du miel qui contribuent à renforcer les défenses immunitaires de l'organisme. Il aiderait à stimuler l'appétit et à lutter contre la fatigue.

Ensuite le miel est cicatrisant, ainsi grâce également à ses propriétés d'antiseptique cutané, il peut être utilisé pour soigner des brûlures superficielles (coups de soleil) ou dans la cicatrisation de certaines plaies, telles que des plaies post-chirurgicales (57).

En effet, au début des années 1980, le Professeur Bernard Descottes du CHU de Limoges a commencé à expérimenter l'utilisation du miel pour la cicatrisation des plaies. Ceci s'est avéré très efficace et l'hôpital utilise encore aujourd'hui du miel pour soigner certaines plaies (5). Tous les miels pourraient être employés mais c'est celui de thym qui est utilisé car il semble le plus adapté.

Ainsi, le professeur Descottes a utilisé du miel de thym de qualité médicale dans son service afin de garantir l'absence de germes et de toxines. De 1984 à 2009, 3 012 patients ont bénéficié d'une prise en charge par le miel en suivant un protocole élaboré et rigoureux. Les lésions traitées correspondaient essentiellement à des désunions de cicatrices, mais aussi à des plaies après ablation de stomies, à des kystes sacrococcygiens ainsi que d'autres lésions diverses. Les plaies pouvaient être infectées ou non. Cette expérience a révélé un taux de cicatrisation complète et satisfaisante chez 98% des patients pris en charge. Les échecs ont été observés chez des patients ayant subi une radiothérapie. Le succès de cette thérapeutique repose premièrement sur le pouvoir antibactérien du miel. Cette propriété est tout d'abord liée à la production de peroxyde d'hydrogène dégagé grâce à l'action de la glucose-oxydase qui transforme les sucres du miel en acide gluconique et en peroxyde d'hydrogène. Cette dernière molécule favorise également la croissance des cellules épithéliales et des fibroblastes et stimule la revascularisation dans le tissu cicatriciel. Ensuite c'est l'osmolarité du miel qui favorise la

régression de l'œdème de la plaie. Puis le pH a également un rôle, en effet les miels sont plutôt acides, de 6,2 à 4,2, notamment grâce à l'acide gluconique. Plus le miel est acide plus il constitue alors un milieu défavorable au développement bactérien. Enfin, d'autres facteurs tels que les enzymes sécrétées par les abeilles ou l'espèce de fleur butinée doivent aussi jouer un rôle dans les propriétés du miel. L'activité antibactérienne du miel de thym utilisé en thérapeutique dans ce service a été testée sur *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, les enterobacters et les pseudomonas qui sont des germes très courants dans la pratique chirurgicale. De plus, aucun phénomène de résistance bactérienne n'a été rencontré suite à l'utilisation du miel. La réussite du soin par le miel repose secondement sur ses propriétés cicatrisantes.

Pour le Professeur Descottes, le miel peut ainsi être utilisé pour la détersion de plaies infectées telles que des abcès, des plaies chirurgicale et traumatique, des ulcères ainsi que des brûlures du premier et du deuxième degré. D'ailleurs, les cicatrisations observées ont été souvent meilleures et plus rapides par rapport aux méthodes de soin employées habituellement (70).

Cependant, les miels récoltés de manière classique peuvent contenir certains germes. Les propriétés antiseptiques du miel sont suffisantes pour qu'il soit consommé et appliqué sur la peau sans risque dans la population courante et pour des petites affections. Néanmoins, pour les personnes fragiles et présentant des plaies importantes, le risque de surinfection existe et le miel devrait être stérile. Or, pour que le miel garde toutes ses propriétés il ne peut pas être chauffé, un label pour garantir du miel de qualité thérapeutique a donc été créé pour que ces miels puissent être utilisés en toute sécurité. La charte du label des « produits préservés » a ainsi été créée par l'Association Européenne d'Apithérapie pour permettre la production de miels destinés aux milieux médical et paramédical. Le service du Pr Descottes a également participé à sa création. Grâce à cette charte les apiculteurs l'ayant signée suivent les règles imposées et récoltent leurs miels dans des conditions d'hygiène très strictes, ce qui permet d'obtenir un miel avec le moins de germes possibles (5).

Certains laboratoires se sont également lancés dans la commercialisation de produits à base de miel à visée thérapeutique, par exemple le laboratoire Melipharm® qui commercialise du miel médical stérile mais aussi des produits à base de cire d'abeille. Il utilise du miel stérilisé par rayonnement ce qui permet de n'enlever aucune propriété au

miel et de garantir un produit stérile. Ces produits ont le statut de dispositifs médicaux pour traiter notamment des brûlures et des escarres (71).

Une autre caractéristique intéressante du miel est qu'il présente des propriétés antioxydantes grâce aux vitamines et flavonoïdes qu'il contient. Ainsi, cela permet d'aider à lutter contre le vieillissement, ces propriétés contribuent également à la prévention de maladies dégénératives, de certains cancers et offrent une protection cardiovasculaire en limitant l'athérosclérose et en régularisant la tension artérielle.

Au niveau métabolique, le miel favorise l'absorption du calcium et du magnésium, il apporte des vitamines du groupe B, contribuant ainsi à la croissance des enfants et à améliorer le développement du squelette et des dents.

Le miel possède des propriétés digestives, les enzymes qu'il contient favorisent la digestion permettant ainsi une meilleure absorption des nutriments. Il limite les phénomènes de fermentation et contribue au développement de la flore intestinale. Grâce à la présence de fructose il a un léger pouvoir laxatif (plus marqué pour certains miels comme le miel de bourdaine) il favorise donc le transit intestinal d'où son intérêt en cas de constipation ou de digestion difficile. Il apaise aussi les brûlures d'estomac et peut donc être particulièrement utile chez les personnes souffrant d'ulcères gastro-duodénaux en favorisant la cicatrisation et en ayant une action antibactérienne sur *Helicobacter pylori*.

Enfin, la présence de vitamines (notamment B5 et B6) et d'oligo-éléments (notamment le magnésium) lui confère des propriétés calmantes, il diminue stress, nervosité et insomnies.

Outre l'intérêt du miel en apithérapie, il est également bénéfique en cosmétologie où il entre dans la composition de certains produits comme des savons ou des crèmes. En effet, ce sont ses composants tels que vitamines, oligo-éléments, pigments, acides aminés, enzymes, substances antibactériennes, sucres et l'eau, qui pourra être absorbée par l'épiderme, qui confèrent au miel ses propriétés cosmétiques. Il est hydratant, émollient, il nourrit les cellules cutanées et favorise leur renouvellement. Il est donc indiqué pour les peaux sèches, mais aussi pour les peaux acnéiques grâce à ses propriétés cicatrisantes et antiseptiques. Les miels qui contiennent le plus de molécules antioxydantes (ce sont les miels les plus foncés) permettent également de lutter contre le

vieillissement cellulaire. Enfin, le miel peut aussi être utilisé pour les cheveux en les hydratant et en les nourrissant (57).

La disparition des abeilles auraient donc pour conséquence de nous priver de ce produit exceptionnel.

En outre, le miel présente également des effets thérapeutiques synergiques avec d'autres produits naturels ou d'autres produits de la ruche. On parle notamment d'aromiel lorsqu'il s'agit d'un mélange de miel et d'une ou plusieurs huiles essentielles permettant un effet synergique. Lorsque le miel est associé à de la propolis on parle alors de propomiel (5). En effet la propolis est un autre produit de la ruche que nous découvrirons ultérieurement après avoir abordé un autre aliment indispensable aux abeilles, le pollen.

II.B) Le pollen

II.B.1 Origine

Le pollen est produit par les organes mâles de la fleur, les étamines, au niveau de la partie terminale, les anthères. Lors de la floraison les anthères s'ouvrent libérant ainsi les grains de pollen.

Lorsque l'abeille butineuse visite les fleurs pour récolter ces grains de pollen, elle utilise ses pattes antérieures, à la manière d'un peigne, pour faire tomber le pollen des anthères sur son corps. Puis, avec ses deux premières paires de pattes, elle rassemble le pollen présent sur sa tête, son thorax et son abdomen. Avant de partir récolter le pollen, l'abeille prélève au préalable du miel près du couvain puisqu'à cet endroit il contient le plus de lactoferments, elle régurgite ensuite ce miel avec lequel elle va humecter le pollen qu'elle récupère sur son corps. Puis ses pattes intermédiaires recueillent le pollen présent sur les pattes antérieures. Ce sont ensuite les pattes postérieures grâce aux brosses dont elles sont équipées qui récupèrent le pollen sur les pattes intermédiaires. Enfin, chaque brosse remplit la corbeille de la patte arrière opposée située sur la face externe. Le pollen se retrouve alors stocké sous forme de pelotes dans les corbeilles (2,57) (photo 10).

Le pollen que l'abeille récolte est un pollen entomophile, différent du pollen anémophile qui est responsable des allergies appelées rhume des foins (5). De plus, le pollen anémophile est qualitativement différent du pollen entomophile, il contient très peu

de protéines et n'apporte aucun intérêt aux abeilles, ni aux hommes (72). Il s'agit donc du pollen entomophile dont nous allons aborder dans cette sous-partie.

Photo 10 : pelotes de pollen sur les pattes arrières d'une abeille (photo personnelle)

De retour dans la ruche les butineuses se servent de leurs pattes intermédiaires pour déposer les pelotes de pollen qui sont alors récupérées par d'autres abeilles pour être stockées dans des alvéoles proches du couvain. Ce pollen va alors subir des étapes de fermentation grâce à la présence de levures et de lactobacilles (produisant de l'acide lactique) et de la chaleur dans la ruche ce qui va le rendre plus digeste et permettre de le conserver (2,57). Il est d'abord mélangé aux sécrétions des glandes salivaires des abeilles, ensuite il est compacté dans les alvéoles de manière à enlever l'air puis trois phases de transformation aboutissent à la formation du pain d'abeille (5). Le pain d'abeille correspond donc au pollen qui a subi des modifications suite à l'action de micro-organismes associé à la présence de miel ajouté par la butineuse au moment de la récolte du pollen.

II.B.2 Composition

La composition varie fortement d'un pollen à un autre, selon l'espèce de fleur. Il existe autant de pollen différents qu'il y a de fleurs différentes. Cette diversité permet d'équilibrer l'alimentation des abeilles. La composition du pollen récupéré par l'apiculteur est tout aussi variable (57). De même, le goût, la valeur nutritive, et les propriétés thérapeutiques sont différents en fonction des pollens (5).

A l'état frais, le pollen est composé d'environ 12% d'eau. Il peut contenir de 13 à 55% de glucides, il s'agit surtout de glucose et de fructose qui proviennent en grande partie du miel utilisé par les butineuses pour lier les différents grains de pollen entre eux.

Ensuite on peut retrouver de 10 à 40% de protéines. Il y a notamment des enzymes (comme l'amylase, l'invertase et la phosphatase (5)) et beaucoup d'acides aminés qui représentent 5 à 6% de la masse totale du pollen. En effet, le pollen contient tous les acides aminés essentiels : leucine, thréonine, lysine, tryptophane, phénylalanine, valine, méthionine, isoleucine. Mais il contient aussi d'autres acides aminés comme l'arginine, la cystine, la proline, la serine et la tyrosine (57).

Les lipides sont présents en faible quantité, de 1 à 13% (57). Ce sont notamment des hydrocarbones, des cires et à plus de 40% des acides gras essentiels (2).

Le pollen contient ensuite environ 5% de minéraux et oligoéléments : calcium, potassium, soufre, magnésium, zinc, phosphore, aluminium, fer, cuivre, manganèse, silicium et sélénium, ce dernier étant un antioxydant rare (2,5). Il contient également environ 3 % de micro-éléments dont des vitamines (provitamine A et vitamines B1, B2, B3, B5, B6, B8, B9, B12, C, D et E), des enzymes, des coenzymes, des phytostérols, des flavonoïdes dont la rutine, des substances bactériostatiques et de croissance, des arômes et des huiles volatiles, ainsi que des pigments (2). Ces derniers sont responsables de la couleur des grains de pollen et la plupart possèdent des propriétés antioxydantes (57).

Enfin, le pollen est composé d'environ 18% de composés cellulosiques et il contient également des ferments lactiques et des levures (72).

II.B.3 Utilisations par les abeilles

Ce pollen devenu pain d'abeille est la nourriture des larves et des abeilles. Il a des propriétés proches du pollen récupéré par les apiculteurs mais est beaucoup plus assimilable car il a subi une transformation de ses protéines en acides aminés libres et de ses polysaccharides en monosaccharides (5).

Le pollen est l'unique source de protéines pour les abeilles, il est indispensable pour garantir leur croissance et leurs fonctions vitales et notamment pour assurer la ponte des œufs par la reine et l'élevage du couvain par les nourrices. En effet, s'il n'y a pas assez de pollen les glandes hypopharyngiennes, produisant la gelée royale, ne se développeront pas suffisamment et il n'y aura alors pas assez de gelée royale pour nourrir correctement la reine et les larves. D'après des estimations la colonie récolte en moyenne pour sa consommation environ 30 kg de pollen par an. (2,8)

Les abeilles utilisent donc le pain d'abeille tandis que les hommes utilisent essentiellement le pollen fraîchement récolté par les abeilles et récupéré à leur retour à la ruche, sauf dans certaines exploitations où l'homme récolte du pain d'abeille.

II.B.4 Propriétés et utilisations par les hommes

Pour être utilisé par l'homme le pollen est récupéré par l'apiculteur grâce à une trappe à pollen située à l'entrée de la ruche. Cette trappe contient des trous d'un diamètre permettant de laisser passer les abeilles mais également de faire tomber un peu de pollen de leurs corbeilles lorsque leurs pattes postérieures en sont remplies. Les grains de pollen tombent alors dans un tiroir, lui-même surmonté d'une grille (57). L'apiculteur peut prélever jusqu'à 10% du pollen récolté par les abeilles sans incidence sur la colonie (5).

Une fois récupéré par l'apiculteur le pollen est trié afin d'enlever toutes les impuretés telles que pattes d'abeilles et autres petits insectes. Le pollen frais est très humide, il pourra ensuite être vendu frais (humide) et devra alors être congelé très rapidement afin qu'il garde toutes ses propriétés ou il pourra être préalablement séché avant d'être vendu (57). Dans ce cas il peut être conditionné sous forme de poudre ou en gélule. Le pollen séché a une hygrométrie d'environ 4% ce qui lui permet de bien se conserver dans un récipient fermé à l'abri de la lumière. Toutefois, sous cette forme il perd une partie de ses propriétés (notamment par les enzymes) (5). À la différence, le pollen vendu frais et congelé contient toujours ses lactoferments car il n'a pas été chauffé. Puis une fois décongelé pour être consommé il ne se conserve ensuite que quelques jours au réfrigérateur (2).

Ainsi, grâce à la présence des ferments lactiques dans le pollen à l'état frais ou congelé il peut tout d'abord être utilisé en tant que probiotique. Une expérience a d'ailleurs mis en évidence que du pollen frais ajouté dans une culture de salmonelles en tube à essai a permis 24h après de constater qu'aucune salmonelle n'avait survécu (72).

Olofsson et Vasquez (2008) (73) ont montré que le pollen contenait des *Lactobacillus kunkeei*, des *Bifidobacterium asteroides*, des *Bifidobacterium coryneform* et des *Lactobacilus genus*. Grâce à ces bactéries le pollen peut donc être utilisé pour améliorer le transit intestinal et contribuer à l'équilibre de la flore intestinale. Notamment en cas de troubles du transit ou en association à une prise d'antibiotiques (5). De plus, il apporte également des fibres (57).

Le pollen frais ou à l'état congelé (ainsi que le pain d'abeille) contient au moins 80 enzymes identifiées et toutes les classes d'enzymes de la nomenclature biochimique y sont représentées comme le signale P. Percie du Sert (2009) (72). À la différence, le pollen séché ne possède plus d'activité enzymatique. Les ferments lactiques et les levures, dont le pollen a été ensemencé par les abeilles, produisent aussi des enzymes. Ces enzymes vont nous aider à digérer les éléments nutritifs du pollen et à catalyser des réactions du métabolisme de la digestion notamment. En effet, dans les aliments raffinés, cuits, pasteurisés, les enzymes ne sont plus présentes, ainsi le pollen nous offre une source riche d'enzymes.

De plus, le pollen est un protecteur de la muqueuse intestinale, une étude réalisée sur des rats avec du pollen de ciste frais a montré qu'il réduisait les lésions inflammatoires de type maladie de Crohn. Cette action est probablement due à sa richesse en caroténoïdes, en vitamine E et en *Lactobacillus (72)*.

Ensuite, le pollen est tonifiant, d'après l'article de P. Percie du Sert (2009) (72), il procure une sensation de bien-être général et redonne un désir d'activité.

Le magnésium, le phosphore, les vitamines B1, B2, B6 et les acides aminés qu'il contient lui permettent de stimuler la mémoire et l'activité cérébrale (57). Il possède d'ailleurs deux acides aminés ayant une action sur l'humeur. D'abord la phénylalanine, précurseur de la dopamine puis de la noradrénaline. Ces neuromédiateurs ont un rôle sur l'activité cérébrale, l'équilibre de l'humeur, la régulation de la satiété, ainsi que sur la sécrétion de nos endomorphines permettant ainsi le soulagement de certaines douleurs. Le second acide aminé est le tryptophane, précurseur de la sérotonine, impliquée dans le contrôle de l'humeur (57).

Grâce à la présence des acides aminés essentiels, de vitamine C, de vitamines B, de zinc, le pollen apporte également un soutien au système immunitaire (57,72). Ainsi, il peut être utilisé chez des personnes présentant un état de fatigue, d'asthénie physique ou psychique, d'affaiblissement, ou en cas de convalescence. De plus, il stimule l'appétit (57).

Tous les pollens sont riches en acides aminés et contiennent les huit acides aminés essentiels. Dans le cas d'une alimentation omnivore 15 à 20 grammes par jour suffisent pour couvrir nos apports journaliers recommandés en acides aminés essentiels. Cet

apport est plus conséquent, d'environ 50 à 70 grammes, pour les personnes suivant un régime végétarien et d'autant plus pour celles suivant un régime végétalien (72).

Puis, les flavonoïdes présents dans le pollen sont de puissants antioxydants. Un des plus étudiés est la rutine, elle est transformée dans le côlon en plusieurs métabolites dont la quercétine. Cette molécule possède des propriétés antioxydante et anti-inflammatoire et aurait un intérêt préventif dans certains cancers. Plusieurs flavonoïdes sont présents dans le pollen, tout comme la vitamine E également antioxydante, c'est notamment un antioxydant du LDL. Ces molécules permettent ainsi d'empêcher l'oxydation des acides gras des LDL, ces derniers étant impliqués dans la formation des plaques d'athéromes. La rutine a également un effet protecteur de la circulation sanguine veineuse ce qui rend la consommation de pollen intéressante en cas de pathologies veineuses telles que les varices et les hémorroïdes. Elle protège aussi la micro-circulation dans les organes comme le cerveau, le foie, la thyroïde (72).

Une étude réalisée sur des rates souffrant d'ostéopénie induite par une ovariectomie a aussi montré que la rutine augmente l'activité des ostéoblastes et diminue la résorption osseuse, inhibant ainsi l'ostéoporose induite chez ces rates. Le pollen aurait donc également un intérêt dans la prévention de l'ostéoporose (74).

Les flavonoïdes antioxydants peuvent aussi piéger les molécules de radicaux libres, responsables de la dégradation des cellules en occasionnant des dommages oxydatifs sur l'ADN. Ils offrent une action préventive sur le vieillissement de l'organisme (57).

Ensuite, tous les pollens contiennent des phytostérols qui permettent de faire baisser l'absorption du cholestérol et de diminuer le taux de LDL plasmatique. Leur action hypocholestérolémiante leur permet d'être indiqué en cas d'hypercholestérolémie modérée. De plus, grâce aux antioxydants que contient le pollen, ces phytostérols ne seront pas oxydés et ne contribueront donc pas à la plaque d'athérome (72).

Le pollen de châtaignier, très antioxydant également, contient des phytoestrogènes et permet de diminuer la perte en calcium. Il est alors particulièrement adapté aux femmes en période de ménopause (75).

Enfin, le pollen a une action bénéfique au niveau de la prostate. C'est notamment avec deux pollens : le pollen de saule et le pollen de ciste qu'il a été observé une baisse

du taux de PSA s'ils étaient consommés quotidiennement (à l'état frais ou congelé). Le pollen améliore les symptômes urinaires provoqués par l'hypertrophie bénigne de la prostate (HBP). Il peut donc être indiqué en cas d'HBP mais également en prévention du cancer de la prostate à la condition qu'il soit à l'état frais ou congelé sinon il perd ses antioxydants notamment. Ces deux pollens sont riches en vitamine E, en caroténoïdes, en polyphénols, en phytostérols, en sélénium, ce sont ces molécules qui permettraient l'effet bénéfique du pollen sur la prostate. En effet, des études ont montré l'effet préventif de la vitamine E et des caroténoïdes, notamment du lycopène sur le cancer de la prostate (72).

De plus, le pollen de saule, probablement grâce à sa richesse en pigments xantophylles protège la rétine de l'œil et peut être utilisé pour prévenir et pour ralentir l'évolution d'une DMLA (Dégénérescence Maculaire Liée à l'Age) (75).

Finalement, d'après P. Percie du Sert (2009) (72), il est conseillé d'apporter 15 à 30 grammes de pollen par jour ce qui permet de donner de bons résultats au niveau du confort digestif et du bien-être. L'effet hypocholestérolémiant serait plus dépendant de la dose administrée tandis que pour l'effet sur la prostate 15 à 20 grammes suffisent.

De par sa richesse en nutriments et notamment les 8 acides aminés essentiels qu'il contient le pollen est un très bon complément alimentaire pour l'homme et il peut être conseillé d'en consommer par cure, par exemple 3 semaines à chaque changement de saison. Pour son action bénéfique sur l'HBP il peut être utilisé quotidiennement.

Il est préférable de prendre le pollen frais ou décongelé le matin à jeun et de bien le mastiquer afin d'extraire les nutriments avant de l'avaler puis de boire un jus de fruit ou un verre d'eau. Pour le pollen séché, il est conseillé de le mettre en suspension dans un verre d'eau ou dans un jus de fruit pour le réhydrater ou de l'incorporer dans un yaourt (57).

En cas d'insuffisance rénale, il est recommandé d'éviter la consommation de pollen (57). Concernant les personnes allergiques au pollen anémophile, elles peuvent consommer du pollen entomophile puisque les éléments allergisants du pollen sont détruits par la salive des abeilles. Toutefois par mesure de précaution et pour tous les individus on peut conseiller de faire un premier essai avec une petite quantité et de surveiller qu'aucune réaction allergique ne survienne ensuite (5).

Nous allons maintenant nous attarder sur le troisième produit de la ruche qui a comme le pollen un rôle nutritif mais uniquement pour une partie de la colonie.

II.C) La gelée royale

II.C.1 Origine

La gelée royale est un produit synthétisé par certaines ouvrières : les nourrices. Ces ouvrières ont entre 5 à 14 jours de vie, ce sont elles qui s'occupent des larves et les nourrissent. Ce sont les glandes pharyngiennes situées au niveau de la tête de l'abeille qui produisent et sécrètent la gelée royale, substance crémeuse blanche à légèrement jaune (57).

II.C.2 Composition

La composition de ce produit de la ruche peut varier légèrement selon s'il est destiné à nourrir les larves des futures ouvrières ou les larves des futures reines et selon la race des abeilles.

La gelée royale contient environ 65% d'eau, environ 15% de glucides (essentiellement du fructose et du glucose), 15% de protides, jusqu'à 20% parfois, et à l'avantage de contenir les 8 acides aminés essentiels à l'être humain permettant ainsi de synthétiser les autres acides aminés (57). Pour Robert Fournier c'est même le produit naturel le plus riche en acides aminés qui contient les 8 acides aminés essentiels dans leurs proportions idéales (5).

La gelée royale contient peu de lipides, environ 4%, surtout des acides gras (57) et la composition des lipides évolue en fonction de l'âge de la larve qui est nourrie (2).

Elle contient également environ 1% de composants divers. Ce sont eux qui procurent à la gelée royale toutes ses propriétés, ils sont actifs à faible concentration. Parmi ces composants il y a les vitamines B1, B2, B3, B5, B6, B8, B9 et B12. D'ailleurs la gelée royale est un des produits naturels le plus riche en vitamine B5 et elle contient de la vitamine B12 qui n'est présente dans aucun végétal. La gelée royale pouvant être consommée dans les régimes végétariens, elle permet donc d'être une source naturelle d'apport en cette vitamine. Elle contient aussi des minéraux et oligoéléments (calcium,

potassium, magnésium, phosphore, fer, cuivre, silicium), un neuromédiateur essentiel à notre organisme l'acétylcholine, des molécules proches de nos hormones stéroïdiennes et des facteurs antibactériens différents de ceux du pollen ayant une action sur *Proteus sp* et *Escherichia coli* notamment (57).

II.C.3 Utilisations par les abeilles

La gelée royale est synthétisée et employée par les ouvrières comme nourriture au sein de la ruche. Toutefois, à la différence du miel et du pollen, cet aliment a un rôle déterminant et ne sera consommé que durant une très courte période pour la plupart des individus. En effet, après l'éclosion des œufs toutes les larves sont nourries de gelée royale par les nourrices de leur premier jour à leur troisième jour de stade larvaire, ce qui permet une croissance très rapide de ces larves. Ensuite ce sont uniquement les larves destinées à devenir reine qui seront nourries de gelée royale. Les autres larves destinées à être ouvrières ou les futurs faux-bourdons seront nourris de pollen et de miel. Ces futures potentielles reines vont alors acquérir grâce à cette gelée un appareil reproducteur femelle parfaitement fonctionnel. De plus, le corps de la reine se développe davantage, il est plus grand que celui de l'ouvrière et la transformation de l'œuf en abeille reine est plus rapide que pour obtenir la naissance d'une ouvrière. Une fois née, la reine continuera à être nourrie exclusivement avec de la gelée royale. La reine gagne également en durée de vie, elle peut vivre jusqu'à 4 à 5 ans, elle a la faculté de pondre plus de mille œufs par jour et elle présente une plus grande résistance aux maladies par rapport aux ouvrières (57).

En effet, c'est bien la gelée royale et non une différence génétique qui conduit à la transformation d'une larve femelle en reine. Des chercheurs ont même déterminé quel était le composant de la gelée royale qui possédait cette faculté d'induire une différenciation de la larve femelle vers un développement en reine. Il s'agit d'une protéine de 57 k-Da appelée Royalactine. C'est grâce à cette molécule que tous les changements morphologiques et les aptitudes de la reine que nous avons vus dans le paragraphe précédent se mettent en place (76).

Finalement, la gelée royale constitue la seule nourriture de la reine, de son stade larvaire jusqu'à sa mort. À partir d'un même œuf cet aliment exceptionnel est capable de provoquer à lui seul l'évolution de l'abeille femelle en une reine et non en une ouvrière, ces

deux individus ayant des facultés totalement différentes. Il est donc évident que ce produit de la ruche intéresse également les humains.

II.C.4 Propriétés et utilisations par les hommes

La gelée royale est donc recherchée par les humains pour plusieurs de ses propriétés. Toutefois, la quantité de gelée royale produite naturellement au sein de la ruche est trop faible pour pouvoir être prélevée et exploitée à la vente, les apiculteurs ont donc développé une technique appelée le greffage afin d'augmenter la production par les ouvrières (57). Cette méthode est basée sur l'élevage de reines, l'apiculteur dépose de très jeunes larves dans des cupules en plastique représentant des cellules royales puis les cadres d'élevage sont remis dans une ruche sans reine ou dans une partie de la ruche privée de la reine. Ainsi, cela incite les ouvrières à nourrir ces larves avec uniquement de la gelée royale dans le but d'obtenir une nouvelle reine (photo 11). L'apiculteur enlève ensuite les cadres avec les cupules 3 jours après, la quantité de gelée royale ayant atteint son maximum (2). Elle est alors prélevée, en général par aspiration avec du matériel adéquat. De plus, pour augmenter le rendement certaines races d'abeilles sont sélectionnées parce qu'elles sont plus productives en gelée royale. Cette méthode de production exige des manipulations délicates qui doivent être effectuées en respectant des conditions d'hygiène très strictes.

La gelée royale fraîche est sensible à la lumière et à la chaleur, après récolte elle doit donc être conservée au réfrigérateur entre 2 et 5°C (57).

Dans le commerce ou en pharmacie on peut trouver la gelée royale sous différentes formes galéniques : en gélules, en capsules, en ampoules, en comprimés, elle est alors souvent lyophilisée (c'est-à-dire qu'elle a été préalablement congelée rapidement et déshydratée avant d'être remise à température ambiante), parce que plus facilement transportable et se conserve plus longtemps, ou en mélange avec du miel. On peut aussi la trouver à l'état frais, la meilleure façon d'utiliser la gelée royale est d'ailleurs de l'acheter directement fraîche chez l'apiculteur et de la conserver au réfrigérateur.

La gelée royale est classée parmi les compléments alimentaires, elle contient des nutriments directement assimilables et essentiels au fonctionnement de notre organisme. Elle a donc un intérêt nutritif pour permettre une alimentation équilibrée et peut ainsi être conseillée en tant que complément alimentaire.

Photo 11 : production de gelée royale (77)

La gelée royale peut également être présente dans des produits de cosmétologie.

De plus, grâce à ses propriétés thérapeutiques, c'est aussi en tant que médicament qu'elle est utilisée en apithérapie (2).

La gelée royale possède tout d'abord des propriétés anti-infectieuses et immunostimulantes en renforçant les défenses immunitaires de l'organisme. Elle agit contre certains virus (Herpès virus, virus de la grippe) et contre certaines bactéries (*Proteus spp., Escherichia coli*) (57). Des composants actifs ont été identifiés. Il s'agit notamment de la Royalisine, un peptide qui a montré son efficacité sur les bactéries Gram négatif et surtout de manière très marquée sur les bactéries Gram positif. D'autres peptides aux propriétés antimicrobiennes sont regroupés sous le terme des Jelleines. Enfin, un autre facteur antimicrobien a été analysé, il s'agit de l'acide gras 10-HDA. Des études ont même prouvé une efficacité de la gelée royale contre certains germes résistants tels que le SARM (*Staphylococcus aureus* résistant à la méthicilline) (78).

Elle présente également une action stimulante. Grâce à la présence de phosphore, de magnésium, de certaines vitamines (B1, B2, B6), de certains acides aminés (phénylalanine et tryptophane) elle est un stimulant intellectuel, elle améliore l'humeur, la mémoire, la résistance au stress. En augmentant l'oxygénation des tissus et en favorisant la synthèse protéique, elle améliore le métabolisme des neurones, elle retarderait le vieillissement cérébral.

La gelée royale peut donc être utilisée en cas de fatigue, de surmenage intellectuel ou physique, de convalescence, chez les personnes âgées (pour leur donner du tonus),

pour des états d'anxiété et de stress, de dépression mineure, de manque de confiance en soi ou pour des troubles de la mémoire. De plus, elle stimule l'appétit d'où un intérêt supplémentaire chez les personnes présentant une altération de l'état général avec perte d'appétit et amaigrissement.

Par la présence de phénylalanine qui augmente l'action de nos endomorphines, la gelée royale possède également des propriétés antalgiques, intéressantes en complément d'autres traitements de certaines pathologies comme les rhumatismes (57).

Plusieurs études scientifiques ont mis en avant l'action antioxydante de la gelée royale (79–81). Les antioxydants qu'elle contient régulent la formation de dérivés oxygénés activés comme les radicaux libres, l'oxydation des lipides, de l'ADN. De part notre alimentation actuelle, nous apportons de plus en plus de radicaux libres que notre corps stocke. Ils provoquent des dommages cellulaires, participent à l'accélération du processus de vieillissement et entraînent des risques plus élevés de développer des maladies cardiovasculaires ou des cancers (82). Elle est anti-vieillissante, elle abaisse le LDL-cholestérol et s'oppose à l'oxydation des lipides (57).

Des études menées au Japon et au Canada ont aussi mis en évidence sur des tumeurs de souris des propriétés anticancéreuses de la gelée royale (5). Une récente étude vient d'ailleurs de prouver que la fraction lipidique de la gelée royale possède une activité anti-proliférative marquée sur les cellules SH-SY5Y des neuroblastomes (83).

Toutefois, la présence d'hormones et de certaines molécules favorisant la croissance amènent certains scientifiques à recommander d'éviter la gelée royale en cas de cancer et d'antécédent de cancer, notamment hormono-dépendant (84).

Puis la gelée royale agit sur la croissance et la résistance des cellules de la peau, des muqueuses et des phanères grâce à la présence de vitamine B5, un précurseur de la coenzyme A, qui intervient également dans plusieurs métabolismes de l'organisme (lipides, glucides et protides).

Des propriétés digestives lui permettent d'être efficace en cas de troubles digestifs. En effet, elle améliore la flore intestinale et régule le transit. En cas de troubles digestifs suite à la prise d'antibiotiques on peut conseiller de consommer de la gelée royale avec du pollen frais afin d'aider à la reconstitution de la flore intestinale. Elle aide à la digestion en

ayant un effet eupeptique et stomachique, elle agit également sur l'ulcère gastroduodénal et peut être utilisée dans ce cas en association avec le miel et le pollen.

La gelée royale, grâce aux vitamines B9 et B12 qu'elle contient, possède ensuite des propriétés hématologiques et cardiovasculaires. Ces vitamines favorisant l'érythropoïèse permettent d'augmenter le taux d'hémoglobine dans le sang et donc assurent une meilleure oxygénation des tissus de l'organisme dont le cœur (57).

Faire des cures de gelée royale semble alors bénéfique, à chaque changement de saison par exemple, pendant 4 à 6 semaines, bien que la cure puisse être poursuivie jusqu'à un rétablissement complet, ou alors faire des cures quelques jours par mois. Il est préférable de la consommer le matin, à jeun, avant le petit déjeuner, en la laissant fondre sous la langue. On peut éventuellement la prendre avec un peu de miel pour masquer son goût. La posologie recommandée correspond souvent à 0.5 à 0.6 gramme, bien qu'elle pourra être augmentée à 1 gramme par jour dans un but curatif (57). Au total il est conseillé de consommer par cure de 10 à 15 grammes de gelée royale (2).

Nous allons ensuite nous intéresser à la propolis que nous avions évoquée avec le propomiel.

II.D) La propolis

II.D.1 Origine

À la différence de la gelée royale synthétisée par les abeilles, la propolis est sécrétée par les arbres, au niveau des bourgeons des jeunes pousses ou au niveau des écorces. Il s'agit d'une résine végétale qui sert de barrière à la plante en la protégeant des agents pathogènes extérieurs susceptibles de l'infecter (57).

Les abeilles vont principalement récolter cette résine sur les bourgeons des bouleaux, ormes, aulnes, saules, chênes, marronniers d'Inde, frênes et peupliers, et sur les écorces des épicéas, pins et sapins. Cette résine odorante possède une couleur variable en fonction des végétaux, elle peut aller du jaune clair au vert-brun (2).

La propolis est récoltée grâce aux mandibules de l'abeille qui la malaxe avec sa salive. Le mélange est ensuite transporté jusqu'à la ruche sur les poils de ses pattes arrières (photo 12).

Photo 12 : ouvrière récolteuse de propolis (85)

II.D.2 Composition

La propolis pouvant avoir beaucoup d'origines, les pourcentages de ses composants peuvent être assez variables. En moyenne elle est composée d'environ 50% de résines et baumes, d'environ 30% de cire, 10% d'huiles essentielles, 5% de pollen et 5% de divers constituants.

D'après G. Avril et S. Hampikian (57) la propolis contiendrait plus de 300 molécules identifiées. Parmi ces molécules il y a des vitamines (provitamine A, vitamine B3), des flavonoïdes, des minéraux et oligoéléments (zinc, vanadium, titane, strontium, sélénium, plomb, nickel, molybdène, manganèse, magnésium, fer, étain, cuivre, cobalt, chrome, bore, baryum, argent, aluminium), des acides aminés, des composés phénoliques et aromatiques dont le CAPE que nous évoquerons ultérieurement (57).

II.D.3 Utilisations par les abeilles

La propolis ramenée à la ruche n'est pas stockée, elle est directement utilisée par les ouvrières. Son rôle est de protéger la ruche face aux infections microbiennes. Les abeilles tapissent donc l'ensemble de la ruche avec la propolis et surtout l'intérieur des alvéoles du couvain avant que les œufs pondus par la reine y soient déposés. La propolis mise à l'entrée de la ruche va permettre de limiter l'entrée des prédateurs, des parasites et des micro-organismes au sein de la colonie, les butineuses pouvant revenir dans la ruche en étant porteuses de ces derniers. De plus, lorsqu'un animal étranger s'est introduit dans

la ruche et que les abeilles l'ont tué mais qu'elles ne peuvent l'évacuer hors de la ruche elles utilisent également la propolis pour embaumer le corps de l'intrus et ainsi protéger la colonie. La propolis sert aussi à colmater les fissures ou interstices pour se protéger de l'humidité et des agents pathogènes, les abeilles utilisent alors surtout un mélange de résine et de cire. La propolis sert ainsi à assainir la ruche, elle peut être considérée comme le médicament de la ruche. La propolis des abeilles est donc un peu différente de la propolis végétale puisqu'elle contient en plus des sécrétions salivaires des abeilles ainsi que de la cire.

Si dans l'environnement du rucher peu d'arbres produisent de la propolis la récolte en cette résine ne sera pas suffisante et les colonies d'abeilles risquent d'être plus atteintes par des maladies du couvain notamment (57).

II.D.4 Propriétés et utilisations par les hommes

De faibles quantités de propolis peuvent être récoltées par l'apiculteur en grattant les cadres mais cette propolis peut contenir des petites impuretés. Pour obtenir une récolte plus importante, l'apiculteur place une grille à propolis au-dessus des cadres. Cette grille a des mailles très petites, les abeilles ne peuvent donc pas passer à travers et par instinct elles vont vouloir boucher tous les trous, ce qu'elles vont faire avec de la propolis. Il suffit de laisser cette grille plusieurs mois, de la récupérer ensuite et de la laisser quelques heures au réfrigérateur pour qu'elle se solidifie, devienne dure et cassante. Puis l'apiculteur pourra alors la récolter en tordant cette grille. La propolis brute ainsi recueillie peut être commercialisée sous cette forme. Il faut alors la conserver dans un récipient bien fermé, au sec. Sous sa forme naturelle, elle est difficilement utilisable en raison de de son goût très amer et de sa texture visqueuse et très collante à température ambiante. On peut donc également la préparer sous forme de solution alcoolique. Cela permet d'ailleurs de la filtrer afin de la débarrasser de la cire et d'éventuels débris tels que des insectes piégés. On pratique une dissolution dans l'alcool à froid du produit recueilli ce qui sépare la propolis de la cire. De façon moins fréquente on peut aussi fabriquer un macérat huileux à base de propolis, ainsi la préparation est sans alcool et a l'avantage d'être utilisable dans des préparations grasses comme des produits cosmétiques.

La propolis peut être directement achetée chez l'apiculteur qui en commercialise, pour être consommée il faudra alors bien la mâcher et la mélanger avec sa salive. On peut

également la trouver sous différentes formes galéniques en entrant dans la composition de certains produits cosmétiques ou pharmaceutiques comme des pastilles pour la gorge. Le goût amer de la propolis n'étant pas toujours masqué malgré les préparations on peut donc conseiller de la consommer en mangeant ou en la mélangeant avec du miel.

Ainsi, une des utilisations de la propolis se fait en cosmétologie. En effet, elle rentre dans la composition de lotions et de crèmes pour la peau, de savons et shampooings, de dentifrices, de crèmes solaires, de rouges à lèvres ou encore de gommes à mâcher (57).

La propolis est ensuite également présente dans certains compléments alimentaires.

Enfin, elle est aussi utilisée en apithérapie. Malgré les différentes sources végétales possibles les propriétés de la propolis restent toujours les mêmes : antiseptique puissant, antifongique, antibiotique, cicatrisante, antioxydante et anti-inflammatoire (5).

Un composant majeur de la propolis a d'ailleurs était identifié, il s'agit de la molécule CAPE (caffeic acid phenethyl ester ou ester phényléthilique de l'acide caféique) qui est active à faible dose. Des études ont prouvé que le CAPE possède plusieurs effets qui justifient l'utilisation de la propolis dans certaines pathologies et qui contribuent à expliquer ses propriétés. En effet, le CAPE possède des propriétés antioxydantes, antiprolifératives et cytostatiques, antibactériennes, antifongiques, antivirales et anti-inflammatoires. La molécule CAPE agit sur des mécanismes clefs de l'inflammation, notamment en inhibant de façon spécifique le facteur NF-kappaB et l'oxygénation de l'acide linoléique et de l'acide arachidonique catalysée par la 5-lipoxygénase (86).

La propolis possède ainsi des propriétés anti-infectieuses très larges. Elle est efficace sur des bactéries, elle a notamment était utilisée en Russie pour soigner la tuberculose. Elle est active sur des bactéries telles que *Staphylococcus aureus, Streptococcus pneumonia, Streptococcus pyogenes*, *Haemophilus influenzae, Moxarella catarrhalis ;* son spectre d'action antibactérien est très large. De plus grâce à ses nombreux constituants les germes ne peuvent devenir résistants donc contrairement aux antibiotiques la propolis n'induit pas de résistance. Elle est active sur certains virus (virus grippaux, *Herpes virus*). Elle a également des propriétés antifongiques, notamment sur *Candida albicans*. Enfin, elle possède des propriétés antiparasitaires, elle permet alors de lutter contre le ténia et certains protozoaires.

De plus, elle possède des propriétés immunostimulantes. Ainsi une des principales applications de la propolis en apithérapie concerne donc les pathologies infectieuses notamment les affections de la sphère ORL telles que des rhinites, laryngites, pharyngites, rhinopharyngites, sinusites, otites externes, angine, ainsi que la grippe. Elle est également indiquée pour des troubles de la sphère bucco-dentaire tels que dans la stomatite et les aphtes, la gingivite, la glossite, pour le muguet (mycose buccale induite par le champignon *Candida albicans*), pour la mauvaise haleine (lorsqu'elle est induite par un déséquilibre de la flore buccale), dans la prévention des caries et pour les infections dentaires. Au niveau de la sphère digestive elle peut être conseillée en prévention et traitement de l'ulcère gastrique dû à *Helicobacter pilory* grâce à son action antibactérienne sur cette bactérie et dans le traitement de la gastro-entérite. Elle est aussi utilisable pour certaines affections de la sphère urogénitale notamment les cystites et les infections vaginales dues à des parasites, bactéries ou champignons (*Trichomonas vaginalis, Streptococcus pyogenes, Candida* albicans, etc.) (57).

La propolis possède également des propriétés cicatrisantes ainsi qu'un pouvoir anesthésique local, associés à ses propriétés anti-infectieuses elle peut donc être utilisée en dermatologie, seule sous différentes formes galéniques possibles, ou en association avec du miel (propomiel), cicatrisant et anti-infectieux également. On peut alors proposer la propolis en application locale sur des affections cutanées telles que l'acné, l'eczéma, sur des coups de soleil et brûlures du premier et deuxième degré, sur des plaies infectées ou cicatrisant difficilement ou encore sur des verrues ou des cors (57). En ophtalmologie elle peut aussi être utilisée pour des brûlures oculaires, des inflammations virale ou bactérienne et pour calmer les douleurs de l'œil grâce à ses propriétés anesthésiques (5).

Elle a ensuite des propriétés anti-inflammatoires ce qui lui permet d'être utile en cas de pathologies à composante inflammatoire telles que l'asthme, l'allergie, la bronchite, mais aussi les rhumatismes et l'arthrite (57).

Enfin, la propolis possède des propriétés anti-tumorales démontrées par des études scientifiques. Ce sont notamment des molécules tels que les flavonoïdes antioxydants et le CAPE qui confèrent à la propolis la faculté d'inhiber la prolifération de certaines cellules en induisant l'apoptose ou en arrêtant le cycle cellulaire (87).

Finalement la propolis peut être conseillée par cure à visée préventive ou en curatif dès qu'elle a un intérêt thérapeutique. Selon l'indication, la propolis peut également être utilisée en association avec d'autres produits de la ruche comme le miel, la gelée royale, le pollen ou le venin d'abeille, cinquième produit de la ruche utilisé en apithérapie que nous allons maintenant aborder.

II.E) Le venin d'abeille

II.E.1 Origine

Le venin d'abeille est produit uniquement par les femelles c'est-à-dire les ouvrières et la reine. Elles le produisent grâce à deux glandes vénéripares, une qui produit une substance acide et l'autre une substance basique. Ces substances produites par ces deux glandes se déversent dans le réservoir à venin et en se mélangeant forment ainsi le venin lorsque l'abeille pique avec son dard. Les faux-bourdons ne possèdent ni dard, ni venin (57,88).

II.E.2 Composition et propriétés

La composition du venin d'abeille varie en fonction de la race, de l'âge et de la nourriture de l'abeille, le pollen et le nectar ont une influence. Les effets et les propriétés du venin restent malgré tout quasi identiques.

Le venin d'abeille contient environ 90% d'eau et environ 10% d'autres molécules qui lui confèrent ses propriétés. Le composant le plus abondant parmi ces molécules est la mellitine (ou mélitine) : en moyenne 50% du poids total sec. C'est un peptide composé de 26 acides aminés. C'est cette molécule qui est en grande partie responsable de la douleur provoquée par une piqûre d'abeille. Toutefois la mellitine possède un puissant effet anti-inflammatoire, elle agit en stimulant la production de cortisol ou hydrocortisone, une hormone stéroïdienne anti-inflammatoire secrétée par les glandes surrénales (57). Elle serait d'ailleurs cent fois plus puissante que l'hydrocortisone (89). La mellitine possède aussi une activité antimicrobienne (90). Ce peptide potentialise également l'action d'une phospholipase et de la hyaluronidase présentent dans le venin (57).

La phospholipase A2 représente environ 12% du poids total sec et la hyaluronidase 2%. Ces deux molécules sont des enzymes, elles s'infiltrent dans les tissus suite à la

piqûre et une fois activées elles vont rendre ces tissus beaucoup plus perméables et ainsi faciliter également la diffusion du venin.

Cette particularité explique une efficacité du venin d'abeille dans les maladies rhumatismales. En effet, dans ces pathologies des sérosités toxiques sont présentes au sein de l'articulation et provoquent inflammation et douleur. Grâce à la phospholipase et la hyaluronidase qui rendent les tissus de l'articulation malade plus perméables, ces sérosités vont pouvoir être drainées et éliminées. Ces enzymes sont également des allergènes puissants. Ce sont ces trois molécules mellitine, phospholipase A2 et hyaluronidase qui contribuent à provoquer les symptômes d'une piqûre d'abeille mais également, avec d'autres molécules, à permettre l'efficacité du venin en apithérapie (57).

Le venin contient aussi des acides aminés qui représentent environ 15% de la masse sèche du venin dont des catécholamines et de l'histamine. Il y a peu de glucides dans le venin, de 1 à 2%, et environ 5% de lipides. Le venin est aussi constitué d'autres enzymes et d'autres peptides comme l'apamine, un neurotoxique pouvant franchir la barrière hémato-encéphalique qui représente environ 2 à 3% de la masse sèche du venin. Un autre peptide important est l'adolapine qui ne représente qu'environ 1% de la masse sèche du venin (57,88). L'apamine bloque les canaux calciques dépendant du potassium et responsables d'hyperpolarisation neuronale. Ce peptide réduit donc les effets de l'hyperpolarisation et améliore la plasticité synaptique (91). L'adolapine est un puissant anti-inflammatoire et analgésique dont les effets ont été déterminés par des études scientifiques. Ses propriétés seraient expliquées par sa faculté à inhiber une enzyme intervenant dans la formation de prostaglandines impliquées dans les mécanismes de l'inflammation (92).

II.E.3 Utilisations par les abeilles

L'abeille injecte le venin en piquant avec son dard. Toutefois le dard de la reine est différent. Il est lisse ce qui lui permet de ne pas rester accroché à ses victimes. La reine va ainsi pouvoir utiliser son dard et libérer du venin plusieurs fois, néanmoins elle l'utilise uniquement pour éliminer ses rivales à sa naissance. Le venin de la reine est moins actif que celui des ouvrières et en vieillissant il sera également moins actif. Au contraire le dard des ouvrières n'est pas lisse. Elles l'utilisent pour défendre la colonie en tuant l'ennemi

grâce à leur venin. L'abeille ouvrière qui pique va alors laisser son dard dans sa victime, il est arraché de son abdomen et elle en meurt (57).

II.E.4 Propriétés et utilisations par les hommes

Malgré ses utilisations en médecine au cours de l'Histoire, le traitement par le venin d'abeille n'est aujourd'hui pas reconnu par la médecine officielle. Néanmoins il est employé en médecine conventionnelle dans le cadre des cures de désensibilisation chez les personnes allergiques au venin d'abeille. C'est un extrait de venin en flacon qui est alors utilisé et son usage est strictement réservé au corps médical (57).

En effet il existe une technique pour récolter le venin sans provoquer l'arrachement du dard des abeilles et donc sans induire la mort de ces dernières. Seuls quelques apiculteurs spécialisés sont habilités à la production du venin de cette manière. Pour ce faire une membrane en caoutchouc est placée au niveau de la zone d'envol des abeilles à l'entrée de la ruche. On fait passer un faible courant électrique dessus sans danger pour elles. Lorsque l'abeille touche la grille en s'envolant une légère décharge électrique provoque des contractions chez elle ce qui entraîne une petite perte de venin sans affecter le dard (5). L'odeur du venin et les phéromones libérées par les abeilles ayant reçu une stimulation électrique vont attirer d'autres abeilles qui à leur tour perdront du venin (93). Une plaque en verre placée en dessous permet de récupérer ce venin. Toutefois, au contact de l'air le venin perd une partie de ses substances actives volatiles, le rendant différent de celui reçu directement par une piqûre d'abeille. Pour les différencier le venin récolté est appelé apitoxine. Il peut alors soit être déshydraté pour le conserver soit être mis en solution dans une seringue injectable. Des pommades à base d'apitoxine existent aussi. Dans le commerce il est donc impossible de trouver du venin, il s'agit uniquement de préparations à base d'apitoxine (5).

Excepté cet usage au cours de la désensibilisation, ce sont habituellement des naturopathes spécialisés qui utilisent le venin d'abeille. Il peut être utilisé ponctuellement au cours d'une seule et unique séance par exemple dans le cas d'une tendinite ou sur une longue période avec plusieurs séances pour certaines maladies chroniques. Le nombre de piqûres peut varier de quelques unes à une vingtaine par séance. La durée du traitement et la posologie varient donc en fonction de l'indication. Pour pratiquer cette thérapeutique on viendra déposer l'abeille sur la zone où l'on désire y injecter le venin, l'abeille va alors

piquer la personne et lui injecter son venin. Les abeilles sont déposées sur la zone à traiter les unes après les autres. Cette pratique oblige à sacrifier les abeilles. Néanmoins si le patient n'accepte pas de se faire piquer directement par l'abeille le thérapeute pourra pratiquer des injections d'apitoxine en utilisant une seringue (57). Cette technique offre l'avantage de placer éventuellement en plus un anesthésiant dans la solution à injecter bien qu'un anesthésiant local puisse également être appliqué sur la peau au préalable (5).

Cette thérapie au venin d'abeille est connue sous le nom de Bee Venom Therapy (BVT) et la pratique de cette thérapie qui utilise les piqûres d'abeilles se nomme apipuncture. Les pays les plus connaisseurs de la pratique de l'apipuncture sont essentiellement le Japon, la Russie, le Canada et les États-Unis. Ce sont souvent des techniques d'acupuncture provenant de la médecine traditionnelle chinoise qui sont utilisées pour la pratiquer (5).

En cas de piqûre par une abeille plusieurs réactions de l'organisme, pouvant aller du bénin au gravissime, sont possibles et dépendent de chaque individu :

- douleur avec œdème et rougeur disparaissant en quelques heures (pour la majorité des personnes piquées)
- douleur avec œdème plus important et inflammation à type d'urticaire (risque d'étouffement si piqûre dans la bouche)
- réaction de choc anaphylactique en cas d'allergie au venin (rare mais constitue une urgence, cette réaction peut conduire au décès de la personne) (5,57)

L'utilisation de venin en thérapeutique est donc contre-indiquée en cas d'allergie à celui-ci (57). De même, cette utilisation n'est pas recommandée en cas d'insuffisance rénale, de maladies cardio-vasculaires graves, de diabète insulino-dépendant et en cas de prise de béta-bloquants (94).

Il est ainsi recommandé de consulter son médecin généraliste et un allergologue avant de débuter une thérapie par le venin d'abeille afin de vérifier que le patient ne présente pas de contre-indication et pour dépister une éventuelle allergie au venin. Si cela est la cas il peut être envisagé de procéder à une désensibilisation au préalable. De plus, il faudra être vigilant à chaque piqûre car l'allergie peut apparaître à chaque nouveau contact avec le venin. Il est conseillé au patient d'avoir également sur lui un auto-injecteur

d'adrénaline au cas où un choc anaphylactique apparaîtrait au cours d'une séance d'apipuncture (5,57). En effet, le venin d'abeille est un produit pouvant causer la mort, sa DL50 chez l'humain correspond à 2,8 mg/kg de masse corporelle (90). Il est donc important que ces séances d'apipuncture (photo 13) soient effectuées sous la surveillance d'une personne connaisseuse de cette pratique.

Si la thérapie par le venin d'abeille est réalisable chez un patient, le thérapeute va alors établir un protocole de soin adapté au patient en fonction de sa pathologie et de ses symptômes en déterminant le nombre de piqûres, leurs emplacements sur le corps et la fréquence. Au début de la thérapie, les piqûres se feront progressivement afin que le corps s'habitue et pour éviter les réactions (5).

Photo 13 : séance d'apipuncture (95)

Ce qui est recherché ici est l'effet anti-inflammatoire et l'effet antalgique du venin (notamment pour les pathologies rhumatismales). Cet effet anti-inflammatoire est proportionnel à la quantité de venin, c'est-à-dire au nombre de piqûres, son effet est cumulatif et durable dans le temps (57).

Le venin d'abeille possède plusieurs propriétés reconnues. Il entraîne une vasodilatation, notamment au niveau du cerveau, il diminue la tension artérielle, il bloque l'influx nerveux, il abaisse la sensation de douleur, il est anti-inflammatoire, anticoagulant, cardiotonique et il a des propriétés immunologiques (67,90). Namjooyan et al. (2014) (96) rapportent que le venin inhibe la migration des leucocytes, diminue la quantité des TNF-α, inhibe la cyclo-oxygénase d'où les effets anti-inflammatoires et analgésiques.

Grâce à ces propriétés plusieurs indications pourraient justifier l'utilisation du venin. En effet, bien que le venin injecté par la piqûre d'abeille provoque une certaine douleur, il

est pourtant un puissant anti-inflammatoire. Il est donc tout d'abord surtout recommandé dans les pathologies inflammatoires causant des douleurs chroniques comme l'arthrose, les arthrites telles que la polyarthrite rhumatoïde mais aussi pour des tendinites. De plus, le venin a l'avantage d'être une alternative thérapeutique aux AINS pour les patients présentant une contre-indication à ces médicaments (5,57). Le venin peut également être employé pour soulager d'autres pathologies rhumatismales, pour des myalgies, des myosites mais aussi pour les sciatiques, les névralgies, les névrites, les douleurs provoquées par les séquelles d'un traumatisme, les migraines, les inflammations chroniques des tissus mous et osseux (57,67). En outre de par ses propriétés vasodilatatrices il pourrait aider à la régénération des tissus nécrosés (5).

Ensuite le venin d'abeille est de plus en plus utilisé en complément dans la prise en charge de la Sclérose En Plaques (SEP). Il est notamment très employé aux États-Unis où chaque année il y aurait 30 000 à 40 000 patients souffrant de SEP qui auraient recours à la Bee Venom Therapy (BVT) ou thérapie par le venin d'abeille (67).

Néanmoins pour le moment aucune étude scientifique ne vient démontrer l'efficacité avérée du venin d'abeille dans le traitement de la SEP. Une étude clinique de phase 1 a été réalisée en 2005 chez 9 patients atteints de SEP qui ont bénéficié de cette thérapie par piqûres d'abeilles. Quatre de ces patients ont dû arrêter l'étude à cause d'une aggravation de leurs symptômes neurologiques sans qu'aucun lien avec la thérapie par le venin d'abeille n'ait été établi. Les cinq autres participants ont ressenti une amélioration de leurs symptômes. Les auteurs concluaient que cette thérapie paraissait sûre du point de vue allergique puisque aucune réaction de ce type n'avait eu lieu chez les participants mais que pour établir l'efficacité du venin d'abeille il faudrait beaucoup plus d'études et de données (97).

D'autres scientifiques ont également analysé les effets constatés chez les patients grâce à la thérapie par le venin d'abeille (par exemple une remyélinisation) et ont émis des hypothèses expliquant par quels mécanismes d'action le venin d'abeille permettait cet effet. Par exemple la remyélinisation suite à une BVT serait expliquée par la présence dans le venin des 18 acides aminés sur les 20 nécessaires à la synthèse de la myéline. Le professeur Krivopalov-Moskvin, à l'origine, avec ses collègues, de ces hypothèses a également traité en Russie plus de 2 000 patients atteints de SEP avec la BVT. Selon lui

seulement 5 à 7% de ces patients ne présentaient pas d'amélioration après la thérapie par l'apipuncture (89).

À l'échelle mondiale cette thérapie par le venin d'abeille reste marginalisée et par exemple en France aucune structure officielle dans la médecine conventionnelle n'offre aux patients la possibilité de tester cette thérapeutique en adjuvant des traitements classiques. C'est pourquoi c'est souvent par internet que les patients découvrent cette thérapie et qu'ils peuvent être mis en relation avec des apiculteurs et des professionnels de l'apipuncture. Toutefois comme le rappellent les chercheurs d'une étude publiée en 2014 sur les médecines alternatives et complémentaires dans le traitement de la SEP, bien que la BVT montre a priori une certaine efficacité (le venin ne guérit pas la SEP mais il peut améliorer les symptômes et soulager les malades) il est nécessaire que d'autres études soient réalisées pour confirmer ou infirmer cette hypothèse (96).

Puis la thérapie par le venin d'abeille serait également intéressante en traitement adjuvant de la maladie de Parkinson. En effet, une méta-analyse publiée en 2017 (91) a répertorié plusieurs mécanismes permettant d'expliquer une certaine efficacité constatée. Le venin d'abeille agirait notamment en atténuant l'inflammation neuronale, il inhibe également la destruction des neurones dopaminergiques, il rétablit les taux normaux de dopamine dans la voie nigrostriatale, il protège les neurones de la toxicité induite par le glutamate et il possède aussi des propriétés antioxydantes. Selon ces chercheurs des études expérimentales et cliniques publiées prouvent que la thérapie par le venin d'abeille pourrait être un traitement adjuvant efficace dans la prise en charge de la maladie de Parkinson (91).

Enfin, comme nous l'avons évoqué au début de cette partie, le venin d'abeille est utilisé pour permettre la désensibilisation des patients allergiques au venin d'abeille (67). Il pourrait aussi s’avérer être une piste thérapeutique prometteuse dans d'autres pathologies comme l'asthme et certains cancers.

Le venin peut également être utilisé en association avec d'autres produits de la ruche comme la gelée royale ou la propolis (5). Nous allons maintenant découvrir le dernier produit de la ruche intéressant pour les hommes : la cire.

II.F) La cire

II.F.1 Origine

Les abeilles fabriquent la cire grâce à des glandes cirières situées sous leur abdomen. Ces glandes vont se développer entre la deuxième et la troisième semaine de vie de l'abeille et elles fonctionneront jusqu'à la mort de celle-ci, même si l'abeille est occupée à une autre tâche que celle de la production de cire. En effet ce sont les abeilles architectes qui ont pour mission de produire la cire et de l'utiliser (57). Les abeilles possèdent huit glandes cirières qui sécrètent entre les anneaux de l'abdomen des lamelles de cire très fines et presque transparentes à partir de réserves de graisses (4). L'abeille utilise ses pattes postérieures pour ramener ces paillettes de cire solidifiées vers ses mandibules qui vont lui permettre de les malaxer et de les mélanger à sa salive, la cire ainsi obtenue prend la consistance d'une pâte d'aspect gras et compact (57). Les mâles et la reine ne possèdent pas de plaques cirières, ainsi les ouvrières sont les seules occupantes de la ruche capables de fabriquer la cire (2).

II.F.2 Composition

La cire est composée d'environ ¾ d'esters d'acides gras et d'alcool et d'environ ¼ d'hydrocarbures. Elle contient aussi environ 6% d'autres substances dont la vitamine A et des traces de pigments (57).

II.F.3 Utilisations par les abeilles

Les ouvrières architectes fabriquent la cire et l'utilisent pour construire les cadres (s'il s'agit d'une ruche sauvage) et les alvéoles qui composent ces cadres. C'est un travail collectif qui nécessite une coordination entre les ouvrières (7). Les abeilles architectes se regroupent sous forme de chaîne pour construire les cellules, elles partent du haut du cadre et sont guidées par les phéromones émises par la reine.

Les deux faces du cadre sont composées de cellules hexagonales orientées à 13° vers le haut afin de garantir le stockage de la nourriture (pollen et miel) et le maintien du couvain (œufs, larves, nymphes) dans ces alvéoles (2).

Les abeilles étirent donc la cire pour fabriquer les alvéoles, celles qui viennent d'être construites sont de couleur blanche et translucide mais au fil du temps elles vont se

foncer et se colorer. En effet les abeilles appliquent de la propolis sur les cadres et les alvéoles pour les désinfecter avant chaque nouvelle utilisation de ces dernières. Les couches successives de propolis appliquées dans les cellules ainsi que leurs différentes utilisations expliquent le changement de couleur de la cire avec le temps (57).

D'autres abeilles bâtisseuses s'occupent de l'entretien de la ruche, elles colmatent les trous avec de la propolis et de la cire. Elles mettent également un opercule de cire perméable à l'air sur toutes les alvéoles du couvain en fin de stade larvaire (2). L'abeille architecte intervient aussi une fois que le miel a fini sa transformation, en fermant l'alvéole contenant le miel mature avec une fine couche de cire (57) (photo 14).

Photo 14 : Opercules de cire fermant les alvéoles remplies de miel (photo personnelle)

II.F.4 Propriétés et utilisations par les hommes

L'apiculteur peut récupérer deux types de cire dans la ruche. Soit la cire présente sur les cellules des cadres, c'est-à-dire la cire qui sert d'opercule des alvéoles contenant le miel, cette cire est récupérée par l'apiculteur au moment de l'extraction du miel, elle est pure et presque blanche (57). Soit c'est la cire des vieux cadres qui peut être récupérée, elle est plus foncée et des impuretés peuvent être présentes dedans tels que des restes d'insectes, de bois, de pollen, de miel. Pour récupérer cette cire, l'apiculteur fait fondre les cadres et filtre ensuite la cire.

La cire d'abeille se conserve très bien dans le temps sans s'altérer, toutefois il est préférable de la conserver dans un récipient hermétique et de la stériliser au préalable en la faisant fondre à haute température pour la purifier (5).

Actuellement la cire d'abeille est de moins en moins utilisée par les hommes. Elle servait autrefois à la fabrication d'objets, de sculptures, de bougies pour éclairer, de sceaux pour cacheter les lettres, ou entrait dans la composition de préparations dermatologiques (57). Aujourd'hui elle est encore utilisée parfois dans certains domaines comme l'armement, les industries du cuir et du meuble, l'art, l'industrie pharmaceutique et surtout la cosmétologie (4). Dans ce dernier domaine la cire d'abeille sert surtout d'excipient, elle a pour avantages de bien se conserver, de se mélanger très bien aux autres composés, elle permet également de nourrir la peau. On peut la retrouver dans des crèmes, des pommades, des produits de maquillage. La cire est émolliente, elle présente donc un intérêt en apithérapie, elle est utilisée en dermatologie pour cicatriser et dans certaines pathologies de la peau. C'est la cire des opercules qui est utilisée pour l'apithérapie et la cosmétologie après purification tandis que la cire des vieux cadres est utilisée dans les domaines industriels (5).

La plus grande partie de la cire d'abeille récoltée est en fait utilisée pour l'apiculture, par les apiculteurs, pour l'entretien des ruches. Après chaque ponte d'œufs il reste des résidus (d'œufs, de larves) et il y a des accumulations de couches de propolis. Ces deux facteurs entraînent un rétrécissement des alvéoles au fil du temps, les larves ont ainsi moins de place pour se développer et les abeilles qui naissent sont plus petites, il faut donc changer régulièrement les cadres dans la ruche. La cire récupérée sert alors à refaire des plaques de cire gaufrée sur lesquelles les alvéoles sont déjà pré-formées, l'ouvrière n'aura plus qu'à se servir de cette ébauche pour finir de construire les cellules. L'apiculteur peut faire lui-même ces plaques ou bien donner la cire à un professionnel cirier (9). Ces cadres doivent être de bonne qualité, il est important que la cire récoltée soit fondue à haute température pour qu'elle soit débarrassée d'éventuels pathogènes microbiologiques comme par exemple des larves de loque, notamment américaine, qui peuvent contaminer le couvain (5).

Bilan sur les produits de la ruche

Finalement, tous les produits de la ruche sont exploités par les hommes : le miel, la gelée royale, la cire ainsi que le venin d'abeille, fabriqués par ces dernières. On retrouve aussi la propolis et le pollen, récoltés par les ouvrières, ce dernier étant ensuite modifié en pain d'abeille. Tous les produits de la ruche sont également essentiels pour les abeilles elles-mêmes ainsi que pour le fonctionnement et le bon développement de la colonie.

Comme nous l'avons vu dans cette deuxième partie, tous ces produits présentent aussi des propriétés intéressantes pour les humains dans différents domaines : culinaire, alimentaire, industriel, pharmaceutique et surtout dans une discipline de la médecine douce, l'apithérapie.

Par ailleurs, toutes les utilisations et les propriétés des produits de la ruche n'ont pas été citées et abordées de manière exhaustive. En effet, l'apithérapie concerne la médecine humaine mais aussi la médecine vétérinaire. En outre, d'autres utilisations peuvent être tirées des produits de la ruche. Par exemple, les larves d'abeilles sont parfois utilisées, elles offrent une source riche en minéraux, en vitamine D et en provitamine A (5). Enfin, les abeilles elles-mêmes sont utilisées en médecine homéopathique en tant que souche du médicament homéopathique *Apis mellifera*.

Ainsi, dans l'hypothèse où les abeilles viendraient à disparaître ce sont également tous ces produits qui disparaîtraient, l'homme ne pouvant les fabriquer, à l'exception du pollen et de la propolis qu'il serait éventuellement possible de récolter dans la nature. Toutefois, si les abeilles s'éteignaient, des végétaux disparaîtraient aussi, la propolis et le pollen entomophile seraient alors plus rares. Seul resterait le pollen anémophile sans intérêt pour l'homme.

La perte de ces produits de la ruche entraînerait donc obligatoirement des répercussions sur l'économie puisque la commercialisation des produits de la ruche correspond à un secteur économique. La disparition de ces produits provoquerait également pour l'homme une perte d'aliments aux vertus nutritives intéressantes pour le maintien d'une bonne santé ainsi qu'une perte de ressources ayant des propriétés thérapeutiques leurs permettant une utilisation en apithérapie.

Pour finir, nous allons voir le point de vue d'un apiculteur sur ces différentes thématiques que nous avons abordées au cours de cette thèse.

III. PARTIE 3 : ENTRETIEN AVEC UN APICULTEUR

Lors de mes recherches sur la disparition des abeilles et les conséquences liées à cette disparition, j'ai eu l'opportunité de rencontrer un apiculteur professionnel et d'échanger avec lui sur la problématique de ma thèse.

Je vous propose donc ici d'aborder différents thèmes qui ont pu être évoqués durant cette thèse ainsi qu'au cours de notre échange et de retranscrire la vision de l'apiculteur sur ces sujets. Évidemment ce rapport n'est pas représentatif de la pensée de tous les apiculteurs. Il s'agit uniquement de montrer le point de vue de l'un d'entre eux, à un moment précis et dans une zone géographique donnée. En effet, j'ai rencontré Monsieur Philippe Bequet, apiculteur à Toutencourt dans la Somme, le 16 février 2017.

Monsieur Bequet a eu ses premières ruches lorsqu'il était adolescent. Il a fait des études d'ingénieur agricole mais après quelques mois de travail dans ce domaine, il a décidé de s'installer apiculteur pour vivre de sa passion.

Il travaille avec les abeilles *Apis mellifera carnica*. Lorsque je lui ai demandé s'il constatait une diminution du nombre de ses abeilles il m'a répondu que non. En effet, il a commencé avec très peu de ruches et en possède aujourd'hui près de 400. Ce problème ne touche heureusement pas tous les apiculteurs. Toutefois, à la question « pensez-vous que les abeilles pourraient un jour disparaître ? » il a répondu « oui, possible ». Il constate également qu'il y a de moins en moins d'essaims sauvages d'abeilles.

Nous avons alors évoqué quelles étaient selon lui les principales causes provoquant des pertes d'abeilles chez certains de ses confrères.

Pour monsieur Bequet, le principal problème est celui du varroa. Selon lui, il faut surveiller attentivement ses ruches pour traiter avec des produits adaptés au bon moment. Cependant peu de molécules sont disponibles et des résistances existent comme nous avons pu le voir. Il y a également peu de recherches dans ce domaine de la part des laboratoires pour développer d'autres molécules actives contre *Varroa destructor*.

D'autres causes sont ensuite responsables selon lui de la diminution du nombre d'abeilles. Ces causes sont la perte des haies, le manque de biodiversité, la pratique de la monoculture dans les champs. En effet en Picardie, parmi les monocultures exploitées, les

seules intéressantes pour le nectar sont celles de colza et de luzerne. Il signale également que dans d'autres régions de France, le tournesol et la lavande sont aussi de bonnes cultures pour permettre la production de miel.

Pour monsieur Bequet, les pesticides ne sont pas les seuls responsables. D'ailleurs il n'y a pas que les agriculteurs qui les emploient ; les plus gros utilisateurs après les agriculteurs sont la RATP et la SNCF.

Il a aussi évoqué le problème de la pollution et notamment la pollution dans les villes. Selon lui, le miel des ruches dans les villes présente un risque plus important d'être contaminé par divers polluants. La propolis végétale récoltée par les ouvrières correspond souvent à celle de peupliers. Lorsqu'il n'y a pas assez d'arbres en ville les abeilles peuvent récupérer du goudron afin de s'en servir pour colmater les trous à la place de la propolis. En outre, la cire est un corps gras, elle fixe donc tous les métaux et les polluants. Ainsi, le miel peut se retrouver contaminé.

Monsieur Bequet a également cité d'autres causes impliquées selon lui dans les phénomènes de pertes d'abeilles. L'apiculture devient de plus en plus technique. De nombreux apiculteurs sont des apiculteurs amateurs et s'il n'y a pas assez de surveillance des ruches, cela peut avoir des conséquences. En effet, il considère qu'il est important de contrôler les ruches, le varroa reste présent au sein de la colonie même s'il a déjà été traité d'où une surveillance nécessaire pour permettre d'appliquer à nouveau des traitements de façon appropriée au bon moment pour éviter des pertes d'abeilles. Il est aussi nécessaire de surveiller la quantité de nourriture disponible à proximité de la ruche ainsi que l’état des réserves. En cas d’absence de ressources nutritives, il faudra donc nourrir les abeilles avec du sucre afin d’éviter une augmentation de la mortalité.

Concernant le frelon asiatique, monsieur Bequet se sent épargné puisqu'il n'est à priori pas encore arrivé jusqu'ici. Selon lui, les ruches de ses collègues apiculteurs concernés par ce frelon ne souffrent pas trop de la présence de ce prédateur car quelques solutions émergent comme la mise en place de grille à l'entrée de la ruche. De plus, d’après lui, le frelon asiatique est le plus souvent retrouvé devant des colonies fragiles qui ne passeraient pas systématiquement l'hiver.

Toutes ces causes évoquées par monsieur Bequet ont été répertoriées dans cette thèse et sont reconnues comme impliquées dans le déclin des populations d’abeilles. De

son point de vue, la diminution des abeilles est aussi un phénomène médiatique. Selon lui, certaines causes sont plus impliquées que d'autres et les pesticides ne représentent pas le plus important des problèmes. Néanmoins, nous avons vu dans la première partie de cette thèse que les insecticides et les herbicides notamment, sont pointés du doigt par de nombreux scientifiques et apiculteurs.

Au cours de cet entretien nous avons également abordé les produits de la ruche. Je lui ai donc tout d'abord demandé quels étaient les produits de la ruche qu'il exploitait.

Monsieur Bequet commercialise uniquement du miel. Cependant, pour sa consommation personnelle, il récolte également du pollen et de la propolis. Au moment de l'extraction du miel, il récupère la cire pour refaire de nouveaux cadres afin que les ouvrières puissent y fabriquer les cellules pour la réserve de nourriture et pour le couvain.

Les miels qu'il commercialise sont produits en Picardie. Ses ruches sont disposées sur plusieurs sites et il pratique la transhumance mais uniquement dans la région. Ceci lui permet d'avoir des miels particuliers, selon les saisons, la météo, les endroits où sont placées les ruches, il dispose de différents miels : d'acacias, de tilleuls, de châtaigniers, ou encore des miels à base de plusieurs fleurs comme les miels de forêt, de printemps et d'été. Pour qualifier son miel de monofloral il réalise un contrôle organoleptique. Avec la pratique, il reconnaît l'origine du miel à sa couleur et à son goût. Il ne fait faire une analyse qu'en cas de doute. Il récolte ses différents miels à chaque fin de floraison.

Nous avons ensuite évoqué la commercialisation de ses miels.

Monsieur Bequet vend ses produits essentiellement dans la région, aux particuliers, dans de petites épiceries fines et en vente directe à la ferme. Il consacre peu de temps aux marchés, essentiellement au moment des fêtes de Noël et à quelques foires car cette activité est chronophage. En effet, étant seul sur son exploitation, il doit s'occuper du contrôle de chacune de ses ruches une fois tous les sept jours, de la récolte du miel et de la vente.

Il devait également démarrer une commercialisation de ses miels dans les grandes surfaces grâce à un groupement avec un autre apiculteur. Il ne commercialise pas ses miels à des entreprises transformant les produits de la ruche pour une utilisation alimentaire ou à des fins thérapeutiques.

Puis, nous avons parlé de l'apithérapie et je lui ai demandé s'il pensait que les produits de la ruche avaient un intérêt dans ce domaine.

Il pense que oui et il utilise d'ailleurs énormément la propolis. Il l'emploie de manière empirique pour des problèmes cutanés, gastriques, bucco-dentaires, soit pure, soit en dilution dans l'alcool. Il utilise alors de l'alcool à 70° dans lequel il ajoute 25 à 30% de propolis. L'application quotidienne de cette solution pendant quelques jours est très efficace contre les mycoses des pieds par exemple. Il utilise également cet alcoolat en cas de début de troubles digestifs, 2-3 gouttes de cette solution pendant quelques jours lui ont permis d'éviter la gastro-entérite. Le filtrat de propolis qu'il récupère de cet alcoolat lui est également utile, il le mélange à du liniment et à de la vaseline pour fabriquer une crème qu'il applique sur des plaies et des brûlures mais aussi sur des lèvres gercées. En cas de coupure il applique directement de la propolis pure pendant quelques jours sur la coupure et cela lui permet de bien cicatriser. Monsieur Bequet sait également que le miel est un bon cicatrisant mais il l'emploie très rarement. Il préfère se soigner avec la propolis qui est selon lui très efficace pour beaucoup de choses.

Pour finir, je l’ai questionné sur ce que nous pourrions faire à l'échelle individuelle pour protéger les abeilles.

Selon lui, quelques fleurs sur un balcon ne suffisent pas pour apporter des ressources nutritives nécessaires. Les fleurs d'ornementations telles que les rosiers et les géraniums ne produisent pas beaucoup de nectar et offrent donc peu de nourriture pour l'abeille. Elles ne sont pas intéressantes pour avoir du miel. Les fleurs produisant davantage de nectar sont les aubépines, les pissenlits, le colza, les arbres fruitiers. Monsieur Bequet pense que pour aider l'apiculteur c'est surtout à l'échelle agricole qu'il faut agir en faisant par exemple des prairies permanentes et en remettant des haies pour que les abeilles aient assez de nourriture.

Cet entretien réalisé au cours de la préparation de ma thèse a été très instructif. En effet, j'ai pu acquérir des connaissances sur ce sujet et j’ai pris conscience que la situation des abeilles ne peut pas toujours être généralisée. La vision de monsieur Bequet sur ce sujet et la situation de ses abeilles ne correspondent pas forcément entièrement à la représentation de ce que le lecteur pourra lire dans cette thèse, ni ce que pensent tous les apiculteurs, mais reste très enrichissante, puisqu'il nous éclaire différemment.

CONCLUSION

À la question « la disparition des abeilles : quelles conséquences pour nous ? » Il est assez difficile de répondre de manière formelle.

Au cours de cette thèse nous avons pu constater que le phénomène médiatisé de la disparition des populations d'abeilles est attesté à travers le monde. Le taux de mortalité des abeilles reconnu comme « normal » est habituellement inférieur à 10%. Or, dans certaines régions du monde, la mortalité atteint en moyenne les 30%. Ainsi ce déclin est préoccupant dans la mesure où les abeilles sont des insectes considérés comme sentinelles de l'environnement.

En effet, parmi tous les agents pollinisateurs, les abeilles sont les principales actrices contribuant à la pollinisation des plantes à fleurs. C'est au cours de ses nombreux voyages entre la ruche et les fleurs que l'ouvrière butineuse contribue à disséminer le pollen des fleurs pour assurer leur reproduction alors qu'en même temps elle prélève sur les fleurs les ressources nutritives dont la colonie a besoin pour vivre. Comme nous avons pu le découvrir, la nourriture de cet insecte comprend pour l'essentiel du pollen et du miel que l'ouvrière fabrique à partir du nectar qu'elle a butiné. Les abeilles et les fleurs entretiennent une relation de mutualisme. Si les abeilles disparaissaient de la Terre, ce seraient tous les écosystèmes qui se verraient bouleversés. Le transport du pollen ne serait plus assuré pour certaines espèces végétales ou alors serait en moindre mesure pris en charge par d'autres agents pollinisateurs. Ces espèces entomogames risqueraient de s'éteindre à leur tour car la pollinisation croisée que permettent les abeilles contribue à la reproduction des plantes dans le temps et dans l'espace et augmente la biodiversité en croisant les patrimoines génétiques. L'allogamie est peut-être une meilleure option, plus efficace en terme de succès de fécondation, pour les plantes par rapport à l'autogamie qui permet certes de se reproduire, mais sans enrichir le patrimoine génétique. Or, cet enrichissement est essentiel pour le développement des espèces, leur évolution, leur maintien.

Ainsi, la disparition des abeilles, amplifiera la perte en biodiversité et impactera l'homme à différents niveaux : des conséquences écologiques, économiques, alimentaires et sur la santé des hommes sont envisageables.

Les hommes se verront aussi privés des produits de la ruche si les abeilles disparaissaient. Or, comme nous avons pu le constater, ces produits que l'abeille récolte, transforme ou fabrique présentent des intérêts particuliers que l'homme aime exploiter, notamment en apithérapie. Ces produits possèdent plusieurs propriétés reconnues et étudiées scientifiquement dans le but d'offrir une alternative thérapeutique ou un complément de traitement pour certaines pathologies.

Par exemple, le venin d'abeille utilisé en apipuncture soulage certaines pathologies rhumatismales et constitue un espoir pour les patients atteints d'autres pathologies graves comme la SEP ou la maladie de Parkinson. La propolis est quant à elle un puissant anti-infectieux utile lors d'infections ORL.

Les produits de la ruche sont également intéressants en préventif. De plus, leur consommation par les hommes peut contribuer à un équilibre de leur alimentation quotidienne.

L'homme sera donc forcément perdant si le déclin des abeilles se poursuit. Il est alors impératif de déterminer quelles sont les causes impliquées dans cette augmentation de la mortalité des populations d'abeilles. De nombreuses causes ont été identifiées et certaines sont des causes majoritaires. Nous savons que des bactéries, des virus, des champignons, des parasites, des prédateurs attaquent les abeilles et le couvain. Des produits chimiques comme les insecticides sont aussi reconnus néfastes pour les abeilles. Les herbicides et les pratiques agricoles diminuent quant à elles les ressources florales. Or, une alimentation déséquilibrée des abeilles impacte leur santé. Les facteurs climatiques ainsi que certaines pratiques apicoles contribuent également à fragiliser les abeilles. D'autres causes sont probablement encore inconnues et le syndrome d'effondrement des colonies d'abeilles aussi appelé CCD reste pour le moment inexpliqué.

Les apiculteurs ont donc conscience que toutes ces causes représentent des menaces pour leurs abeilles. Néanmoins, à travers cette thèse et l'entretien réalisé avec un apiculteur nous avons pu voir qu'ils ne sont pas tous exposés aux mêmes difficultés.

Les abeilles domestiques ne sont pas les seules espèces impactées par ces causes : les abeilles sauvages ainsi que d'autres espèces pollinisatrices subissent elles aussi un déclin anormal. Ce déclin pourrait avoir des conséquences graves sur l'ensemble des plantes à fleurs ayant besoin de la pollinisation pour se reproduire.

Il faut maintenant qu'à l'échelle de la planète, nous prenions conscience de la place centrale des abeilles dans les écosystèmes dont nous dépendons. En effet, si d'une part nous ne changeons pas nos pratiques qui impactent la mortalité des abeilles, et d'autre part, si nous ne cherchons pas et surtout ne mettons pas en application des solutions qui apporteront un soutien aux abeilles, nous irons alors indéniablement vers une perte en biodiversité végétale mais aussi animale dont la portée reste difficile à mesurer.

Qu'Einstein l'ait dit ou pas, la phrase est souvent reprise : « Si l'abeille disparaissait de la surface du globe, l'homme n'aurait plus que quatre années à vivre » et n'est peut-être pas si éloignée de ce qui nous attend...

LISTE DES ABRÉVIATIONS

AFSSA : Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments

ALARM : Assessing LArge-scale environmental Risks for biodiversity with tested Methods. En français : évaluation des risques environnementaux à grande échelle pour la biodiversité à l'aide de méthodes testées. Il s'agit d'un projet financé par l'UE pour évaluer les risques qui contribuent au déclin de la biodiversité (98).

AMM : Autorisation de Mise sur le Marché

ANSES : Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

CNDA : Centre National de Développement Apicole

CNRS : Centre National de la Recherche Scientifique

INRA : Institut National de la Recherche Agronomique

ITSAP : Institut Technique et Scientifique de l'Apiculture et de la Pollinisation

LAMETA : Laboratoire Montpellierain d'Économie Théorique et Appliquée

SARM : *Staphylococcus aureus* résistant à la méthicilline

UNEP : United Nations Environment Programme. En français PNUE : Programme des Nations Unies pour l'Environnement.

BIBLIOGRAPHIE

1. Desrochers A, Schmidt A-V. Miel - L'art des abeilles, l'or de la ruche. Les Éditions de l'Homme; 2013.

2. Clément H, Le Conte Y, Barbançon J-M, Vaissière B, Bonnaffé P, Reeb C, et al. Le traité Rustica de l'apiculture. rustica éditions; 2006.

3. Duran B. Les abeilles, la planète et le citoyen : comprendre le déclin des pollinisateurs, agir pour la biodiversité. Rue de l'échiquier. Rue de l'échiquier; 2010.

4. Marchenay P, Bérard L. L'homme, l'abeille et le miel. De Borée; 2007.

5. Fournier R. ABC de l'apithérapie : se soigner grâce aux abeilles. Grancher; 2009.

6. Ouvrière, reine, faux-bourdon [Internet]. [cité 10 nov 2017]. Disponible sur: https://www.pinterest.com/pin/453878468670074366/

7. L'abeille, sentinelle de l'environnement [Internet]. [cité 12 janv 2017]. Disponible sur: http://www.abeillesentinelle.net/abeille/la-vie-de-la-ruche-abeille.html

8. Chiron J, Hattenberger A-M. Mortalités, effondrements et affaiblissements des colonies d'abeilles [Internet]. France: Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA); 2009 févr [cité 15 oct 2017]. Disponible sur: http://www.ladocumentationfrancaise.fr/rapports-publics/094000076/index.shtml

9. Jarrige C, sous la direction de Pélissier Y. Le syndrome d'effondrement des colonies d'abeilles : «Si l'abeille disparaissait de la surface du globe, l'homme n'aurait plus que quatre années à vivre» A.Einstein. Montpellier I; 2014.

10. Ribière M, Olivier V, Blanchard P, Schurr F, Celle O, Drajnudel P, et al. Les effondrements de colonies d'abeilles : le cas du CCD (« colony collapse disorder ») et du virus IAPV (Israeli acute paralysis virus). Virologie. 1 sept 2008;12(5):319-22.

11. Plan de développement durable de l'apiculture [Internet]. alim'agri : site du ministère de l'agriculture et de l'alimentation. 2013 [cité 14 oct 2017]. Disponible sur: http://agriculture.gouv.fr/plan-de-developpement-durable-de-lapiculture-0

12. Smith MR, Singh GM, Mozaffarian D, Myers SS. Effects of decreases of animal pollinators on human nutrition and global health: a modelling analysis. The Lancet. 14 nov 2015;386(10007):1964-72.

13. Henry M, Béguin M, Requier F, Rollin O, Odoux J-F, Aupinel P, et al. A Common Pesticide Decreases Foraging Success and Survival in Honey Bees. Science. 20 avr 2012;336(6079):348-50.

14. Tirado R, Simon G, Johnston P. Le déclin des abeilles: Analyse des facteurs qui mettent en péril les pollinisateurs et l'agriculture en Europe [Internet]. Royaume-Uni: Laboratoires de recherche de Greenpeace; 2013 avr [cité 9 juill 2017]. Disponible sur: https://cdn.greenpeace.fr/site/uploads/2017/02/Le-declin-des-abeilles_20130425_BD.pdf

15. GDS Centre - Loque américaine [Internet]. [cité 2 févr 2018]. Disponible sur: http://www.gdscentre.fr/index.php/sante-animale/par-espece/abeilles/loque-americaine-et-europeenne

16. GDS Centre - Loque européenne [Internet]. [cité 2 févr 2018]. Disponible sur: http://www.gdscentre.fr/index.php/sante-animale/par-espece/abeilles/loque-europeenne

17. Loque américaine [Internet]. [cité 4 févr 2018]. Disponible sur: http://www.apistory.fr/pages/loqueamericaine.html

18. Higes M, Meana A, Bartolomé C, Botías C, Martín-Hernández R. Nosema ceranae (Microsporidia), a controversial 21st century honey bee pathogen. Environ Microbiol Rep. févr 2013;5(1):17-29.

19. Tackling bees' greatest threat: Lithium chloride could kill Varroa destructor mites without harming bees [Internet]. 2018 [cité 4 févr 2018]. Disponible sur: https://geneticliteracyproject.org/2018/01/16/tackling-bees-greatest-threat-lithium-chloride-kill-varroa-destructor-mites-without-harming-bees/

20. United Nations Environment Programme. UNEP emerging issues: global honey bee colony disorder and other threats to insect pollinators [Internet]. UN Environment. 2010 [cité 20 oct 2017]. Disponible sur: http://www.unep.org/publications/

21. Ravageurs et maladies : frelon asiatique [Internet]. [cité 4 févr 2018]. Disponible sur: http://itsap.asso.fr/pages_thematiques/ravageurs-maladies/

22. frelon asiatique [Internet]. [cité 10 nov 2017]. Disponible sur: http://lyceedesandaines.fr/index.php/eco-lycee/357-un-specialiste-du-frelon-asiatique-conseille-le-pcs-abeilles

23. Pour protéger les abeilles des frelons asiatiques, testez la muselière [Internet]. [cité 4 févr 2018]. Disponible sur: http://www.terraeco.net/Pour-proteger-les-abeilles-des,58880.html

24. VIDEO. La poule : l'arme d'un apiculteur contre le frelon asiatique [Internet]. Franceinfo. 2013 [cité 4 févr 2018]. Disponible sur: https://www.francetvinfo.fr/monde/environnement/video-la-poule-l-arme-d-un-apiculteur-contre-le-frelon-asiatique_432372.html

25. Darrouzet E, Gévar J, Guignard Q, Aron S. Production of Early Diploid Males by European Colonies of the Invasive Hornet Vespa velutina nigrithorax. PLoS ONE [Internet]. 28 sept 2015;10(9). Disponible sur: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4586377/

26. Les produits phytopharmaceutiques [Internet]. E-Phy (par l'ANSES). [cité 16 sept 2017]. Disponible sur: https://ephy.anses.fr/produits-substances-usages/produits-phytopharmaceutiques

27. Pesticide. In: Wikipédia [Internet]. 2017. Disponible sur: https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Pesticide&oldid=140504035

28. Charvet R, Katouzian-Safadi M, Colin M-E, Marchand P-A, Bonmatin J-M. Insecticides systémiques : de nouveaux risques pour les insectes pollinisateurs. Ann Pharm Fr. 1 janv 2004;62(1):29-35.

29. INRA magazine — Le déclin des abeilles, un casse tête pour la recherche [Internet]. 2009 [cité 21 sept 2017]. Disponible sur: http://www.pedigreeapis.org/biblio/artcl/INRAdeclin09fr.html

30. Girolami V, Mazzon L, Squartini A, Mori N, Marzaro M, Di Bernardo A, et al. Translocation of neonicotinoid insecticides from coated seeds to seedling guttation drops: a novel way of intoxication for bees. J Econ Entomol. oct 2009;102(5):1808-15.

31. Thiaméthoxame [Internet]. 2017. Disponible sur: https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Thiam%C3%A9thoxame&oldid=143904034

32. Doucet-Personeni C, Halm F, Touffet, Rortais A, Arnold G. Imidaclopride utilisé en enrobage de semences (Gaucho®) et troubles des abeilles - rapport final. Comité Scientifique et Technique de l'Etude Multifactorielle des Troubles des Abeilles; 2003 sept.

33. Ellis M. Managed Pollinator CAP Coordinated Agricultural Project: A National Research and Extension Initiative to Reverse Pollinator Decline : Pesticides Applied to Crops and Honey Bee Toxicity. Am Bee J. 1 mai 2010;150:485-6.

34. Desneux N, Decourtye A, Delpuech J-M. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. Annu Rev Entomol. 2007;52:81-106.

35. Schmehl DR, Teal PEA, Frazier JL, Grozinger CM. Genomic analysis of the interaction between pesticide exposure and nutrition in honey bees (Apis mellifera). J Insect Physiol. déc 2014;71:177-90.

36. Mullin CA, Frazier M, Frazier JL, Ashcraft S, Simonds R, vanEngelsdorp D, et al. High Levels of Miticides and Agrochemicals in North American Apiaries: Implications for Honey Bee Health. PLOS ONE. 19 mars 2010;5(3):e9754.

37. Orantes-Bermejo FJ, Pajuelo AG, Megías MM, Fernández-Píñar CT. Pesticide residues in beeswax and beebread samples collected from honey bee colonies (Apis mellifera L.) in Spain. Possible implications for bee losses. J Apic Res. 1 janv 2010;49(3):243-50.

38. Kremen C, Williams NM, Aizen MA, Gemmill-Herren B, LeBuhn G, Minckley R, et al. Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. Ecol Lett. avr 2007;10(4):299-314.

39. Rotation culturale. In: Wikipédia [Internet]. 2017 [cité 24 août 2017]. Disponible sur: https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Rotation_culturale&oldid=140583924

40. Biesmeijer JC, Roberts SPM, Reemer M, Ohlemüller R, Edwards M, Peeters T, et al. Parallel Declines in Pollinators and Insect-Pollinated Plants in Britain and the Netherlands. Science. 21 juill 2006;313(5785):351-4.

41. Sparks TH, Langowska A, Głazaczow A, Wilkaniec Z, Bieńkowska M, Tryjanowski P. Advances in the timing of spring cleaning by the honeybee Apis mellifera in Poland. Ecol Entomol. 1 déc 2010;35(6):788-91.

42. Memmott J, Craze PG, Waser NM, Price MV. Global warming and the disruption of plant-pollinator interactions. Ecol Lett. août 2007;10(8):710-7.

43. Haubruge E, Nguyen BK, Widart J, Thomé J-P, Fickers P, De Pauw E. Le dépérissement de l'abeille domestique, Apis mellifera L., 1758 (Hymenoptera : Apidae) : faits et causes probables. Notes Fauniques Gembloux [Internet]. 2006 [cité 27 oct 2017];59(1). Disponible sur: http://orbi.ulg.ac.be/handle/2268/28284

44. Pollinisation. In: Wikipédia [Internet]. 2017 [cité 7 mai 2017]. Disponible sur: https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Pollinisation&oldid=140530089

45. Spermatophytes. In: Wikipédia [Internet]. 2017 [cité 7 mai 2017]. Disponible sur: https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Spermatophyta&oldid=139858968

46. Gymnosperme. In: Wikipédia [Internet]. 2017 [cité 7 mai 2017]. Disponible sur: https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Gymnosperme&oldid=139985956

47. Angiosperme. In: Wikipédia [Internet]. 2017 [cité 7 mai 2017]. Disponible sur: https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Angiosperme&oldid=140929259

48. Autopollinisation. In: Wikipédia [Internet]. 2017 [cité 7 mai 2017]. Disponible sur: https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Autopollinisation&oldid=140100013

49. Autogamie. In: Wikipédia [Internet]. 2017 [cité 7 mai 2017]. Disponible sur: https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Autogamie&oldid=135941256

50. Allogamie. In: Wikipédia [Internet]. 2017 [cité 7 mai 2017]. Disponible sur: https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Allogamie&oldid=140651584

51. Straub P. La pollinisation : un service écologique gratuit [Internet]. Futura. [cité 7 mai 2017]. Disponible sur: http://www.futura-sciences.com/planete/dossiers/developpement-durable-pollinisation-service-ecologique-gratuit-970/

52. Léveillé P. Abeilles, reines de la survie. Partie 5 :À quoi servent les abeilles [Internet]. INRA. 2013 [cité 6 juill 2017]. Disponible sur: http://www.inra.fr/Grand-public/Ressources-et-milieux-naturels/Tous-les-dossiers/Abeilles-pollinisation-biodiversite-pesticides/Abeilles-pollinisation-et-biodiversite

53. Biri M. Tout savoir sur les abeilles et l'apiculture. 2010.

54. ITSAP : concilier productions apicoles, service de pollinisation et productions végétales et animales dans le cadre d'un GIEE [Internet]. [cité 6 juill 2017]. Disponible sur: http://www.itsap.asso.fr/downloads/publications/plaquette_giee_juin_2015_web.pdf

55. Chauveau L. Les abeilles ont besoin d'un plan d'urgence [Internet]. 2009 [cité 6 juill 2017]. Disponible sur: http://www.altermonde-sans-frontiere.com/spip.php?article10138

56. Syndrome d'effondrement des colonies d'abeilles. In: Wikipédia [Internet]. 2017 [cité 29 juin 2017]. Disponible sur: https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Syndrome_d%27effondrement_des_colonies_d%27abeilles&oldid=141297126

57. Avril G, Hampikian S. La santé naturelle avec l'apithérapie: miel, propolis, pollen, gelée royale ... Terre vivante; 2014.

58. Croisements inter-spécifiques [Internet]. Actu-Environnement. [cité 13 mai 2017]. Disponible sur: https://www.actu-environnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/croisements_inter-specifiques.php4

59. La production fruitière grâce aux abeilles [Internet]. bee careful. [cité 13 mai 2017]. Disponible sur: http://www.bee-careful.com/fr-ch/Une-grande-diversite-de-fruits/La-production-fruitiere-grace-aux-abeilles/

60. The human pollination project by Laura Allcorn [Internet]. Behance. [cité 13 oct 2017]. Disponible sur: https://www.behance.net/gallery/1690166/THE-HUMAN-POLLINATION-PROJECT

61. HUMAN + / The human pollination project de Laura Allcorn [Internet]. Science Gallery. 2017. Disponible sur: https://dublin.sciencegallery.com/humanplus/human-pollination-project/

62. Sans les abeilles : les aliments voués à disparaître - Page 1 of 4 [Internet]. consoGlobe. 2013 [cité 9 juill 2017]. Disponible sur: https://www.consoglobe.com/abeilles-aliments-fruits-legumes-graines-alimentation-pollinisation-cg

63. Gerster F. Rapport sur le développement durable de l'apiculture [Internet]. France: Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt; 2012 oct [cité 15 oct 2017]. Report No.: CGAAER N°11 174-01. Disponible sur: http://agriculture.gouv.fr/ministere/rapport-sur-le-developpement-durable-de-lapiculture

64. Gallai N, Salles J-M, Settele J, Vaissière BE. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. Ecol Econ. 15 janv 2009;68(3):810-21.

65. Johnson R. Honey Bee Colony Collapse Disorder. USA: Congressional Research Service; 2010 juill.

66. Eilers EJ, Kremen C, Smith Greenleaf S, Garber AK, Klein A-M. Contribution of Pollinator-Mediated Crops to Nutrients in the Human Food Supply. PLOS ONE. 22 juin 2011;6(6):e21363.

67. Toullec ANK. L'abeille noire, Apis mellifera mellifera : historique et sauvegarde [Internet]. Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort; 2008 [cité 9 déc 2017]. Disponible sur: http://theses.vet-alfort.fr/recherche.php?texte=ABEILLE+NOIRE %2C+Apis+mellifera+mellifera&annee_deb=&annee_fin=&submit=Rechercher

68. Décret n°2003-587 du 30 juin 2003 pris pour l'application de l'article L. 214-1 du code de la consommation en ce qui concerne le miel. 2003-587 juin 30, 2003.

69. Commission Scientifique Apithérapie [Internet]. Apimondia. [cité 6 août 2017]. Disponible sur: http://www.apimondia.com/fr/activites/commissions-scientifiques/apitherapie

70. Descottes B. Cicatrisation par le miel, l'expérience de 25 années. Phytothérapie. 1 avr 2009;7(2):112-6.

71. Melipharm Spécialiste du Miel Médical [Internet]. [cité 26 janv 2017]. Disponible sur: http://www.melipharm.com/

72. Percie du Sert P. Les pollens apicoles. Phytothérapie. 1 avr 2009;7(2):75-82.

73. Olofsson TC, Vásquez A. Detection and identification of a novel lactic acid bacterial flora within the honey stomach of the honeybee Apis mellifera. Curr Microbiol. oct 2008;57(4):356-63.

74. Horcajada-Molteni MN, Crespy V, Coxam V, Davicco MJ, Rémésy C, Barlet JP. Rutin inhibits ovariectomy-induced osteopenia in rats. J Bone Miner Res Off J Am Soc Bone Miner Res. nov 2000;15(11):2251-8.

75. Les vertus du pollen [Internet]. La Nutrition. [cité 27 juill 2017]. Disponible sur: https://www.lanutrition.fr/bien-dans-sa-sante/l-apitherapie/les-vertus-du-pollen

76. Kamakura M. Royalactin induces queen differentiation in honeybees. Nature. mai 2011;473(7348):478-83.

77. Image : La production de gelée royale en France - Miel-direct.fr [Internet]. [cité 21 janv 2018]. Disponible sur: https://www.google.fr/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fwww.miel-direct.fr%2Fmedias_up%2F2016%2F03%2FLa-production-de-gele%25CC%2581e-royale.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fwww.miel-direct.fr%2Fla-production-de-gelee-royale-en-france%2F&docid=LyqfW4uxuJmCWM&tbnid=PVBqMafse3WK-M%3A&vet=10ahUKEwiSg4CNs-nYAhXLhrQKHc-uCuAQMwiBASg6MDo..i&w=560&h=371&bih=579&biw=1242&q=production%20de%20gel%C3%A9e%20royale&ved=0ahUKEwiSg4CNs-nYAhXLhrQKHc-uCuAQMwiBASg6MDo&iact=mrc&uact=8

78. Fratini F, Cilia G, Mancini S, Felicioli A. Royal Jelly: An ancient remedy with remarkable antibacterial properties. Microbiol Res. 1 nov 2016;192(Supplement C):130-41.

79. Silici S, Ekmekcioglu O, Eraslan G, Demirtas A. Antioxidative Effect of Royal Jelly in Cisplatin-induced Testes Damage. Urology. 1 sept 2009;74(3):545-51.

80. Moradi AR, Malekinejad H, Farrokhi-Ardabili F, Bernousi I. Royal Jelly improves the sperm parameters of ram semen during liquid storage and serves as an antioxidant source. Small Rumin Res. 1 juill 2013;113(2):346-52.

81. Jamnik P, Goranovič D, Raspor P. Antioxidative action of royal jelly in the yeast cell. Exp Gerontol. 1 juill 2007;42(7):594-600.

82. Pincemail J, Bonjean K, Cayeux K, Defraigne J-O. Mécanismes physiologiques de la défense antioxydante. Nutr Clin Métabolisme. déc 2002;16(4):233-9.

83. Gismondi A, Trionfera E, Canuti L, Di Marco G, Canini A. Royal jelly lipophilic fraction induces antiproliferative effects on SH-SY5Y human neuroblastoma cells. Oncol Rep. sept 2017;38(3):1833-44.

84. Le Moniteur des pharmacies. Puis-je conseiller de la gelée royale à une femme suivie pour un cancer du sein hormonodépendant ? Monit Pharm [Internet]. 5 juill 2016 [cité 29 déc 2017];(3127). Disponible sur: http://www.lemoniteurdespharmacies.fr/revues/le-

moniteur-des-pharmacies/article/n-3127/puis-je-conseiller-de-la-gelee-royale-a-une-femme-suivie-pour-un-cancer-du-sein-hormonodependant.html

85. Ouvrière récolteuse de propolis [Internet]. Disponible sur: http://passion-apicultutre.blogspot.fr/2015/11/la-recolteuse-de-propolis.html

86. Akyol S, Ozturk G, Ginis Z, Armutcu F, Yigitoglu MR, Akyol O. In vivo and in vitro antıneoplastic actions of caffeic acid phenethyl ester (CAPE): therapeutic perspectives. Nutr Cancer. 2013;65(4):515-26.

87. Housseini NE, Pierre LB, Christophe M. Intérêts et applications cliniques de la propolis en médecine bucco-dentaire. [Nantes]: Université de Nantes Unité de Formation et de Recherche d'Odontologie; 2013.

88. Encyclopédie universelle de la lange française - Abeilles [Internet]. [cité 14 mai 2017]. Disponible sur: http://www.encyclopedie-universelle.net/abeille1/abeille-anatomie-abdomen.html

89. Trushin M. Bee Venom Therapy and Low Dose Naltrexone for Treatment of Multiple Sclerosis. Nepal J Neurosci. 1 janv 2006;

90. Fayet A. La dose fait le poison. Apimedica-Apiquality. juin 2012;(151):33-4.

91. Awad K, Abushouk AI, AbdelKarim AH, Mohammed M, Negida A, Shalash AS. Bee venom for the treatment of Parkinson's disease: How far is it possible? Biomed Pharmacother. 1 juill 2017;91:295-302.

92. Shkenderov S, Koburova K. Adolapin--a newly isolated analgetic and anti-inflammatory polypeptide from bee venom. Toxicon Off J Int Soc Toxinology. 1982;20(1):317-21.

93. Eon N, Sous la direction de Sallenave-Namont C. De la fleur à l'abeille, de l'abeille au miel, du miel à l'homme miel et autres produits de la ruche. [Nantes]: Université de Nantes Unité de Formation et de Recherche de Sciences Pharmaceutiques et Biologiques; 2011.

94. Traitement [Internet]. Abeilles Alternative. [cité 13 août 2017]. Disponible sur: http://abeillealternative.free.fr/html/traitement.html

95. Apipuncture [Internet]. [cité 21 janv 2018]. Disponible sur: http://www.abeille-et-nature.com/index.php?cat=Apitherapie&page=apipuncture

96. Namjooyan F, Ghanavati R, Majdinasab N, Jokari S, Janbozorgi M. Uses of Complementary and Alternative Medicine in Multiple Sclerosis. J Tradit Complement Med. 1 juill 2014;4(3):145-52.

97. Castro HJ, Mendez-Lnocencio JI, Omidvar B, Omidvar J, Santilli J, Nielsen HS, et al. A phase I study of the safety of honeybee venom extract as a possible treatment for patients with progressive forms of multiple sclerosis. Allergy Asthma Proc. déc 2005;26(6):470-6.

98. Le projet ALARM financé par l'UE atteint une dimension planétaire dans le domaine de l'évaluation des risques sur la biodiversité [Internet]. CORDIS Service Communautaire d'Information sur la Recherche et le Développement. 2007 [cité 13 oct 2017]. Disponible sur: http://cordis.europa.eu/news/rcn/27171_fr.html

DEBUYSSCHER Charlotte

La disparition des abeilles : quelles conséquences pour nous ?

Thèse pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie
Université de Picardie Jules Verne
2018

MOTS CLÉS

abeille – disparition – pollinisation – produits de la ruche

RÉSUMÉ

Depuis une cinquantaine d'année, la mortalité des abeilles s'accroît de manière inhabituelle et inquiétante. Certaines causes sont connues telles que le varroa ou la loque américaine mais d'autres restent inconnues comme celles responsables du phénomène de disparition massive et brutale constaté essentiellement aux États-Unis : le CCD (colony collapse disorder).

Cette perte en abeilles provoque un retentissement sur les écosystèmes car les abeilles sont d'excellents insectes pollinisateurs. Elles tiennent un rôle essentiel dans le maintien de la biodiversité en pollinisant de nombreuses plantes à fleurs dans le monde.

Les abeilles récoltent, transforment et/ou sécrètent également les produits de la ruche que sont le miel, le pollen, la gelée royale, la propolis, le venin et la cire, utilisés notamment en apithérapie. Tous ces produits présentent des propriétés intéressantes et offrent une complémentarité avec d'autres thérapeutiques.

SUMMARY

For about fifty years, the mortality rate of bees has increased in an unusual and disturbing way. Some causes are well-known such as Varroa destructor or American foulbrood (AFB) but others are still unknown like the ones responsible for the Colony Collapse Disorder which has mainly occurred in the USA .

This loss in the number of bees has an impact on the ecosystems because bees are excellent pollinating insects. They play an essential part in the preservation of biodiversity thanks to the pollinisation of a large number of flowering plants worldwide.

Bees also harvest, convert and/or secrete products from the hive like honey, pollen, royal jelly, propolis, bee venom and beeswax, particularly used in apitherapy. All of these products have interesting assets and can be considered as a complement to other treatments.

JURY

Président : Monsieur Guillaume Decocq, Professeur des universités-praticien hospitalier
Membres : Madame Déborah Closset-Kopp, Maître de conférences
Madame Laëtitia Buschinski, Pharmacien