

AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

➤ Contact SCD Nancy 1 : theses.sante@scd.uhp-nancy.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

UNIVERSITE HENRI POINCARÉ - NANCY 1

2009

FACULTE DE PHARMACIE

**LE DECLIN DE L'ABEILLE DOMESTIQUE
APIS MELLIFERA EN FRANCE**

T H E S E

Présentée et soutenue publiquement

Le 10 décembre 2009

pour obtenir

le Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie

par **Claire MACKOWIAK**

née le 24 janvier 1983 à Thionville (57)

Membres du Jury

| | | |
|-------------|--------------------------|---|
| Président : | M. Bertrand RIHN | Professeur, Faculté de Pharmacie de Nancy |
| Juges : | Mme Christine PERDICAKIS | Maître de Conférences, Faculté de Pharmacie de Nancy |
| | M. Alain LE FAOU | Professeur, Faculté de Médecine de Nancy |
| | M. Bernard ROVEL | Maître de Conférences, ENSAIA-INPL |
| | M. Paul SCHWEITZER | Président du GDSA57 et Directeur du laboratoire d'analyses et d'écologie apicole du CETAM |

UNIVERSITÉ Henri Poincaré, NANCY 1
FACULTÉ DE PHARMACIE
Année universitaire 2009-2010

DOYEN

Chantal FINANCE

Vice-Doyen

Francine PAULUS

Président du Conseil de la Pédagogie

Pierre LABRUDE

Commission de la Recherche

Jean-Claude BLOCK

Mobilité ERASMUS et Communication

Francine KEDZIEREWICZ

Hygiène Sécurité

Laurent DIEZ

| | |
|---|--|
| Responsable de la filière Officine : | Francine PAULUS |
| Responsables de la filière Industrie : | Isabelle LARTAUD, Jean-Bernard REGNOUF de VAINS |
| Responsable du Collège d'Enseignement : Pharmaceutique Hospitalier | Jean-Michel SIMON |

DOYEN HONORAIRE

Claude VIGNERON

PROFESSEURS EMERITES

Jeffrey ATKINSON

Marie-Madeleine GALTEAU

Gérard SIEST

Claude VIGNERON

PROFESSEURS HONORAIRES

Roger BONALY

Thérèse GIRARD

Maurice HOFFMANN

Michel JACQUE

Lucien LALLOZ

Pierre LECTARD

Vincent LOPPINET

Marcel MIRJOLET

François MORTIER

Maurice PIERFITTE

Janine SCHWARTZBROD

Louis SCHWARTZBROD

**MAITRES DE CONFERENCES
HONORAIRES**

Gérald CATAU

Bernard DANGIEN

Marie-Claude FUZELLIER

Françoise HINZELIN

Marie-Andrée IMBS

Marie-Hélène LIVERTOUX

Jean-Louis MONAL

Dominique NOTTER

Marie-France POCHON

Anne ROVEL

Maria WELLMAN-ROUSSEAU

ASSISTANT HONORAIRE

Marie-Catherine BERTHE

ENSEIGNANTS

PROFESSEURS

| | |
|-------------------------------------|--|
| Gilles AULAGNER | Pharmacie clinique |
| Alain BAGREL | Biochimie |
| Jean-Claude BLOCK | Santé publique |
| Christine CAPDEVILLE-ATKINSON | Pharmacologie cardiovasculaire |
| Chantal FINANCE | Virologie, Immunologie |
| Pascale FRIANT-MICHEL | Mathématiques, Physique, Audioprothèse |
| Christophe GANTZER | Microbiologie environnementale |
| Max HENRY | Botanique, Mycologie |
| Jean-Yves JOUZEAU | Bioanalyse du médicament |
| Pierre LABRUDE | Physiologie, Orthopédie, Maintien à domicile |
| Isabelle LARTAUD | Pharmacologie cardiovasculaire |
| Dominique LAURAIN-MATTAR | Pharmacognosie |
| Brigitte LEININGER-MULLER | Biochimie |
| Pierre LEROY | Chimie physique générale |
| Philippe MAINCENT | Pharmacie galénique |
| Alain MARSURA | Chimie thérapeutique |
| Patrick MENU | Physiologie |
| Jean-Louis MERLIN | Biologie cellulaire oncologique |
| Jean-Bernard REGNOUF de VAINS | Chimie thérapeutique |
| Bertrand RIHN | Biochimie, Biologie moléculaire |
| Jean-Michel SIMON | Economie de la santé, législation pharmaceutique |

MAITRES DE CONFÉRENCES

| | |
|--------------------------|--|
| Monique ALBERT | Bactériologie, Virologie |
| Sandrine BANAS | Parasitologie |
| Mariette BEAUD | Biologie cellulaire |
| Emmanuelle BENOIT | Communication et santé |
| Isabelle BERTRAND | Microbiologie environnementale |
| Michel BOISBRUN | Chimie thérapeutique |
| François BONNEAUX | Chimie thérapeutique |
| Ariane BOUDIER | Chimie Physique |
| Cédric BOURA | Physiologie |
| Jean-Claude CHEVIN | Chimie générale et minérale |
| Igor CLAROT | Chimie analytique |
| Jocelyne COLLOMB | Parasitologie, Mycologie |
| Joël COULON | Biochimie |
| Sébastien DADE | Bio-informatique |
| Dominique DECOLIN | Chimie analytique |
| Béatrice DEMORE | Pharmacie clinique |
| Joël DUCOURNEAU | Biophysique, audioprothèse, acoustique |
| Florence DUMARCAY | Chimie thérapeutique |
| François DUPUIS | Pharmacologie |
| Raphaël DUVAL | Microbiologie clinique |
| Béatrice FAIVRE | Hématologie |
| Adel FAIZ | Biophysique-accoustique |
| Luc FERRARI | Toxicologie |
| Stéphane GIBAUD | Pharmacie clinique |

| | |
|-------------------------------|---|
| Thierry HUMBERT | Chimie organique |
| Frédéric JORAND | Santé et environnement |
| Olivier JOUBERT | Toxicologie, sécurité sanitaire |
| Francine KEDZIEREWICZ | Pharmacie galénique |
| Alexandrine LAMBERT | Informatique, Biostatistiques |
| Faten MERHI-SOUSSI | Hématologie biologique |
| Christophe MERLIN | Microbiologie environnementale et moléculaire |
| Blandine MOREAU | Pharmacognosie |
| Maxime MOURER | Pharmacochimie supramoléculaire |
| Francine PAULUS | Informatique |
| Christine PERDICAKIS | Chimie organique |
| Caroline PERRIN-SARRADO | Pharmacologie |
| Virginie PICHON | Biophysique |
| Anne SAPIN | Pharmacie galénique |
| Marie-Paule SAUDER | Mycologie, Botanique |
| Nathalie THILLY | Santé publique |
| Gabriel TROCKLE | Pharmacologie |
| Marie-Noëlle VAULTIER..... | Biodiversité végétale et fongique |
| Mohamed ZAIYOU | Biochimie et Biologie moléculaire |
| Colette ZINUTTI | Pharmacie galénique |

PROFESSEUR ASSOCIE

Anne MAHEUT-BOSSER

Sémiologie

PROFESSEUR AGREGE

Christophe COCHAUD

Anglais

ASSISTANT

Annie PAVIS

Bactériologie

Bibliothèque Universitaire Santé - Lionnois (Pharmacie - Odontologie)

Anne-Pascale PARRET

Directeur

SERMENT DES APOTHICAIRES



Je jure, en présence des maîtres de la Faculté, des conseillers de l'ordre des pharmaciens et de mes condisciples :

Ɔ' honorer ceux qui m'ont instruit dans les préceptes de mon art et de leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle à leur enseignement.

Ɔ'exercer, dans l'intérêt de la santé publique, ma profession avec conscience et de respecter non seulement la législation en vigueur, mais aussi les règles de l'honneur, de la probité et du désintéressement.

Ɖe ne jamais oublier ma responsabilité et mes devoirs envers le malade et sa dignité humaine ; en aucun cas, je ne consentirai à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et favoriser des actes criminels.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque.



« LA FACULTE N'ENTEND DONNER AUCUNE
APPROBATION, NI IMPROBATION AUX OPINIONS EMISES
DANS LES THESES, CES OPINIONS DOIVENT ETRE
CONSIDEREES COMME PROPRES A LEUR AUTEUR ».

Remerciements

*A Monsieur Bertrand Rihn,
Professeur de la Faculté de Pharmacie de Nancy,
Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de mon jury de thèse,
Hommages respectueux.*

*A Madame Christine Perdicakis,
Maître de conférences à la Faculté de Pharmacie de Nancy,
Pour m'avoir suggéré ce travail et avoir accepté d'en encadrer la réalisation,
Pour m'avoir encouragée et conseillée,
Et pour vous être investie personnellement dans ce projet,
Sincères remerciements.*

*A Monsieur Alain Le Faou,
Professeur à la Faculté de Médecine de Nancy,
Pour avoir aimablement accepté de juger ce travail,
Sincères remerciements.*

*A Monsieur Bernard Rovel,
Maître de conférences Honoraire de l'Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et des
Industries Alimentaires,
Pour l'attention que vous avez portée à cette thèse,
Sincères remerciements.*

*A Monsieur Paul Schweitzer,
Président du Groupement de Défense Sanitaire Apicole de Moselle et Directeur du
Laboratoire d'analyse et d'écologie apicole du CETAM,
Pour votre passion communicative et votre enthousiasme à juger ce travail,
Sincères remerciements.*

A Martine Clausset, Roger Greulich et Bernard Di Fant, pour votre contribution apicole à ce mémoire.

A mes parents, bien sûr, pour tout !

A Anne-Laure et Elise, parce que c'est quand même drôlement chouette d'avoir des grandes sœurs !

A Arnaud de m'avoir soutenue, et supportée, pendant ces derniers mois...

A Frédéric (« tu vas la finir ta thèse... ») et à Dimitri, parce que des beaux-frères sympathiques, c'est pas mal non plus.

A Jules de partager tes lego avec moi...

A Mémé, pour les gnocchis, et la salade de carottes bien-sûr, mais surtout de toujours t'intéresser à ce que l'on fait.

A Annie et Pascal, pour les week-ends nature à Mont.

A Elisabeth, Julie, Gérard et Geoffroy, pour avoir participé, d'une façon ou d'une autre, à la terminaison de ce travail.

Et à Pépé aussi, parce que malgré tout, je doute que tu sois étranger à ce que je suis.

A tous les binômes : Aurélie et Mathilde, Christelle, Channy et Madeleine, Lucie et Marie-Eve, François-Henri et Thomas, Baptiste et Clément,

Aux Esstiniens : Charles, les Oliviers et Tony,

Pour tous les bons moments passés, et pour tous ceux encore à venir.

A Julie, pour les heures passées dans, ou à attendre les ter en sixième année.

A Emilie, mon binôme, pour les TP, les rapports de TP, les canards, les pas de danse, le concept « soirée D » et tous tes autres « trucs » que je n'ose pas citer ici,

Et pour Arnaud aussi...

A Sophie, Benjamin et Damien, les amis nancéens de la première heure.

*Aux amis de Thionville : Blandine, Sabine, Jonathan, Nathalie, Sébastien, Sophie-Dorothée, Julie, Vincent, Mathieu, Christophe, Virginie, Romuald, Vincent, Gaétan, Cynthia, Jérémy, Parce qu'avec vous, chaque été ressemble à celui du bac.
A Isabelle, pour les quinze dernières années...*

Et bien sûr à tous ceux qui m'ont « formée »...

Marilyn, Zohra, Joseph et Benvindo, grâce à qui le stage de cinquième année était... génial en fait,

Toute l'équipe de la Pharmacie de la République, qui nous ont accueillis, moi, mes maladresses, et mes lacunes,

Et à tous les autres dont j'ai croisé la route.

Sommaire

| | |
|--|------------|
| Introduction..... | 1 |
| 1^{ère} Partie : L'abeille, l'homme et la fleur | 3 |
| I. <i>Apis mellifera</i> , insecte hyménoptère..... | 4 |
| II. <i>Apis mellifera</i> , insecte social..... | 14 |
| III. <i>Apis mellifera</i> , insecte mellifère | 24 |
| IV. <i>Apis mellifera</i> , insecte pollinisateur..... | 29 |
| 2^{ème} Partie : La situation de l'apiculture en France | 34 |
| I. Organisation de la filière apicole en France et suivi sanitaire..... | 35 |
| II. L'apiculture française en 2008..... | 40 |
| III. Les traitements de la ruche..... | 41 |
| IV. Le déclin des abeilles domestiques : un phénomène multifactoriel | 44 |
| 3^{ème} Partie : Analyse des causes probables de ce déclin..... | 53 |
| Chapitre 1 Les produits phytopharmaceutiques | 54 |
| I. Généralités sur les produits phytopharmaceutiques..... | 54 |
| II. Les insecticides..... | 59 |
| III. Le problème « abeille » | 62 |
| Chapitre 2 Les ennemis biologiques : maladies, parasites, prédateurs | 79 |
| I. Considérations générales sur les maladies des abeilles..... | 79 |
| II. Les virus | 81 |
| III. La loque américaine | 83 |
| IV. La nosérose | 89 |
| V. La varroase | 96 |
| VI. Le frelon asiatique <i>Vespa velutina</i> | 103 |
| Chapitre 3 Les facteurs environnementaux..... | 109 |
| I. La perte de biodiversité florale | 109 |
| II. Les facteurs climatiques..... | 113 |
| 4^{ème} Partie : les tentatives de sauvegarde | 114 |
| I. Les apiculteurs..... | 115 |
| II. Les scientifiques..... | 118 |
| III. Les politiques | 121 |
| Conclusion | 125 |
| Annexes | 127 |

Table des illustrations

- Liste des figures

| | |
|--|-----|
| Figure 1: Les abeilles dans la classification [6]..... | 7 |
| Figure 2: Schéma d'une ouvrière | 8 |
| Figure 3: La tête d'une abeille avec ses proboscis étirés [9] | 9 |
| Figure 4: Système digestif et excréteur de l'abeille domestique [9] | 10 |
| Figure 5: Système nerveux de l'abeille domestique [9] | 11 |
| Figure 6: Système respiratoire de l'abeille domestique [9] | 11 |
| Figure 7: Système circulatoire de l'abeille domestique [9] | 12 |
| Figure 8: Cellules royales sur rayon [14] | 15 |
| Figure 9: Développement des larves d'ouvrières (A), de faux-bourçons (B) et de reine (C) [10] | 16 |
| Figure 10: Les trois castes d'abeille domestique: reine, ouvrière et mâle [15] | 17 |
| Figure 11: Chevauchement dans le temps des activités des ouvrières [9] | 18 |
| Figure 12: Indication de la direction de la source par rapport au soleil lors de la danse oscillante [9]..... | 23 |
| Figure 13: Danse en rond et danse oscillante [9] | 23 |
| Figure 14: Peinture de la grotte de l'araignée [21]..... | 25 |
| Figure 15: Schéma d'une ruche [11] | 26 |
| Figure 16: Coupe, diagramme floral et formule florale de Stellaire <i>Stellaria</i> <i>holostea</i> [31]..... | 30 |
| Figure 17: Mécanisme d'action des principaux insecticides neurotoxiques [95]..... | 61 |
| Figure 18: Formules développées de l'imidaclopride et de ses principaux métabolites | 67 |
| Figure 19: Formules développées du fipronil et de ses métabolites..... | 72 |
| Figure 20: Formules développées du thiaméthoxam et de la clothianidine | 74 |
| Figure 21: Test de l'allumette..... | 85 |
| Figure 22: Mode opératoire pour la réalisation du test de détection Vita de la loque américaine [135] | 87 |
| Figure 23: Conduite à tenir en cas de loque: Arbre décisionnel [136] | 89 |
| Figure 24: Spore de <i>Nosema</i> [10] | 90 |
| Figure 25: Cycle de développement de <i>Nosema ceranae</i> | 91 |
| Figure 26: Varroas dans une cellule de couvain..... | 96 |
| Figure 27: Lanières d'APISTAN®..... | 100 |
| Figure 28: APIVAR®..... | 101 |
| Figure 29: APIGUARD®..... | 102 |
| Figure 30: Frelon asiatique sur une fleur d'aster [158] | 104 |
| Figure 31: Nid de <i>V. velutina</i> [162] | 105 |
| Figure 32: Progression de <i>Vespa velutina</i> entre 2004 et 2009 en France [164] | 106 |
| Figure 33: Schéma d'un piège à fondatrice de frelon asiatique [165] | 107 |
| Figure 34: Logo de "l'Abeille, sentinelle de l'environnement" [41] | 116 |
| Figure 35: Etapes du Grenelle Environnement (année 2007) [185]..... | 122 |

- **Liste des tableaux**

| | |
|---|------------|
| Tableau 1: répartition des apiculteurs en fonction du nombre de ruches possédées [40] | 37 |
| Tableau 2: Evolution du nombre de ruches et d'apiculteurs entre 1994 et 2008 | 41 |
| Tableau 3: Les termes du déclin : dépérissement, affaiblissement, dépopulation, effondrement [47] | 45 |
| Tableau 4 : Caractéristiques des principaux virus de l'abeille domestique [62] | 47 |
| Tableau 5: Autres ennemis biologiques de l'abeille domestique | 48 |
| Tableau 6 : Valeurs de toxicité aiguë à 48h de l'imidaclopride et de ses principaux métabolites [102] | 69 |
| Tableau 7 : Valeurs de toxicité aiguë à 48h du fipronil et de son principal métabolite [114] | 73 |
| Tableau 8: Valeurs de toxicité aiguë à 48h du thiaméthoxam et de son métabolite, la clothianidine [106] | 76 |
| Tableau 9: Incidence du broyage mécanique des couverts sur les abeilles butineuses [13] | 110 |
| Tableau 10: Espèces autorisées sur la liste "jachères " et présentant des intérêts pour les insectes pollinisateurs [13] | 112 |

Liste des abréviations

| | |
|--------|--|
| AMM | Autorisation de Mise sur le Marché |
| ASA | Agents Sanitaires Apicoles |
| CCD | Colony Collapse Disorder |
| CPP | Comité Permanent Phytosanitaire |
| CST | Comité Scientifique et Technique |
| DDSV | Direction Départementale des Services Vétérinaires |
| DGAL | Direction Générale de l'ALimentation |
| DL50 | Dose Létale 50 |
| DRAAF | Directions Régionales de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt |
| FNOSAD | Fédération Nationale des Organisations Sanitaires Apicoles Départementales |
| GDSA | Groupeement de Défense Sanitaire Apicole |
| LD | Limite de Détection |
| LMR | Limite Maximale de Résidus |
| LOEC | Lowest Observed Effect Concentration |
| LQ | Limite de Quantification |
| MDO | Maladies à Déclaration Obligatoire |
| MRC | Maladies Réputées Contagieuses |
| NOEC | No Observed Effect Concentration |
| OIE | Organisation mondiale de la santé animale (anciennement Office International des Epizooties) |
| PCR | Polymerase Chain Reaction |
| PEC | Predicted Environmental Concentration |
| PNEC | Predicted No Effect Concentration |
| PSE | Programme Sanitaire d'Elevage |
| SCOP | Surfaces Céréales, Oléagineuse, Protéagineuses |
| SNA | Syndicat National d'Apiculture |
| SRAL | Service Régional de l'ALimentation |
| SRPV | Service Régional de Protection des Végétaux |
| UNAF | Union National des Apiculteurs Français |

Introduction

Depuis toujours, le nom « abeille » parle aux cinq sens de l'homme, renvoyant au souvenir d'une abeille volant et bourdonnant de fleur en fleur, à celui du parfum et du goût du miel, bien sûr, mais aussi à celui bien moins agréable d'une piqûre... Aujourd'hui, l'abeille évoque, en plus de ces sentiments très personnels, une cause universelle d'écologie. En effet, son rôle d'insecte pollinisateur des plantes à fleurs en fait un insecte incontournable de la production alimentaire, ce qui lui confère un rôle beaucoup plus terre à terre, un rôle économique.

Si l'homme a toujours côtoyé l'abeille au cours de son histoire, celle-ci étant apparue sur Terre bien avant lui, il semble actuellement s'inquiéter de son devenir : « et si l'abeille disparaissait... ? ». Mythe ou réalité, la disparition des abeilles fait débat depuis plusieurs années, et si la littérature scientifique lui consacre régulièrement des articles, le grand public est également très sensibilisé au problème par le biais des médias. « Oui, les abeilles pourraient disparaître » déclare Bernard Vaissière de l'INRA. Si le phénomène touche les abeilles au sens large, nous ne parlerons dans ce travail que de l'abeille domestique européenne, *Apis mellifera* L. 1758.

Le déclin de ces précieux insectes semble donc avéré. La problématique actuelle consiste en la définition de ses causes. Entre les maladies apicoles, anciennes et émergentes, les problèmes liés aux pratiques agricoles – des très soupçonnés pesticides aux monocultures – et les pratiques apicoles elles-mêmes, les hypothèses sont nombreuses. Une seule certitude émerge désormais : c'est une combinaison de ces facteurs qui affaiblit et cause la mort de nos abeilles.

Pour comprendre la situation, il est indispensable de connaître l'abeille domestique, sa physiologie, l'organisation de la ruche et son interaction avec la fleur. Nous étudierons ensuite la filière apicole française avant de détailler dans une troisième partie les causes les plus importantes de mortalité des abeilles. Enfin, nous verrons que, du grand public aux personnalités politiques, en passant par les apiculteurs et les scientifiques, nombreux sont ceux qui se mobilisent pour la sauvegarde des abeilles.

1^{ère} Partie : L'abeille, l'homme et la fleur

I. *Apis mellifera*, insecte hyménoptère

L'« abeille » telle que nous la connaissons, vit en colonie, une reine régnant sur des milliers d'ouvrières, celles-ci butinant et produisant du miel, dans des ruches en bois installées, entretenues et exploitées par l'homme. Notre abeille domestique n'est en fait qu'une des 1 200 espèces d'abeilles au sens large existant en France. [1] Il s'agit d'*Apis mellifera*, l'abeille mellifère, « qui porte le miel ». En fait, le terme d'*apis mellifica*, bien que moins usité, serait plus juste puisque elle ne se contente pas de porter le miel, elle le fabrique, à partir du nectar prélevé dans les nombreuses fleurs qu'elle butine.

Il est indispensable, dans un premier temps, de replacer cette abeille au sein du règne animal, afin de pouvoir étudier dans un second temps, son anatomie et pour survoler enfin la colonie avec sa hiérarchie et les fonctions de ses différents membres.

1. Les « abeilles » dans la classification

a. Embranchement

L'abeille au sens large appartient à l'embranchement des arthropodes du règne animal. Ce terme, du grec *arthron* qui signifie articulation et de *podos* le pied, désigne au sein des animaux, ceux dont le squelette est externe : leur corps est recouvert d'une cuticule rigide, faite de chitine. Leur croissance s'effectue par mues successives. Le corps des arthropodes, à symétrie bilatérale, se compose de plusieurs segments ou métamères, sur lesquels sont fixés des paires de membres et appendices (pattes, antennes), eux-mêmes constitués de plusieurs articles. [2]

b. Sous-embranchement

L'embranchement des arthropodes se subdivise en trois sous-embranchements :

- les trilobitomorphes, animaux primitifs et fossiles ;
- les chélicérates, se caractérisant par la présence, en avant de la bouche, d'une paire de pinces articulées, les chélicères, et par l'absence d'antennes ;
- les mandibulates, possédant mandibules et antennes. Ils peuvent avoir soit une respiration branchiale et deux paires d'antennes (crustacés), soit une respiration trachéenne et une seule paire d'antennes (insectes et myriapodes). [3]

c. Classe

Le sous-embranchement des mandibulates est divisé en trois classes :

- les crustacés, qui sont généralement aquatiques ;
- les myriapodes, facilement désignés sous le terme de « mille pattes » ;
- les insectes qui possèdent trois paires de pattes.

Ces derniers sont formés de trois régions, elles-mêmes constituées de segments fusionnés. Ainsi, la tête résulte de la fusion de six métamères, éventuellement munis d'appendices (antennes et pièces buccales). Le thorax quant à lui est formé de trois métamères, chacun portant une paire de pattes, et deux pouvant porter une paire d'ailes ou une paire de balanciers. L'abdomen enfin, comporte onze segments, correspondant à onze métamères.

Les insectes sont soit ptérygotes, soit aptérygotes c'est-à-dire qu'ils possèdent ou non des ailes (ou qu'ils proviennent ou non d'ancêtres ailés). Les abeilles, ailées, appartiennent donc à la sous-classe des ptérygotes. [2], [3]

d. Ordre

On connaît aujourd'hui trente ordres d'insectes. Parmi eux, celui des hyménoptères, auquel appartient l'abeille, regroupe les insectes ailés, à appareil buccal broyeur lécheur, portant deux paires d'ailes membraneuses à nervures très nombreuses, solidaires pendant le vol. La larve d'hyménoptère est à métamorphose complète et est incapable de subvenir par elle-même à ses besoins. On estime que cet ordre compte plus d'un million d'espèces. [2]

e. Sous-ordre

Au sein de l'ordre des hyménoptères, on distingue deux sous-ordres : celui des symphytes (les plus primitifs) et celui des apocrites, auquel appartient la majorité des hyménoptères. Ces derniers présentent un étranglement entre le premier et le second segment de l'abdomen et leurs larves sont dépourvues d'yeux et de pattes.

f. Groupe

On peut différencier deux groupes au sein du sous-ordre des apocrites

- les térébrants ou guêpes parasites, qui ont des antennes composées de plus de treize articles et des ailes à nervures quasi-inexistantes ;
- les aculéates, hyménoptères porte-aiguillon dont les antennes ne sont pas constituées de plus de treize articles, dont les ailes présentent des nervures et dont

la femelle porte un aiguillon caudal. Ce dard est en général venimeux. C'est dans ce groupe que l'on retrouve notamment les abeilles, les fourmis et les guêpes. [4]

g. Famille

Parmi ces aculéates, on retrouve une superfamille, celle des apoïdes, qui regroupe, en France, sept familles et 1 200 espèces. Toutes se nourrissent à partir du nectar et du pollen produits par les fleurs, grâce à leurs pièces buccales. Ce sont ces pièces buccales qui vont permettre de distinguer les abeilles primitives, qui regroupent la famille des colléidés (les plus primitives), celle des andrénidés (ou abeilles des sables) et celle des halictidés. Ces trois premières familles se caractérisent par une langue relativement courte, donc uniquement adaptée aux fleurs à corolle étroite et peu profonde. [1] Les abeilles supérieures regroupent les espèces de quatre autres familles : celle des mélittidés, celle des mégachilidés, celle des anthophoridés et celle des apidés. La longueur de la langue de ces abeilles dites supérieures est nettement plus importante, ce qui leur permet un butinage bien plus efficace. [5]

h. Espèces

La famille des apidés regroupe les espèces sociales : les bourdons et l'abeille domestique, *Apis mellifera*. Cette dernière est la plus connue et la plus largement représentée géographiquement des espèces du genre *Apis*. Ces espèces sont regroupées en quatre groupes :

- Le groupe *dorsata* des abeilles géantes, originaires d'Inde, et retrouvées uniquement en Asie, qui nidifient à l'air libre et dont le miel est encore « chassé » ;
- Le groupe *florea* des abeilles de petite taille, présentes dans les mêmes régions et nidifiant dans les mêmes conditions que celles du groupe *dorsata* ;
- Le groupe *cerana* dont les individus ressemblent beaucoup à notre abeille domestique et nidifient comme elle dans des cavités. Ces abeilles sont elles aussi originaires d'Inde mais sont représentées sur un plus large territoire que les précédentes ;
- *Apis mellifera*, seule espèce de son groupe, mondialement présente et exploitée, sur laquelle nous allons cibler la suite de ce travail. [6] Il existe au sein de cette espèce des races que nous ne détaillerons pas (*A. m. ligustica*, *A. m. carnica*, *A. m. mellifera*...). [7]

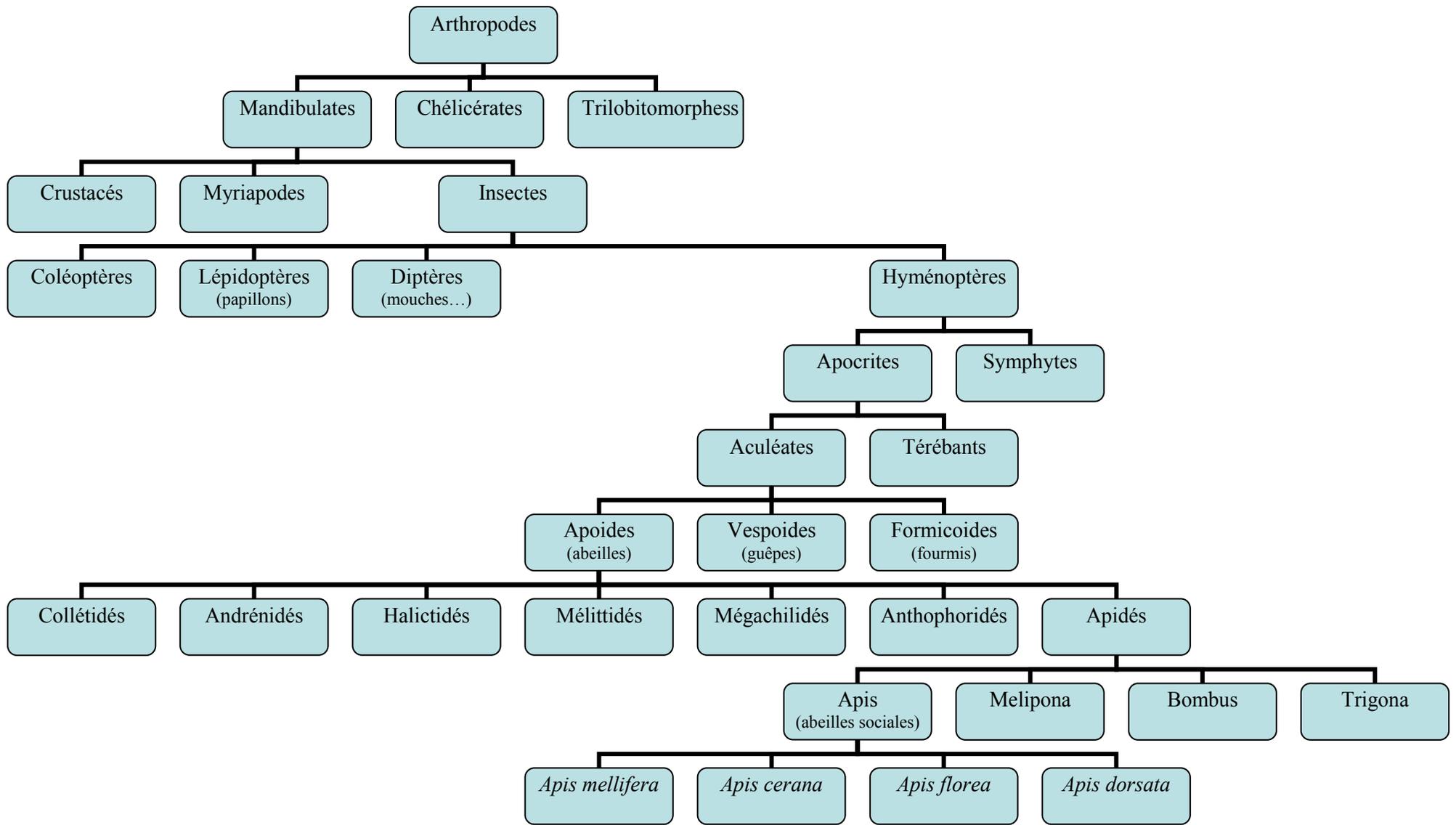


Figure 1: Les abeilles dans la classification [6]

2. Biologie de l'abeille domestique

a. Organisation générale

Nous l'avons vu au travers de la classification, l'abeille est constituée de trois articles, la tête, le thorax et l'abdomen, portant chacun des appendices. Les différents individus de la ruche n'ont pas les mêmes responsabilités, ils n'ont pas non plus la même morphologie. Ainsi, *Apis mellifera* est de couleur brune, son thorax est recouvert de poils brun-jaune, l'abdomen étant généralement jaune à rougeâtre, rayé de bandes feutrées claires. La reine mesure de 15 à 18 mm, l'ouvrière 11 à 13 mm et le mâle entre 13 et 16 mm. [4]

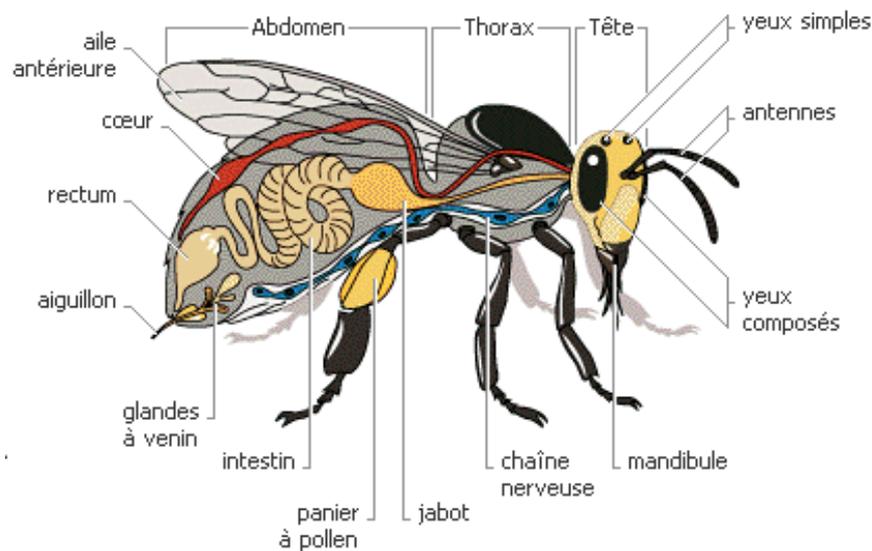


Figure 2: Schéma d'une ouvrière

La tête

La tête contient logiquement le cerveau, des glandes et porte les pièces buccales, les yeux (simples et à facettes), et les antennes. La langue, ou proboscis, est plus longue chez les ouvrières qui vont aller recueillir le nectar, que chez la reine et les mâles qui vont être alimentés par les premières. Les yeux, à facettes, sont nettement plus gros chez le mâle, ce qui permet de le reconnaître facilement. [8]

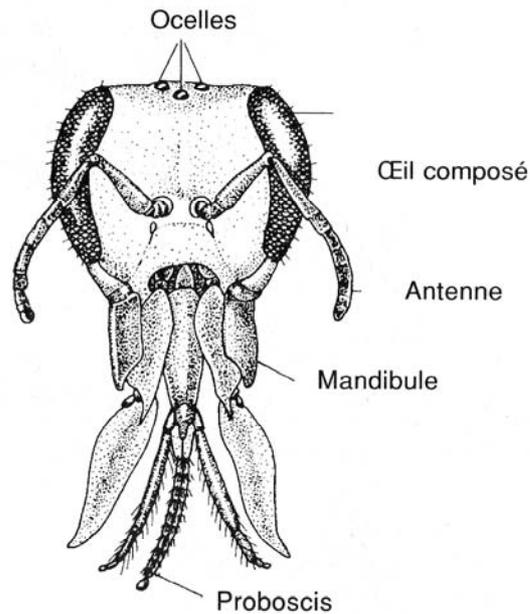


Figure 3: La tête d'une abeille avec ses proboscis étirés [9]

Le thorax

Le thorax porte les trois paires de pattes et les deux paires d'ailes. Les ailes de la reine sont plus courtes que celles des ouvrières. Chaque paire de pattes est spécialisée : l'antérieure est utilisée pour nettoyer les antennes, la médiane et la postérieure sont adaptées chez l'ouvrière, à la récolte du pollen. La première paire permet de l'extraire grâce à des pointes, alors que la seconde sert à la fois à brosser celui piégé dans le duvet de la butineuse, à le compresser et à le stocker dans des corbeilles à pollen, constituées de longs poils qui vont contenir la charge. [8]

L'abdomen

L'abdomen enfin, partie la plus importante en volume, comprend le jabot, les organes de digestion et le cœur. C'est à ce niveau que l'on retrouve également, chez les ouvrières, les huit glandes cirières et la glande de Nasonov, responsable de la sécrétion de phéromones.

Les femelles possèdent en outre un dard, modification de l'ovipositeur (organe qui permet de déposer les œufs) relié à une glande à venin. En cas de piqûre, la glande se contracte pour libérer son contenu. L'aiguillon de la reine est lisse et peut donc servir plusieurs fois. En revanche, lorsque l'ouvrière pique, son dard barbelé peut rester dans les tissus de la « victime » : en s'éloignant, elle abandonne son appareil vulnérant, ainsi que la glande à venin et une partie de ses entrailles qui y sont reliées et sans lesquelles elle est condamnée. [8]

b. Systèmes internes

Les différents systèmes de l'abeille sont assez simples.

Système digestif

Le système digestif est également chargé de l'excrétion des déchets. Il commence au niveau des pièces buccales et se prolonge par l'œsophage. Celui-ci traverse le thorax pour arriver, au niveau abdominal, dans le jabot. Les éléments présents dans le jabot peuvent être régurgités (trophallaxie, décharge de la récolte d'eau et de nectar). Si le proventricule, sorte de clapet, s'ouvre, le contenu du jabot passe dans le ventricule, ou intestin moyen, pour y être digéré, et les nutriments sont assimilés. [9]

Le ventricule est constitué de muscles circulaires permettant la progression du contenu intestinal par péristaltisme. Une membrane péritrophique sépare l'épithélium ventriculaire du bol alimentaire. Cette membrane laisse passer les enzymes de l'épithélium vers la lumière intestinale, et les nutriments en sens inverse. [10] Les déchets solides provenant de la digestion et les déchets liquides azotés, absorbés dans l'hémolymphe par les tubes de Malpighi, sont acheminés vers le rectum en vue d'être excrétés. [9], [10]

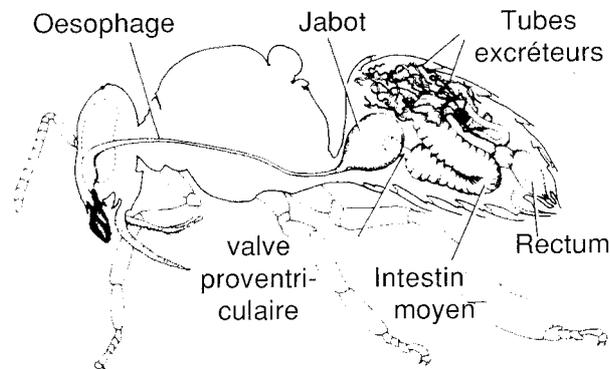


Figure 4: Système digestif et excréteur de l'abeille domestique [9]

Système nerveux

Le système nerveux est composé d'un cerveau et de sept ganglions, ou centres nerveux. Ce sont ces centres qui contrôlent en grande partie les fonctions nerveuses.

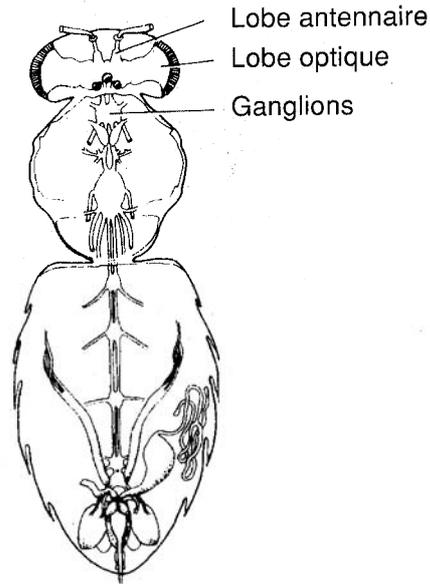


Figure 5: Système nerveux de l'abeille domestique [9]

Système respiratoire

L'entrée d'air se fait par des orifices situés sur tout le corps, par paires : les stigmates [9] ou spiracles [10]. Il en existe trois paires au niveau thoracique et sept sur l'abdomen. [11] Ces stigmates sont des structures de diamètre décroissant qui amènent l'oxygène aux cellules et remontent le dioxyde de carbone. Ils peuvent être très dilatés, ce sont les sacs trachéens, ou au contraire bien définis dans le cas des trachées. En fonction de l'activité de l'abeille et donc de ses besoins en oxygène, la respiration peut être passive ou nécessiter l'intervention des sacs trachéens qui se gonflent et se dégonflent sous l'action des contractions de l'abdomen. [9]

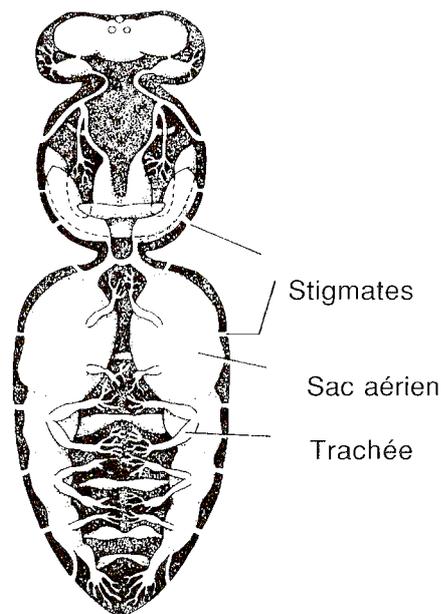


Figure 6: Système respiratoire de l'abeille domestique [9]

Système circulatoire

Le système circulatoire n'est pas une structure fermée : les organes baignent dans l'hémolymphe qui transporte les nutriments et les déchets. Celle-ci est reprise par un cœur situé dorsalement, dans l'abdomen, par des valves, les ostioles. Le cœur sert de pompe et propulse le sang dans l'aorte qui l'achemine jusqu'à la tête. Les contractions des muscles attachés aux diaphragmes, dorsal et ventral, permettent la circulation de l'hémolymphe dans la cavité générale. [9]

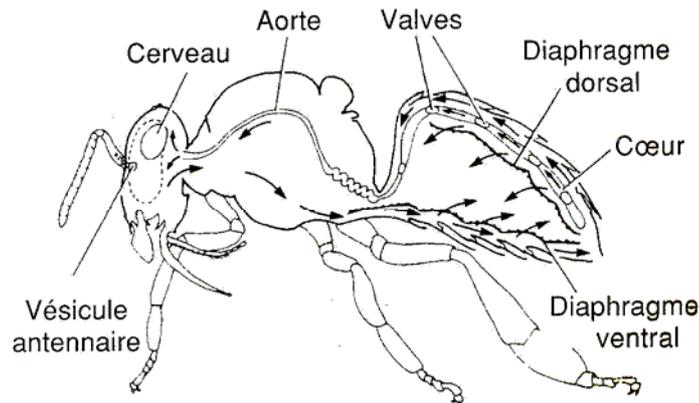


Figure 7: Système circulatoire de l'abeille domestique [9]

c. Les besoins alimentaires

Les glucides

Les glucides, indispensables à de nombreuses activités, principalement la thermorégulation et dans une moindre mesure le vol, sont apportés par le miel. La quantité consommée par une ruche est estimée à 60 à 80 kg pour une année. [12], [13]

Les protéines

L'apport protéique quant à lui provient du pollen récolté. Parmi les acides aminés, dix sont essentiels (thréonine, valine, méthionine, isoleucine, leucine, phénylalanine, histidine, lysine, arginine et tryptophane). La carence en l'un de ces acides aminés peut se révéler nuisible pour la colonie. [12]

Les besoins protéiques concernent principalement :

- *Les larves*. Des études ont cependant montré que moins de 5% des protéines apportées au couvain, c'est-à-dire aux immatures (œufs, laves, nymphes), provenaient du pollen. [13] Les 95% restants proviennent de sécrétions des glandes hypopharyngiennes des nourrices ;
- *Les jeunes ouvrières* : l'apport pollinique permet le développement des glandes

hypopharyngiennes et du corps adipeux ;

- *Les jeunes mâles* : les apports protéiques des premiers jours de leur vie, assurés par un mélange de pollen, miel et sécrétions glandulaires que les ouvrières leur transmettent par trophallaxie (échange de nourriture d'un individu de la colonie à un autre), influencent leur maturité sexuelle et le nombre de spermatozoïdes produits. [12]

Un défaut d'apport en pollen peut entraîner un moindre développement du couvain : dans un premiers temps on observe des larves sous alimentées et mal operculées, puis si la carence se poursuit, les nourrices vont privilégier l'élevage des larves les plus âgées qui ne demande plus d'apport protéique jusqu'à enfin arrêter totalement l'élevage.

Le besoin en pollen pour une colonie est estimé entre 15 et 50 kg par an, suivant les auteurs. [12], [13] Notons que le pollen n'est que très rarement consommé tel quel : il est tout d'abord amalgamé avec du nectar régurgité lors de la récolte et est ensuite stocké sous forme de « pain d'abeille », dans lequel il est transformé par ajout de sécrétions des glandes hypopharyngiennes et mandibulaires. [13]

Les lipides

Les besoins lipidiques sont couverts par les apports de pollen. La concentration et la composition en lipides varient suivant les pollens. Une forte concentration en certains acides gras (acide linoléique notamment) semble protéger contre les agents bactériens de deux maladies du couvain : la loque américaine et la loque européenne. [12], [13]

Les vitamines et minéraux

Les vitamines semblent être indispensables au bon développement du couvain et les minéraux aux systèmes enzymatiques. [12]

L'eau

L'eau, enfin, est indispensable tant à l'individu qu'à la colonie (régulation de la température et de l'humidité). Cependant, ses apports ne doivent pas être trop importants car le métabolisme hydrique ne permet pas d'en éliminer l'excédent. [12]

II. *Apis mellifera*, insecte social

1. Le cycle de la ruche

a. L'hivernage

Contrairement aux autres apidés sociaux, dont les individus sont engendrés au printemps par une reine ayant hiberné, la colonie de l'abeille domestique est pérenne pendant l'hiver. Au cours de cette saison, le froid pousse la ruche à entrer en semi-hibernation : l'ensemble des membres est groupé au centre de la ruche, sur la partie du rayon contenant les réserves de miel et de pollen, autour de la reine. La température ne diminue pas alors en dessous de 25°C, grâce à la vibration des muscles alaires des ouvrières et aux abeilles de la périphérie, qui jouent un rôle d'isolant, en se refroidissant, jusqu'à mourir si l'écart de température est trop important. [8]

b. La ponte

Lorsque les jours allongent et que la température augmente, la ruche se remet en activité : les ouvrières nourrissent la reine de gelée royale, lui apportant ainsi les protéines nécessaires. Cette dernière commence alors à pondre, déposant ses œufs dans les cellules du centre vidées de leurs réserves au cours de l'hiver. C'est le type d'alvéole qui conditionne le sexe de la future larve. En effet, dans une alvéole de femelle, la reine va déposer un ovule fécondé par un spermatozoïde. En revanche, dans une alvéole de mâle, plus grosse, la reine ne déposera qu'un œuf, non fécondé. [8] Le mâle est donc un individu haploïde : il ne possède qu'un seul lot de chromosomes.

L'œuf éclot trois jours après la ponte, donnant une larve qui sera nourrie par les ouvrières, pour se nymphoser dix jours plus tard. Les ouvrières recouvrent alors la cellule, entièrement remplie par la larve, d'un opercule. Le développement dure encore une semaine. Vingt-et-un jours après la ponte sort un insecte parfait, une nouvelle ouvrière, après avoir découpé l'opercule avec ses mandibules. Il faudra vingt-quatre jours en revanche pour donner un mâle. [6]

c. L'essaimage

Avec le printemps et la floraison de nombreuses espèces, la colonie se développe activement. La ruche devient alors trop petite pour héberger les milliers d'individus que compte la colonie. L'ancienne reine va alors partir avec une moitié de ses descendants, alors

que la moitié restante va élever une nouvelle reine : c'est l'essaimage. Cette orientation de l'œuf vers une future reine ne se fait pas à la ponte et n'est pas du ressort de la reine. En effet, lorsqu'elles sentent que la ruche est à son maximum d'activité, les ouvrières vont nourrir quelques larves, environ une dizaine, exclusivement avec de la gelée royale. Elles vont également construire autour de ces larves, des cellules royales, cellules allongées, situées généralement en bordure et qui pendent à l'extérieur du rayon. [9]

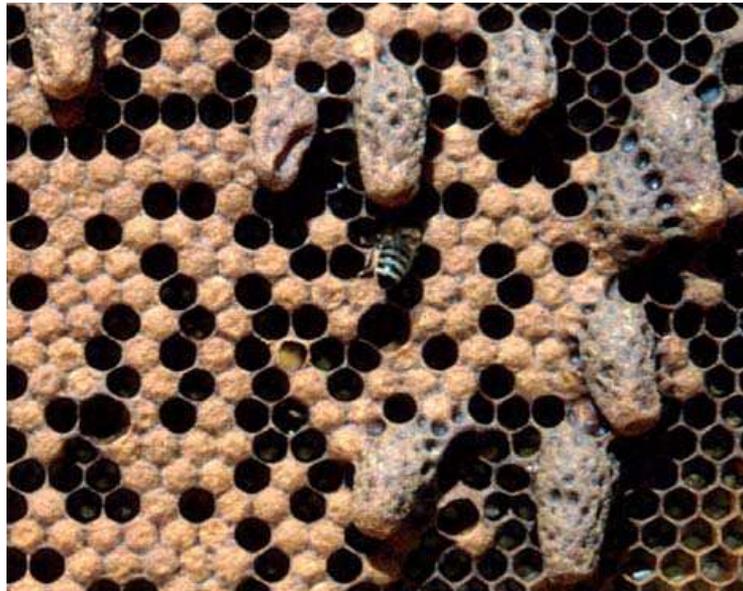


Figure 8: Cellules royales sur rayon [14]

Pendant ce temps, les abeilles qui vont essaimer mettent au « régime » la reine actuelle, trop lourde pour pouvoir voler, et se gorgent elles-mêmes de miel. Puis, pendant que les larves royales se nymphosent, la moitié de la colonie quitte la ruche, à la recherche d'un nouvel abri ou s'installer. Seize jours seulement après la ponte naît une première nouvelle reine, qui tuera grâce à son dard, dans leurs alvéoles, les reines non encore écloses. Elle pourra alors régner, seule, sur la colonie restante. [8]

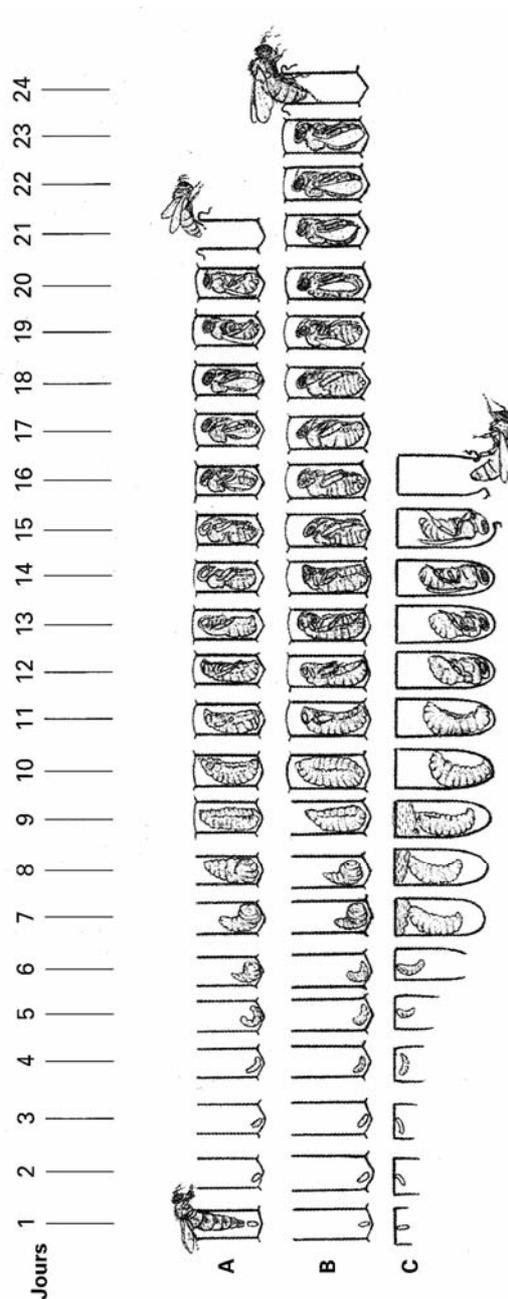


Figure 9: Développement des larves d'ouvrières (A), de faux-bourçons (B) et de reine (C) [10]

2. Les différentes castes

La colonie d'abeilles domestiques, qu'elle soit dans une ruche aménagée par l'homme ou dans des rayons entièrement construits par elle, comprend toujours les mêmes éléments, à savoir une reine, des dizaines de milliers d'ouvrières et quelques milliers de mâles, encore appelés « faux-bourçons ». En pleine période d'activité, une ruche peut compter quarante à soixante mille membres. Chacun d'entre eux a une fonction, totalement liée de son anatomie, laquelle, chez les ouvrières dépend de facteurs environnementaux.

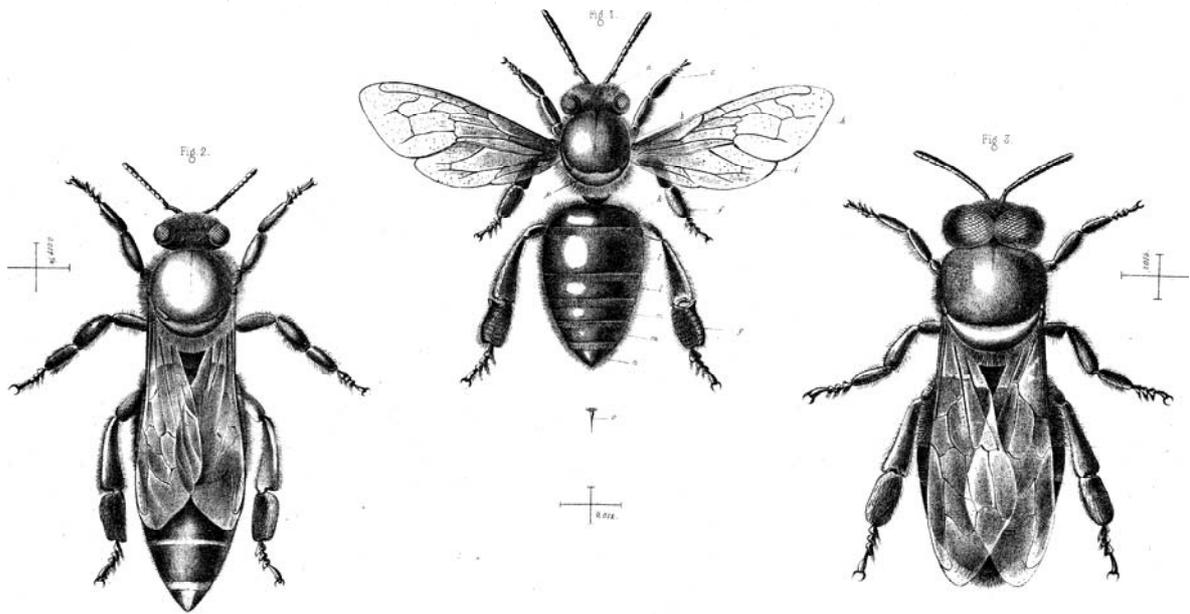


Figure 10: Les trois castes d'abeille domestique: reine, ouvrière et mâle [15]

a. La reine, dédiée à la ponte

La reine est le centre, et la mère de la colonie dans sa totalité : elle est la seule femelle fertile. Elle diffère des ouvrières par sa taille et par son anatomie entièrement dédiée à la reproduction, voire à la ponte. En effet, la reine n'est fécondée qu'une seule fois, lors du « bal d'abeilles », mais par plusieurs mâles. Elle conserve ensuite durant toute sa vie (qui peut durer quatre à cinq ans) le sperme dans une spermathèque. En dehors de ce vol nuptial et de l'essaimage, elle ne sort pas de la ruche, et consacre son temps à la ponte, de jusqu'à deux mille œufs par jour en période estivale. Les ouvrières « dames de compagnie » l'entourent et la nourrissent en permanence, permettant cette constante activité.

b. Les ouvrières et leurs multiples fonctions

La quasi-totalité des abeilles de la ruche sont donc des ouvrières. En fonction de leur âge, elles seront tour à tour nourrices, bâtisseuses de rayons, ventileuses, et enfin, à partir du vingt-et-unième jour, butineuses. La succession de ces activités n'est pas aléatoire puisqu'elle correspond à l'activation et à l'inhibition de certaines glandes, donc au développement de certaines aptitudes. Le rythme et la succession de ces activités dépendent des besoins de la colonie. Les âges moyens cités ne sont donc qu'indicatifs. [8]

La division du travail au sein de la colonie d'abeilles a suscité de nombreuses études qui ont permis dans un premier temps de constater la base temporelle de ces activités avec une

progression des activités d'intérieur vers les activités d'extérieur. Puis l'ordre et la nature de ces travaux ont été analysés. Enfin des explications à ce polyéthisme lié à l'âge ont été recherchées. D'une façon générale, les différentes études réalisées ont séparé les activités des ouvrières en quatre groupes de tâches :

- Nettoyage des cellules et operculation ;
- Soins au couvain et à la reine ;
- Construction des rayons, nettoyage, garde et butinage ;
- Tâches d'extérieur, incluant la ventilation, la garde et le butinage. [9], [20]

Cette progression est influencée par la génétique de la race considérée et bien-sûr par le développement glandulaire, mais elle dépend également entre autre des hormones produites, particulièrement l'hormone juvénile, et des phéromones. [9], [20]

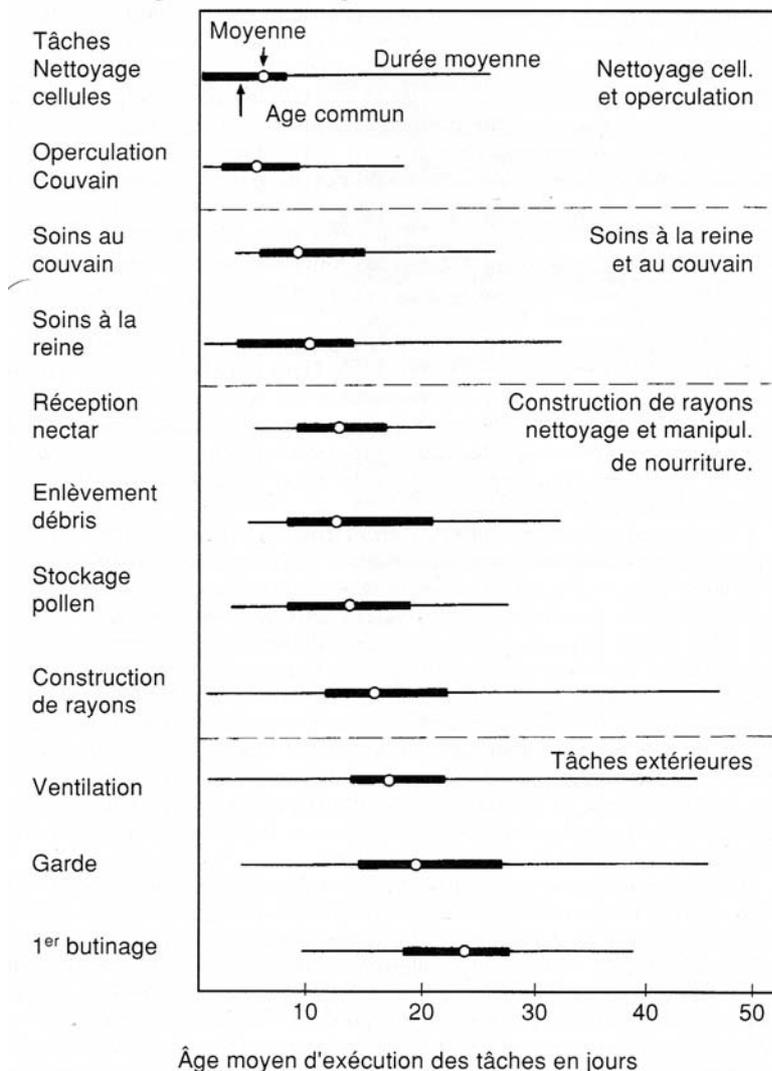


Figure 11: Chevauchement dans le temps des activités des ouvrières [9]

L'entretien de la ruche

Au cours des trois premiers jours de sa vie, l'ouvrière a pour tâche l'entretien des rayons et

notamment la réparation, grâce à la propolis, et le nettoyage des cellules. L'entretien ne se limite pas à la ruche : la mission s'étend également à l'élimination des cadavres. S'ils sont transportables, ceux-ci sont évacués ; sinon, ils sont comme embaumés dans de la propolis. La ruche est un environnement très propre : les ouvrières n'excrètent qu'à l'extérieur. Ainsi, la présence d'excréments à l'intérieur de celle-ci est signe de maladie. [6]

La nutrition du couvain

A partir du troisième jour, la jeune ouvrière devient nourrice. Mais elle ne s'occupe dans un premier temps que des larves âgées, et uniquement de celles d'ouvrières et de mâles. En effet, celles-ci ne sont plus nourries qu'avec du « pain des abeilles ». Ce n'est qu'à partir du sixième jour de leur vie que les ouvrières commencent à sécréter la précieuse gelée royale qui servira à l'alimentation des larves, au cours des trois premiers jours de leur développement, des larves royales et de la reine. [8] Cette fonction se poursuit jusqu'au douzième jour, c'est-à-dire jusqu'à l'arrêt de fonctionnement des glandes hypopharyngiennes. Les productrices de gelée royale sont également « dames de compagnie de la reine », cette dernière étant nourrie toutes les vingt minutes. [6]

La confection des rayons

A partir du dixième jour de sa vie, l'abeille commence à sécréter de la cire, parallèlement au tarissement de sécrétion de la gelée royale. Elle devient alors bâtisseuse de rayons. La production de cire se fait au niveau des glandes cirières, à partir de miel et de pollen, et demande beaucoup d'énergie.

La géométrie et l'arrangement des alvéoles permettent d'utiliser un minimum de cire pour un maximum de place et de stabilité. La forme hexagonale assure une parfaite continuité entre les cellules. Celles des mâles, plus grosses, sont disposées en périphérie des rayons afin de ne pas perturber cette structure. Les rayons, qui comportent deux faces d'alvéoles, sont conçus de manière à ce que le centre d'une alvéole sur une face corresponde exactement à un sommet sur l'autre face, augmentant encore la solidité de la construction. Enfin, les alvéoles décrivent un angle de 13° avec le plan du rayon, afin d'empêcher la perte des réserves qu'elles contiennent. [8]

La production de miel

Ces glandes cirières s'atrophiant à leur tour, les abeilles deviennent receveuses : elles vont solliciter, par leurs antennes et leurs pièces buccales, les butineuses rentrant à la ruche. Ces dernières se déchargent alors de leurs récoltes. Le nectar est régurgité par la butineuse aux

receveuses. Celles-ci y ajoutent leur salive et se le transmettent l'une l'autre, afin de permettre les réactions enzymatiques et l'évaporation de l'eau indispensables à la transformation du nectar en miel. Quant au pollen, il est déposé directement dans les cellules par les butineuses, puis repris par les receveuses qui y ajoutent du miel et de la salive pour enfin le tasser au fond de l'alvéole avec leurs pièces buccales et constituer ainsi des réserves alimentaires. [6]

La ventilation de la ruche

Les activités d'extérieur de l'ouvrière commencent par la ventilation de la ruche. Cette activité est maximale chez les abeilles de dix-huit jours et elle consiste en la régulation de l'atmosphère intérieure de la ruche par les battements d'ailes simultanés d'un grand nombre de ventileuses. La régulation touche la température bien sûr, qui doit rester constante et élevée, notamment au niveau du couvain. Ainsi l'activité des ventileuses est majoritaire en été lorsque la température dépasse les 35°C. Mais elle touche également le taux d'humidité, afin que la ruche ne se dessèche pas, et le taux de gaz carbonique qui ne doit pas trop augmenter sous l'effet de la respiration des ouvrières à l'intérieur de la ruche. [6]

La garde de la ruche

La garde de l'entrée de la ruche revient aux ouvrières âgées de quinze à vingt jours. Elle consiste à prendre position au niveau de la planche d'envol et à attendre les éventuels intrus : abeilles pilleuses, autres insectes, mammifères... Suivant l'espèce de l'individu qui tente de forcer la barrière des gardiennes, la tactique utilisée ne sera pas la même. Les fourmis sont par exemple soufflées par la ventilation de leurs ailes. Le premier objectif est de repousser l'ennemi : s'il n'est pas atteint il faudra le tuer. Ceci nécessite l'utilisation du dard et conduira, si l'intrus est un mammifère, à la mort de la gardienne. S'il s'agit d'un insecte en revanche, le dard barbelé ne restera pas accroché dans les tissus et pourra donc servir à nouveau. [6]

Le butinage

Lorsqu'elles commencent à sortir de la ruche, vers l'âge de deux semaines, les butineuses effectuent seulement des vols de repérage, de quelques minutes d'abord, puis de plus en plus longs, pour se familiariser avec l'environnement et apprendre à se repérer. Une semaine plus tard environ, elles commencent le dur labeur qu'elles effectueront jusqu'à la fin de leur vie : le butinage. C'est en effet cette activité qui va les tuer : elles sont programmées pour périr au bout de huit cents kilomètres de vol, après épuisement des réserves énergétiques de leurs muscles alaires. [6], [8] Le butinage est la récolte de différentes substances qui permettent la

nutrition et la vie de la ruche, principalement nectar et pollen, mais également miellat (substance sucrée excrétée principalement par les pucerons), eau (en cas de canicule notamment, utilisée pour faire baisser la température de la ruche) et propolis sur les bourgeons de certains arbres. [6], [16], [17]

c. Les mâles ou faux-bourçons

Les mâles, encore appelés faux-bourçons, sont obtenus à partir d'ovules non fécondés. Ils sont nourris par les ouvrières et ne s'approvisionnent pas directement sur les fleurs. Leur principale fonction est l'accouplement qui a lieu au printemps, après l'essaimage, et parfois en cours d'été en cas de mort d'une reine ou d'épuisement des réserves en spermatozoïdes de celle-ci. Ils semblent également participer à la ventilation de la ruche, indispensable à la concentration du miel, et au réchauffement du couvain. Bien qu'ayant un jabot plus petit que celui des ouvrières, ils pourraient participer activement à la fabrication du miel. [18] Une fois la période de miellée passée, ils n'ont plus d'utilité et sont chassés de la ruche par les ouvrières. Privés de nourriture, ils périssent rapidement. [17]

La vaste palette d'activités réalisées et les observations de celles-ci confèrent donc aux abeilles domestiques l'image d'insectes travailleurs. Pourtant, quel que soit leur âge, leur emploi du temps est en grande partie consacré au repos ou à la patrouille dans la ruche. [8]

3. La communication

a. Les phéromones

La cohésion de la colonie nécessite des systèmes de communications performants. Les phéromones sont des substances chimiques sécrétées par un individu, pour produire un effet sur un autre individu de la même espèce. [19] De nombreuses molécules ont été identifiées, qui peuvent être sécrétées par tous les membres, y compris le couvain. Elles peuvent être soit « incitatrices », soit « modificatrices ». Les premières induisent une réaction immédiate de la cible, alors que les secondes provoquent une adaptation de sa physiologie, donc une réponse à plus long terme. [20]

Parmi les phéromones incitatrices, on peut citer les sécrétions de la glande de Nasonov des ouvrières. Elles « marquent » la colonie, permettant le retour à la ruche des abeilles d'extérieur, et la reconnaissance de l'essaim. Ces mêmes ouvrières sont à l'origine d'autres phéromones d'orientation, comme par exemple l'empreinte du pied, mais aussi de phéromones d'alarme. [9]

La « substance royale », produite par les glandes mandibulaires de la reine, est un mélange agissant à court terme (inhibition de l'élevage royal, recrutement de la cour, recrutement des ouvrières dans l'essaim, stimulation du butinage et de la construction de cellules) et à long terme (inhibition du développement ovarien des ouvrières, contrôle du comportement) La substance royale est transmise à tous les individus de la colonie à partir de la cour royale. Le couvain participe également à la régulation des tâches des ouvrières par la sécrétion d'une phéromone par la cuticule des larves. [20]

Les substances et actions évoquées ici ne sont que les exemples les plus marquants de la communication chimique au sein de la colonie. D'autres ont été mises en évidence, y compris à partir des faux-bourçons.

b. Les danses

La découverte d'une source d'alimentation par une butineuse est rapidement suivie par l'arrivée de nouvelles recrues : les informations sont transmises entre les butineuses par un langage, la danse des abeilles. Il en existe en fait de plusieurs types. La « danse en rond » indique des sources de nourriture situées à proximité de la ruche : elle ne donne des informations que sur l'éloignement et la qualité de l'alimentation. Les « danses oscillantes » ou « danses en huit » sont réservées aux sources éloignées de plus de 100 mètres. Elles sont constituées d'une course droite oscillante, d'un retour circulaire au point de départ, d'une nouvelle course droite et d'un retour circulaire dans l'autre direction. Ce cycle se reproduit un certain nombre de fois et indique :

- la *distance entre le nid et la source*, correspondant à un besoin énergétique : ce facteur est surtout défini par la longueur de la course en avant et par le tempo de réalisation de la danse (un tempo lent indique une source éloignée) ;
- la *direction de la source* : si la danse est effectuée sur une surface horizontale, la course en avant indique la direction et le sens de la source ; sur une surface verticale, ce qui est généralement le cas, l'angle et l'orientation de cette course en avant par rapport à un axe vertical reflètent l'angle « source-ruche-soleil » ;
- la *qualité de la source* : la danse est plus vigoureuse lorsque la source est de meilleure qualité ; par ailleurs, la butineuse distribue des échantillons de sa récolte aux suiveuses.

Pour des distances moyennes, l'ouvrière utilise des danses de transition. Les limites de distances justifiant l'utilisation de l'une ou l'autre des danses dépendent de la race d'abeille considérée.

D'autres danses de communication sont utilisées à l'intérieur du nid, par exemple la « danse DVAV » (danse vibratoire dorso-ventrale/ Dorso Ventral Abdominal Vibration) qui permet entre autres choses la régulation du butinage et de l'essaimage, et la « danse bourdonnante » utilisée lors de l'essaimage. [9]

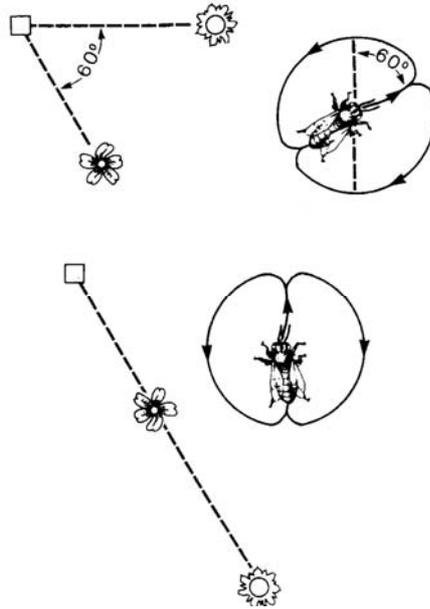


Figure 12: Indication de la direction de la source par rapport au soleil lors de la danse oscillante [9]

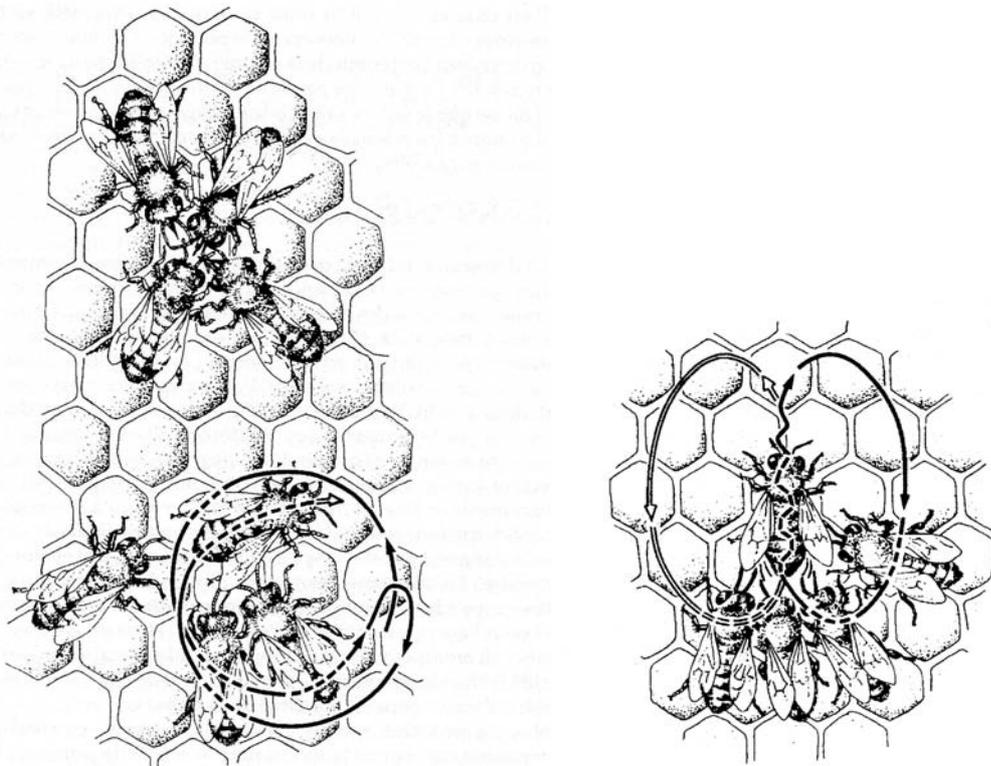


Figure 13: Danse en rond et danse oscillante [9]

III. *Apis mellifera*, insecte mellifère

L'abeille, sa vie en société et le miel qu'elle produit, ont de tout temps fasciné l'homme. Nous allons donc parcourir brièvement le temps, afin de situer notre abeille domestique, sans, puis avec l'homme, au cours de l'Histoire, avant de procéder à un inventaire des produits de la ruche.

1. L'abeille à travers l'histoire de l'homme

L'abeille a inspiré bon nombre de croyances et a imprégné toutes les civilisations antiques. C'est l'image de nourriture divine du miel ainsi que l'impressionnante organisation sociétale, et l'ardeur au travail qui confèrent à l'abeille sa réputation.

Sans évoquer l'histoire de l'apiculture, des chasseurs de miel à la domestication de l'insecte mellifère, il paraît indispensable de survoler cette étonnante interactivité entre ces deux sociétés.

a. La préhistoire

La plus ancienne preuve de l'existence d'ancêtres proches de l'abeille sur terre a été décrite en 2006 et est estimée dater de cent millions d'années. Il s'agit d'un insecte, *Melittosphex burmensis*, ancêtre commun de la guêpe et de l'abeille, emprisonné dans de l'ambre et portant des grains de pollen sur ses pattes. Un autre individu, très proche de notre abeille domestique a été découvert dans les mêmes circonstances et daté à cinquante millions d'années. Ces exemples permettent de constater la dépendance étroite qui semble avoir toujours existé entre les fleurs et les apidés.

Avant d'être éleveur et cultivateur, l'homme était chasseur-cueilleur. Avant d'être apiculteur, il était chasseur de miel. La première trace témoignant de cette activité remonte à environ neuf mille ans. Il s'agit d'une peinture rupestre, découverte en 1924 en Espagne, dans la grotte de l'araignée. Elle représente un individu, suspendu à des lianes et muni d'un récipient. Il est entouré d'abeilles et semble, déjà, utiliser la fumée pour s'approprier les rayons. [21]



Figure 14: Peinture de la grotte de l'araignée [21]

b. L'histoire

L'abeille semble avoir une place et un rôle à jouer dans chaque civilisation. Le miel et la cire sont au centre des échanges commerciaux, mais également au centre des préoccupations religieuses. Chez les égyptiens, qui semblent avoir été les premiers à domestiquer cet insecte, on en trouve des représentations datant de trois mille ans avant Jésus-Christ. L'abeille, qui disparaît en automne et « renaît » au printemps, est alors symbole de résurrection, de même que chez les chrétiens où l'abeille représente l'immortalité de l'âme. Ces derniers utilisent la cire pour la fabrication des cierges, dans un premier temps simplement pour éclairer les sombres églises, puis rapidement pour servir la messe : le cierge brûle sur l'autel du début à la fin de l'office.

Dans la religion hébraïque, l'abeille est nettement moins encensée. Le miel n'est pas autorisé sur l'autel car l'abeille qui le transporte naît d'une carcasse de bœuf en décomposition. Dans l'ancien testament, c'est dans les entrailles d'un lion que Samson trouve un essaim et du miel. Chez les grecs, la dimension mystique de l'abeille est incontestable : le miel est le premier aliment consommé par Zeus, le roi des dieux. [22]

L'importance de l'abeille ne se limite pas à l'antiquité bien sûr. L'homme a en effet mis des milliers d'années à l'étudier, à l'admirer, à la craindre et à la comprendre.

2. Les produits de la ruche

a. Le miel

Le miel provient de la transformation du nectar prélevé par la butineuse dans les nectaires des fleurs. Le butin est stocké dans le jabot de l'abeille, où des enzymes, les invertases, assurent l'hydrolyse d'une partie du saccharose en glucose et lévulose. [17] De retour à la

ruche, la butineuse régurgite le nectar qui est alors pris en charge par les receveuses. La trophallaxie, dans un premier temps, puis les vibrations des ailes une fois que le liquide est déposé dans les alvéoles, permettent l'élimination de l'excès d'eau. Une fois la teneur en eau inférieure à vingt pour cent, l'alvéole est operculée : le miel est prêt. [17] Il est alors constitué en majorité de sucres (à 70-80% sur la substance sèche), et principalement d'hexoses. [23]

Le miel constitue donc la ressource glucidique de l'abeille. Pour l'homme, le miel présente également un intérêt nutritionnel, mais il est avant tout d'une grande qualité gustative et la présence de gelée royale, de pollen, ainsi que de substances antibiotiques, lui confère également des propriétés thérapeutiques et cosmétiques. [17] Ayant des propriétés antibiotiques et anti-inflammatoires, il présente un intérêt en ingestion dans le traitement de multiples pathologies (respiratoires, gastriques, intestinales, urinaires) mais aussi contre la fièvre et l'anémie. Il est également utilisé en applications externes pour le traitement, par exemple, de blessures et de plaies infectées, de brûlures, et contre l'eczéma. [24], [25]

La récolte du miel par l'apiculteur nécessite l'ajout à la ruche de hausses, contenant des cadres amovibles, séparées éventuellement du corps de la ruche par une grille laissant passer les ouvrières (qui vont venir y constituer leurs réserves) mais non la reine (qui ne va donc pas pouvoir venir y pondre). Une fois les alvéoles operculées, l'apiculteur retire ces hausses : les rayons sont désoperculés et le miel en est extrait, généralement à froid par centrifugation. [26]

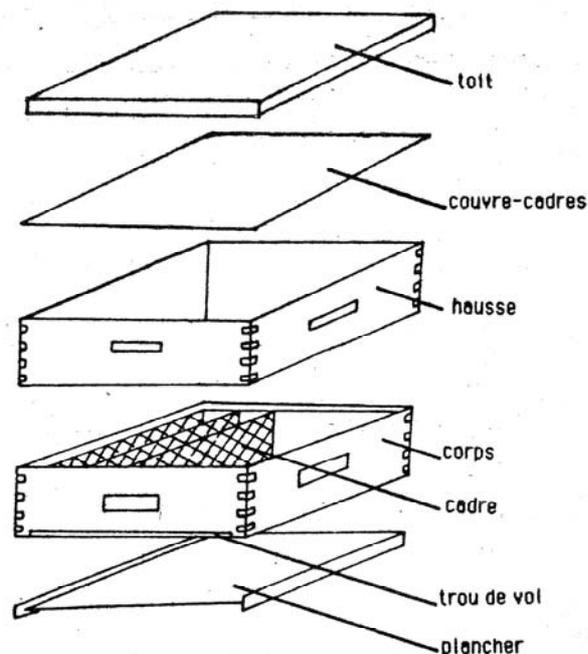


Figure 15: Schéma d'une ruche [11]

b. Gelée royale

La gelée royale est une bouillie épaisse, d'un blanc plus ou moins pur, aux reflets nacrés, sécrétée par les nourrices pour la nutrition des jeunes larves, des larves royales et de la reine. Son goût est acide et brûlant et son odeur caractéristique est à la fois phénolique et acide. Sa composition est proche de celle du pollen, mais avec des constituants présents dans des proportions différentes. Sa production en vue de sa commercialisation nécessite de rendre orpheline une ruche et de lui proposer artificiellement des cellules de la taille de cellules royales, dans lesquelles auront été introduites des larves âgées d'une vingtaine d'heures. Ces larves sont alors nourries exclusivement de gelée royale, qui sera récoltée au bout de trois jours, après extraction manuelle de la larve. [27]

La précieuse gelée est en général préconisée pour ses propriétés stimulantes et tonifiantes mais également parce qu'elle est rééquilibrante et revitalisante : elle présente un effet directement sur les cellules en renforçant le métabolisme de base et les défenses de l'organisme. Elle possède également un effet protecteur vis-à-vis du système cardiovasculaire en luttant contre la plaque d'athérome et en contribuant à normaliser une tension artérielle trop élevée. [27]

c. Pollen

Le pollen est récolté par les butineuses et aggloméré sous forme de pelotes, dans les corbeilles à pollen de la troisième paire de pattes. L'apiculteur récupère ces pelotes en plaçant à l'entrée de la ruche des trappes à pollen, sortes de tiroirs surmontés de grilles. L'abeille, en passant au travers du maillage, est mécaniquement délestée de tout ou partie de sa récolte. Ces trappes doivent être vidées régulièrement car le pollen se détériore rapidement. Elles ne doivent de plus être mises en place que temporairement, de manière à ne pas risquer d'affaiblir la colonie en la privant de ses ressources alimentaires.

Le pollen est constitué à 35 % de protéines et est indispensable au bon fonctionnement de la ruche. L'homme trouve dans le pollen bon nombre de nutriments (acides aminés essentiels), de vitamines (notamment celles du groupe B, la C, la P et la E) et de sels minéraux (potassium, magnésium, calcium, fer, silicium, phosphore, chrome, zinc et manganèse) qui lui procurent ses intérêts nutritionnels et thérapeutiques. Comme les autres produits de la ruche, le pollen possède des propriétés antibiotiques. [28], [29] Par contre, contrairement au miel, il n'est pas sucré et ne présente donc aucun intérêt gustatif. [17] Si certains effets thérapeutiques sont variables en fonction de l'espèce végétale dont provient le pollen, d'autres sont communs

à l'ensemble des pollens. Ainsi, ils agissent en régulateur du transit, efficaces tant en cas de diarrhée qu'en cas de constipation. Ils sont également antianémiques et permettent une amélioration de l'état général de patients convalescents ou sénescents en entraînant une prise de poids rapide et une euphorie. [24]

d. La cire

La cire est une substance grasse, excrétée par les glandes cirières des ouvrières, au niveau de l'abdomen. Celles-ci sont au nombre de huit : deux par segment sur quatre segments consécutifs. La cire sécrétée se solidifie sur des plaques cirières, ou miroirs à cire, sous forme d'écaillés d'environ 0,8 mg. L'insecte les récupère avec ses pattes postérieures, puis les malaxe, après adjonction de salive, au moyen de ses pièces buccales. La boulette ainsi constituée est alors ajoutée au rayon en construction. [30]

La cire des opercules est à différencier de la cire du rayon. La première étant plus propre, c'est elle qui sera utilisée en thérapeutique (après traitement) ou pour la réalisation de cire gaufrée, support fourni à la colonie, dans des cadres, pour la construction de nouveaux rayons. La seconde peut servir à la confection de bougies ou sculptures.

En thérapeutique la cire est principalement un excipient galénique à la confection de pommades, crèmes, suppositoires, mais également comprimés dragéifiés et capsules. Mais elle possède également de réelles propriétés : antibiotiques, anti-inflammatoires et antiulcéreuses. [27]

e. Propolis

Les butineuses récoltent une résine, directement sur les bourgeons voire sur l'écorce de certains arbres. Cette résine est ensuite transportée, comme le pollen, sous forme de pelotes. [28] Une fois de retour à la ruche, la butineuse laisse d'autres ouvrières ronger ce butin. Le produit final, la propolis, est composé à 50 % de résines, 30% de cire, 10% d'essences de plantes, 5% de pollen et 5% de matières organiques diverses. Il est gluant, de saveur amère, de couleur jaune à marron et d'odeur résineuse. Il est solide à température ambiante, malléable à 40°C et gluant au-delà. [29] Etanche à l'eau, la propolis est employée par les ouvrières pour calfeutrer les fissures dans la ruche et pour embaumer les cadavres. [28]

Elle est puissamment antibiotique, tant vis-à-vis des bactéries que des virus et des champignons, et est de ce fait utilisée par les abeilles pour recouvrir l'ensemble des surfaces de la ruche, y compris les rayons, conférant à la cire sa couleur et son odeur. Elle recouvre également le trou d'entrée, d'où son nom *pro-* c'est-à-dire devant- et *polis-* la cité. [29] Ce

pouvoir antibiotique permet à la colonie de lutter contre de nombreux germes. [28], [29]

L'apiculteur peut directement la récolter en grattant les cadres de la ruche. [29] Il peut faciliter ce travail en proposant aux ouvrières des grilles entre lesquelles elles ne peuvent pas passer mais qui constituent des orifices qu'elles vont chercher à colmater. [28]

L'homme utilise depuis longtemps les vertus antibiotiques et anti-inflammatoires de la propolis, mais également son action dans le processus de cicatrisation et son léger effet anesthésique. Elle est ainsi utilisée sous forme de pastilles ou gommes dans les affections de la sphère ORL et de la bouche, mais également par voie systémique pour traiter des troubles divers : digestifs, urinaires, hormonaux ou généraux comme l'hypertension artérielle. Enfin, des applications cutanées permettent de traiter de nombreuses affections tout en limitant le risque de cicatrices résiduelles. [29]

L'intérêt de l'abeille domestique pour l'homme ne se limite pas aux multiples produits qu'elle met à sa disposition. En effet, son rôle de pollinisateur semble aujourd'hui prépondérant et explique le danger que représente le déclin des populations d'abeilles, sauvages comme domestiques.

IV. *Apis mellifera*, insecte pollinisateur

La grande majorité des plantes qui nous entourent appartient à l'embranchement des angiospermes. Ce terme vient de *aggeion* le vase, le réceptacle, et de *sperma*, la semence ; il désigne l'ensemble des plantes se caractérisant par le développement de fleurs, portant et protégeant des organes reproducteurs, mâles et femelles. Ces angiospermes, ou plantes à fleurs, pratiquent donc la reproduction sexuée : la production d'un nouvel individu passe par la fécondation d'un élément femelle par un élément mâle.

1. Organisation de la fleur

La fleur est composée de plusieurs verticilles, c'est-à-dire de plusieurs cercles concentriques, chacun portant des organes identiques. Les verticilles stériles sont le calice et la corolle, constitués respectivement des sépales et des pétales. Ils forment le périanthe et entourent les organes reproducteurs. Ils jouent un rôle de protection des éléments internes, mais également un rôle attractif à l'égard des insectes pollinisateurs. Après la corolle se trouvent l'androcée, composé d'une ou plusieurs étamines (organes mâles), puis, tout au centre de la fleur, le gynécée, ensemble des carpelles (organes femelles). Les étamines, sont

composées d'une tige, appelée filet, portant les anthères, sortes de sacs renfermant le pollen. [31] Le grain de pollen est propre à chaque espèce, de par sa taille, sa forme, son aspect. [32] Le pistil, ou gynécée, quant à lui est composé d'un ou de plusieurs ovaires se prolongeant par une excroissance, le style, lui-même se terminant par les stigmates. Le nombre de verticilles de chaque type, le nombre d'éléments par verticille et l'arrangement de ces verticilles sont variables, et caractéristiques de chaque famille. [31]

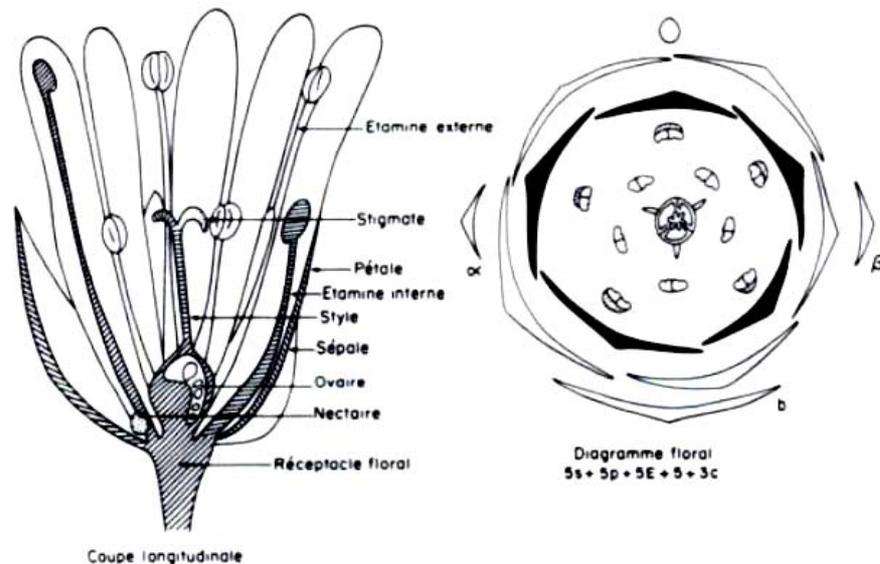


Figure 16: Coupe, diagramme floral et formule florale de Stellaire *Stellaria holostea* [31]

2. Pollinisation et fécondation

a. Principe

La pollinisation est le transport du grain de pollen vers le stigmate. Au contact de ce stigmate, le grain de pollen va pouvoir germer, après avoir été réhydraté. Il y aura alors production, grâce à une cellule nourricière, la cellule végétative, d'une excroissance appelée tube pollinique. Celui-ci va percer le stigmate et progresser dans le style pour conduire les deux spermatozoïdes du grain de pollen jusqu'à l'ovule produit par l'ovaire. La fusion du premier spermatozoïde avec l'ovule conduit à la formation d'un embryon. Le second spermatozoïde fusionne avec la cellule dite centrale de l'ovaire pour donner l'albumen. Ce dernier va permettre la nutrition de l'embryon au début de son développement.

La pollinisation peut faire intervenir les organes reproducteurs mâle et femelle d'une même fleur ou de deux fleurs d'une même plante : on parle d'autopollinisation et la fleur est dite « autogame ». Pour cela, les grains de pollen et les ovules doivent être autocompatibles. Dans le cas contraire, il y a pollinisation croisée : le grain de pollen qui féconde l'ovule doit

provenir d'un autre individu pour pouvoir germer sur le stigmate. La plante est alors dite « allogame ».

Qu'il y ait autopollinisation ou allopollinisation, le phénomène est totalement passif. Dans le premier cas, le grain de pollen tombe directement sur le pistil pour y germer. Dans le cas de pollinisation entre deux fleurs différentes, qu'elles appartiennent ou non à la même plante, un vecteur est nécessaire. Celui-ci peut être abiotique : des agents physiques, à savoir le vent (c'est l'anémophilie), ou l'eau, (c'est l'hydrophilie), se chargent de ce transport. Mais dans la plupart des cas, un vecteur biotique doit intervenir : c'est en général un insecte, dans le cas de l'entomophilie, mais ce peut être également un oiseau (ornithophilie) ou un mammifère, souvent une chauve-souris (chiroptérophilie). [1], [33]

b. Les insectes pollinisateurs

Pour qu'un insecte transporte des grains de pollen, il doit y trouver un intérêt propre. Ainsi, les fleurs visitées le sont parce qu'elles attirent le vecteur : celui-ci cherche soit à se nourrir, soit à se reproduire. [1] La fleur attire l'insecte par des signaux chimiques ou visuels. [34] Tous les insectes visitant les fleurs n'ont pas forcément une activité pollinisatrice : certains vont davantage nuire à la fleur qu'ils ne vont l'assister dans sa reproduction. On note une sélectivité de pollinisation entre la fleur et l'insecte. Seuls certains coléoptères, diptères, lépidoptères et enfin hyménoptères présentent un réel intérêt. [1]

Les coléoptères

Ils n'apportent qu'une faible contribution à la pollinisation. En effet, leur corps, souvent glabre, ne permet que peu le transport du pollen, et leurs pièces buccales causent souvent davantage de dégâts que de bienfaits aux pièces florales de l'individu visité. D'autant plus que la plupart d'entre eux ont tendance à séjourner longtemps sur une même fleur, réduisant encore la probabilité d'une visite pollinisatrice. [1]

Les diptères (mouches, taons, moustiques...)

Contrairement aux coléoptères, ils sont légers et habiles au vol. Cette agilité et le grand nombre de familles, genres et espèces attirées par les fleurs en font d'importants insectes pollinisateurs. Les mouches présentent également un intérêt lorsque les conditions géographiques ou climatiques ne permettent pas la présence des pollinisateurs traditionnels. [1]

Les lépidoptères (papillons)

Ils possèdent une trompe qui va permettre l'aspiration d'aliments liquides et généralement sucrés. Celle-ci permet d'une façon générale aux papillons d'accéder au nectar de fleurs étroites en forme de tube, inaccessibles aux autres insectes. L'intérêt des papillons est qu'ils peuvent polliniser le jour bien sûr, de même que les autres pollinisateurs, mais également à l'obscurité. [1]

Les hyménoptères

On rencontre en France environ 8 000 espèces d'hyménoptères, dont les abeilles, les guêpes et les fourmis. Si les guêpes, dont la langue est courte, présentent un intérêt pollinisateur, principalement des fleurs à nectaires bien exposés, celui-ci est loin de valoir celui des abeilles. En effet, ces dernières sortent en été après la période de floraison maximale et davantage sur les fruits sucrés que sur les fleurs. Quant aux fourmis, qui vont aussi rechercher le nectar, leur façon d'aborder la fleur ne leur permet pas d'avoir un rôle pollinisateur. [1]

La grande famille des abeilles représente donc la majorité des hyménoptères pollinisateurs, et même des insectes pollinisateurs. Si l'abeille domestique est, en nombre, la plus largement représentée au sein de cette grande famille, et la plus connue du public, les abeilles sauvages représentent également une part très importante des pollinisateurs. Les bourdons, par exemple, présentent l'avantage de sortir butiner par temps très frais et sous la pluie, et d'avoir une vitesse de pollinisation (calculée en nombre de fleurs butinées par minute) plus importante que celle d'*Apis mellifera*. De même, les apoïdes sauvages femelles transportent davantage de pollen sur leur corps que l'abeille domestique, celui-ci étant en outre non humidifié donc se détachant plus facilement. [5]

3. L'importance écologique et économique de la pollinisation entomophile

La pollinisation est donc indispensable à la reproduction sexuée. Certaines espèces de plantes se contentent d'autopollinisation passive, ou de pollinisation anémophile. Les espèces les plus complexes en revanche se sont adaptées et ont évolué parallèlement aux insectes jusqu'à ce que se développe une mutualité entre les deux êtres.

« Lorsque l'abeille disparaîtra, l'homme n'aura plus que quatre années à vivre ». Si l'attribution de cette citation à Albert Einstein est plus que remise en cause, la phrase n'en reste pas moins pertinente et évocatrice des préoccupations que cause actuellement le déclin des insectes pollinisateurs, et principalement de ceux de la grande famille des abeilles. Dans

ce contexte, il est important de quantifier et de qualifier la réelle participation de ces insectes à la reproduction des plantes.

a. Importance quantitative

Une synthèse bibliographique publiée en octobre 2006, révèle que plus de 80% des espèces végétales dans le monde, et plus de 84% des espèces cultivées en France dépendent de la pollinisation par les insectes. 35% en poids de la nourriture mondiale sont obtenus à partir de cultures nécessitant des insectes pollinisateurs. Les 60% qui n'en nécessitent pas du tout correspondent principalement aux céréales (blé, maïs, riz). [35]

Presque deux ans plus tard, une étude franco-allemande a estimé à 153 milliards d'euros la part de la production alimentaire de 2005 réellement attribuable aux insectes, ce qui correspond à 9,5% de la valeur de la production agricole mondiale. Cette étude est réalisée sur les principales cultures à l'origine de la consommation humaine, à partir de ratios de dépendances à la pollinisation par les insectes. Les catégories de produits dont la production serait la plus touchée par une disparition de cette entomofaune sont les fruits, les légumes et les stimulants (café, cacao) dont la production pourrait alors ne plus suffire à couvrir les besoins actuels. Il s'en suivrait alors une augmentation des prix. Cette étude précise en conclusion qu'il n'y a pas lieu de voir là une prévision des effets d'une telle disparition, puisqu'elle ne tient pas compte des actions qui seraient mises en place pour contrer le déficit de pollinisation. [36]

b. Importance qualitative

Les deux publications précédemment citées permettent de comprendre l'importance quantitative et économique des pollinisateurs pour les productions agroalimentaires. Mais la pollinisation n'a pas qu'un impact sur la quantité de produits obtenus, elle en a également un sur leur qualité. [5]

Ainsi, certaines espèces autofertiles voient leur valeur commerciale augmenter en cas de pollinisation croisée. En effet, celle-ci permet la production de fruits plus gros, plus lourds car contenant davantage de pépins. Les pommes, qui sont déformées, rugueuses et risquent de tomber avant maturité si tous les ovules ne sont pas fécondés, se conservent également mieux et plus longtemps si elles ont subi une pollinisation croisée. [1]

2^{ème} Partie : La situation de l'apiculture en France

I. Organisation de la filière apicole en France et suivi sanitaire

La filière apicole est une branche de la filière agricole qui se caractérise par sa grande hétérogénéité. En effet si la majorité des apiculteurs sont dits amateurs ou de loisir, 45% des ruches sont détenus par des apiculteurs professionnels. Ces apiculteurs sont regroupés dans un nombre considérable de syndicats.

1. La filière apicole, une filière agricole : organisation du ministère de l'agriculture

La filière apicole étant une filière de l'agriculture, elle dépend du Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche. Ce ministère s'articule autour de services centraux, relayés au niveau régional par des services décentralisés.

a. Services centralisés

Le ministère de l'alimentation, de l'agriculture et de la pêche est organisé en quatre directions techniques resserrées autour d'un secrétariat général :

- La *Direction Générale de l'Alimentation* (DGAL) ;
- La *Direction Générale de l'Enseignement et de la Recherche* (DGER) ;
- La *Direction Générale des Politiques Agricole, Agroalimentaire et des Territoires* (DGPAAT) ;
- La *Direction des Pêches Maritimes et de l'Aquaculture* (DPMA). [37]

b. Services déconcentrés

- Les *Directions Régionales de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt* (DRAAF) sont créées par arrêté du 19 décembre 2009. Elles regroupent divers services, parmi lesquels le Service Régional de l'Alimentation (SRAL), chargé d'organiser et de mettre en œuvre les politiques du ministère dans le domaine de l'alimentation ;
- Les *Directions Départementales de l'Agriculture et de la Forêt* et les *Directions Départementales de l'Équipement et de l'Agriculture* (DDAF-DDEA) ;
- Les *Directions Départementales des Services Vétérinaires* (DDSV), chargées de la sécurité des aliments et de la santé et de la protection animale. Leurs actions tendent à protéger la santé publique, la santé animale et l'environnement. [37]

2. Une filière hétérogène

Les difficultés actuelles à gérer le cheptel apicole tiennent en partie à l'hétérogénéité de la filière : apiculteurs de loisirs côtoient apiculteurs professionnels, transhumants ou non.

a. Apiculture sédentaire et apiculture transhumante

Une ruche peut être destinée à rester en place. Elle peut au contraire être transportée par l'apiculteur d'un emplacement à un autre en fonction de la succession des floraisons : c'est la transhumance. Si les déplacements au sein du département dans lequel les ruches ont été déclarées se font sans contraintes, l'apiculteur qui souhaite déplacer ses ruches dans un département étranger doit se faire délivrer un « certificat sanitaire et de provenance ». L'établissement de ce certificat nécessite « la visite du rucher d'origine par le vétérinaire sanitaire ou par l'assistant sanitaire apicole, moins de quinze jours avant le départ. Le certificat sanitaire et de provenance [...], comprend les mentions suivantes :

- Nom ;
- Domicile du propriétaire ou du détenteur des ruches ;
- Département, commune et lieu de provenance ;
- Département, commune et lieu de destination ;
- Nombre de ruches, reines ou essaims ;
- Numéro d'immatriculation ;
- Attestation que le rucher de provenance est indemne ou présumé indemne de toute maladie apiaire réputée contagieuse ;
- Date de départ du rucher d'origine. »

Le demandeur conserve l'original du certificat alors qu'une copie est adressée à la DDSV du département de destination des ruches. La délivrance d'une « carte d'apiculteur pastoral » par la DDSV, sur demande de l'apiculteur, permet de s'affranchir des dispositions précédemment décrites. [38] L'importance de la transhumance est évaluée par le nombre de cartes délivrées : en 2007, il y en a eu 2 324, pour 218 231 ruches. [39]

b. Apiculture professionnelle et apiculture de loisir

L'apiculture se caractérise par une grande variabilité dans la taille des exploitations : de quelques ruches à plusieurs centaines. La Communauté Européenne considère qu'au-delà de 150 ruches, l'apiculteur est professionnel. Comme le révèle l'audit réalisé en 2004 par GEM-ONIFFLHOR, la grande majorité (78%) des apiculteurs sont amateurs. Le tableau 1 ci-dessous présente en détail les chiffres de cette étude.

Tableau 1: répartition des apiculteurs en fonction du nombre de ruches possédées [40]

| Nombre de ruches possédées | Nombre d'apiculteurs | % d'apiculteurs de cette tranche | Nombre de ruches | Pourcentage de ruches |
|----------------------------|----------------------|----------------------------------|------------------|-----------------------|
| 1-10 | 53 290 | 78,1 | 290 997 | 22 |
| 11-30 | 9 026 | 13,2 | 164 673 | 12,5 |
| 31-70 | 2 803 | 4,1 | 128 858 | 9,8 |
| 71-150 | 1 382 | 2 | 141 299 | 10,7 |
| 150-300 | 1 043 | 1,5 | 224 042 | 17 |
| 300 et plus | 719 | 1,1 | 371 306 | 28,1 |
| Total | 68 263 | 100 | 1 321 142 | 100 |

3. Le rôle des syndicats

Les apiculteurs sont regroupés, localement, en de multiples syndicats. Par exemple, la Moselle compte plus de vingt syndicats, réunis en FAM (Fédération des Apiculteurs de Moselle), elle-même membre de la CRAL (Confédération Régionale des Apiculteurs de Lorraine).

Au niveau national, on recense trois grands syndicats :

- *L'UNAF, Union Nationale de l'Apiculture Française*, créée en 1946. Elle réunit aujourd'hui plus de 100 syndicats départementaux et représente environ 22 000 apiculteurs. Elle se définit comme une « structure d'information, de formation, de promotion des produits de la ruche ». Elle est responsable depuis 1998 de l'édition et de la rédaction de la revue mensuelle « *Abeilles et Fleurs* » ; [41]
- *Le SNA, Syndicat National d'Apiculture*, regroupe quant à lui environ 119 antennes départementales soit 32 000 adhérents. Sa revue mensuelle, « *L'abeille de France* », est la plus ancienne revue apicole française ; [42]
- *Le SPMF, Syndicat des Producteurs de Miel de France*, qui ne regroupe que des apiculteurs professionnels, a été créé en 1931. [43]

L'UNAF et le SNA sont en outre membres d'*Apimondia*, la fédération internationale des associations apicoles. Apimondia vise à promouvoir le développement apicole scientifique, technique, écologique, social et économique dans tous les pays et à soutenir la coopération des associations apicoles, des scientifiques et de toutes les personnes impliquées dans l'apiculture de par le monde. Il vise également à mettre en pratique toute initiative pouvant contribuer à améliorer les pratiques apicoles et à rendre les produits de la ruche rentables. [44]

4. Le suivi sanitaire

Le suivi de l'état de santé d'une population d'animaux d'élevage est indispensable à une bonne connaissance de la situation d'un cheptel et à une bonne réactivité en cas de trouble. Pourtant, nous le verrons, le suivi de la filière apicole souffre d'imperfections qui rendent la gestion sanitaire difficile et peu efficace.

a. Les responsables du suivi sanitaire en France

Les Agents Sanitaires Apicoles

D'après l'arrêté ministériel du 11 août 1980, le suivi sanitaire des ruches peut être assuré par des « agents spécialisés placés sous l'autorité du directeur départemental des services vétérinaires ». Ces ASA, nommés par arrêté préfectoral et rémunérés à l'acte, peuvent être :

- *Des assistants sanitaires apicoles départementaux* : qui « seconde[nt] le directeur départemental des services vétérinaires dans la mise en place des actions de prévention, de surveillance sanitaire et de lutte contre les maladies des abeilles et dans la coordination des activités des agents spécialisés ». [38] Ce sont des agents des DDSV ou des spécialistes sanitaires apicoles qui ont suivi et validé une formation théorique de dix jours, le cours supérieur apicole, dispensé sur le site de Sophia Antipolis de l'Afssa ; [45], [46] ;
- *Des spécialistes apicoles* : ils « participent aux tâches techniques, aux missions de contrôle et de surveillance du cheptel apicole et suppléent aux désistements des vétérinaires sanitaires » [38]. Ils ont suivi un cours itinérant apicole de cinq jours, formation théorique et pratique [46] ;
- *Des aides spécialistes apicoles*, qui assistent les précédents. [38]

Les ASA sont chargés de visiter les différents ruchers du département dans diverses situations (dans le cadre du Programme Sanitaire d'Elevage, en cas de suspicion ou de suivi de maladie réputée contagieuse, visite aléatoire, visite pour établissement de carte pastorale...). [45], [47] Les cours sanitaires apicoles précédemment cités n'ont plus eu lieu depuis 2006 ; il se pose alors le problème du renouvellement des ASA en place. [47]

Les Groupements de Défense Sanitaire (GDA)

L'arrêté du 11 août 1980 mentionne également les groupements sanitaires apicoles. Ils peuvent apporter leur « concours moral, technique, matériel et financier à la direction départementale des services vétérinaires pour la réalisation et le développement des actions concourant à la lutte contre les maladies des abeilles. »

Ces groupements sont soit les Groupements de Défense Sanitaire Apicole ou GDSA, soit les Associations Sanitaires Apicoles Départementales ou ASAD. Ils sont presque tous fédérés par la Fédération Nationale des Organisations Sanitaires Apicoles Départementales, ou FNOSAD. Cette structure nationale a été créée en 1966 et est responsable de la publication d'une troisième revue apicole, *La santé de l'abeille*.

Les Directions Départementales des Services Vétérinaires (DDSV)

Les DDSV, via leurs agents, interviennent dans le suivi sanitaire apicole dans le cadre de leur mission de protection de la santé animale. [37] Certaines de leurs tâches seront détaillées ultérieurement.

b. La déclaration des ruches

L'article 12 de l'arrêté du 11 août 1980 relatif à la lutte contre les maladies réputées contagieuses des abeilles prévoit la déclaration annuelle systématique de chaque ruche auprès du préfet (et plus particulièrement auprès de la Direction Départementale des Services Vétérinaires) au mois de décembre de chaque année. En cas de modification en cours d'année (changement d'emplacement ou installation d'un nouveau rucher), l'apiculteur est tenu de le notifier sous un mois. [38] L'arrêté du 1^{er} janvier 2006 modifie l'arrêté du 11 août 1980 : la déclaration annuelle des ruches n'est plus obligatoire, seules les « modifications notables » sont à déclarer. [48] A noter que cet arrêté ne définit pas la notion de « modification notable » : les interprétations faites par chaque DDSV peuvent alors varier. [47] La déclaration annuelle « dès la première ruche » sera à nouveau obligatoire à compter du 1^{er} janvier 2010. [49]

Un rucher déclaré reçoit un numéro d'immatriculation de six chiffres (les deux premiers correspondent au numéro minéralogique du département d'origine). Le rucher est alors identifié grâce à ce numéro : soit l'apiculteur le reproduit sur 10% au moins des ruches de son exploitation, soit il le reporte sur un panneau à proximité du rucher. [38]

c. Le réseau de surveillance des troubles des abeilles

Un réseau de surveillance des troubles des abeilles a été mis en place en 2002, dans un premier temps sur cinq départements, puis a été élargi en 2003 à l'ensemble du territoire national. Il reposait à l'origine sur deux services, les DDSV et les SRPV (Service Régional de la Protection de Végétaux), et la procédure comportait trois niveaux :

- 1^{er} niveau : détection des troubles et notification aux services de contrôle

(DDSV/SRPV) ;

- 2^{ème} niveau : visite conjointe DDSV/DRAF/SRPV (avec réalisation de prélèvements) ;
- 3^{ème} niveau : traitement des résultats. [50]

La note de service de la DGAL du 14 avril 2009 sur le réseau de surveillance des troubles des abeilles actualise la procédure à suivre par les différents acteurs en cas de détection de troubles des abeilles, en tenant compte de la réforme subie par le ministère de l'agriculture. [50]

Cette mise à jour permet de distinguer les cas de mortalités aiguës potentiellement attribuables à une intoxication (gérées par la BNEVP, Brigade Nationale d'Enquêtes Vétérinaires et Phytosanitaires), des autres cas de mortalités (qui continuent à être gérés par les DDSV et éventuellement les Services Régionaux de l'ALimentation). [50] L'efficacité de ce système de signalement repose sur la nécessité d'une grande réactivité des services concernés. De plus, on constate dans ce suivi sanitaire qu'un maillon primordial de la santé animale fait défaut : le vétérinaire. [51]

II. L'apiculture française en 2008

La valeur classiquement utilisée pour évaluer la vitalité de la filière apicole est la production de miel. Le retour à la déclaration annuelle des ruches au 1^{er} janvier 2010 devrait permettre un meilleur suivi de la filière, tant quantitatif que sanitaire.

a. La production de miel

La production de miel est estimée, pour 2008, à 20 000 tonnes. Ce chiffre est à comparer aux 40 000 tonnes consommées la même année (consommation stable par rapport aux années précédentes). La moitié du miel consommé sur le territoire français en 2008 était donc du miel d'importation. En 1995, la production de miel français était d'environ 32 000 tonnes. [52]

Le règlement européen 1221/97 du 25 juin 1997 portant sur les règles générales d'application pour les actions visant à l'amélioration de la production et de la commercialisation du miel, prévoyait l'aide financière aux filières apicoles des états de la communauté suivant un programme national annuel. Pour ce faire, le conseil exigeait de chaque état membre la réalisation d'un état des lieux de la situation initiale de la filière. [53] Un audit confié à GEM par l'Oniflhor en 2004 en application de ce règlement conclut à une diminution globale de la production de miel depuis le précédent audit, réalisé en 1997. Le

rendement moyen par ruche aurait également diminué : 18 kg par ruche en 1994 contre 15 kg en 2004. [40] Par le règlement 797/2004 qui abroge le règlement 1221/97, les programmes nationaux ne sont plus à réaliser que tous les trois ans. [54]

b. Le nombre de ruches et d'apiculteurs

Les nombres de ruches et d'apiculteurs en France ont pu être relevés dans la littérature sur quelques-unes des quinze dernières années. Ceux-ci sont présentés dans le tableau 2.

Tableau 2: Evolution du nombre de ruches et d'apiculteurs entre 1994 et 2008

| | 1994 | 1995 | 2004 | 2007 | 2008 |
|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Nombre d'apiculteurs | 84 215 | 85 000 | 69 237 | 69 670 | 70 000 |
| Nombre de ruches | 1 351 991 | 135 000 | 1 346 575 | 1 305 712 | 125 000 |
| Source | GEM [40] | UNAF [52] | GEM [40] | DGAL [39] | UNAF [52] |

Les différentes valeurs montrent une nette diminution du nombre d'apiculteurs, diminution qui concerne principalement les apiculteurs dits « de loisir ». Les chiffres de l'UNAF montrent une perte de 7,5 % du cheptel entre 1995 et 2008. [52] Si l'audit GEM révèle un nombre relativement stable de ruches sur la décennie 1994-2004, ce nombre semble avoir considérablement chuté entre 2004 et 2008. Rappelons cependant que cette dernière année, la déclaration annuelle des ruches auprès des DDSV ne concerne plus que les modifications notables. De plus, la différence de provenance de ces données les rend difficilement interprétables sur l'ensemble la période 1994-2008.

III. Les traitements de la ruche

Comme toute espèce animale, l'abeille domestique peut bénéficier de traitements médicamenteux. La mise en œuvre de ces traitements suit la réglementation en vigueur concernant les prescriptions vétérinaires, et plus particulièrement les prescriptions destinées aux animaux producteurs de denrées alimentaires, ou animaux de rente.

1. Cadre général de prescription des médicaments vétérinaires

Les modalités de détentions, de prescription et de délivrance des médicaments vétérinaires

sont détaillées aux articles L5143-1 à L5143-10 du code de la santé publique. Un « vétérinaire doit prescrire en priorité un médicament vétérinaire autorisé pour l'animal de l'espèce considérée et pour l'indication thérapeutique visée ».

Si ce médicament n'existe pas, « le vétérinaire peut prescrire les médicaments suivants :

- Un médicament vétérinaire autorisé pour des animaux d'une autre espèce dans la même indication thérapeutique, ou pour des animaux de la même espèce dans une indication thérapeutique différente [...] ;
- Un médicament vétérinaire autorisé pour des animaux d'une autre espèce dans une indication thérapeutique différente [...] ;
- Et enfin, un médicament autorisé pour l'usage humain, ou un médicament vétérinaire autorisé dans un autre Etat membre [...] » [55]

2. Le cas des animaux producteurs de denrées alimentaires

« Lorsque le vétérinaire prescrit un médicament destiné à être administré à des animaux dont la chair ou les produits sont destinés à la consommation humaine », ce qui est le cas de l'abeille domestique dont le miel est commercialisé, « les substances à action pharmacologique qu'il contient doivent être au nombre de celles qui figurent dans l'une des annexes I, II et III du règlement (CE) No 2377/90 ». [55]

Le règlement européen 2377/90 du 26 juin 1990 vise à protéger la santé du consommateur en établissant au niveau communautaire des Limites Maximales de Résidus (LMR) autorisées dans les denrées alimentaires d'origine animale. L'annexe I de ce règlement est la « liste des substances pharmacologiquement actives pour lesquelles des limites maximales de résidus ont été fixées ». Les « substances non soumises à une limite maximale de résidu » sont regroupées dans l'annexe II tandis que celles recensées dans l'annexe III sont celles « pour lesquelles des limites maximales provisoires de résidus ont été fixées ». Enfin, les substances « pour lesquelles aucune limite maximale de résidu ne peut être fixée » constituent l'annexe IV ; ces substances ne peuvent donc en aucun cas être administrées à des espèces productrices de denrées alimentaires. [56]

Le vétérinaire doit, en outre, fixer systématiquement un temps d'attente qui correspond au temps à respecter entre l'administration du médicament et la consommation des produits de l'espèce traitée. [55]

3. Le cas particulier des groupements

Parmi les personnes autorisées à délivrer des médicaments vétérinaires figurent

naturellement les pharmaciens titulaires d'officine et les vétérinaires. Une troisième entité, les groupements, peuvent, s'ils sont titulaires d'un agrément spécifique, délivrer des traitements préventifs à leurs adhérents. [55]

a. Modalités d'obtention de l'agrément

Les « groupements reconnus de producteurs », les « groupements professionnels agricoles » et les « groupements de défense sanitaire » peuvent prétendre à un agrément, permettant de se procurer et de distribuer à leurs adhérents des médicaments prévus par un Programme Sanitaire d'Elevage (PSE). L'obtention de l'agrément passe par la rédaction d'un dossier comportant :

- Une lettre de demande d'agrément (précisant entre autre l'espèce pour laquelle un PSE est proposé) ;
- Des renseignements sur le groupement ;
- Le vétérinaire chargé du suivi du PSE ;
- Un pharmacien ou un vétérinaire chargé de la gestion des médicaments ;
- Un Programme Sanitaire d'Elevage (PSE) ;
- Des locaux de stockage des médicaments ;
- Une gestion des médicaments vétérinaires.

Le PSE, établi pour une espèce donnée, prévoit un calendrier des opérations à réaliser, celles-ci ne pouvant être que prophylactiques. Les médicaments entrant dans ce PSE doivent être inscrits sur une liste dite positive, prévue par l'arrêté ministériel du 5 septembre 2003 modifié. Le vétérinaire en charge du suivi est responsable de la rédaction des ordonnances correspondantes, et doit assurer au moins une visite annuelle dans chaque élevage concerné par le PSE. L'agrément est finalement accordé par le préfet pour une période renouvelable de cinq ans. [57]

b. Application à la filière apicole

L'administration reconnaît la difficulté qu'ont les GDS apicoles « à trouver un vétérinaire pour assurer le suivi et la visite régulière des ruchers », c'est pourquoi elle autorise, dans ce cas, les Agents Sanitaires Apicoles à assurer le suivi de ces élevages. La présence d'un vétérinaire reste indispensable à l'obtention de l'agrément du groupement : celui-ci garde la responsabilité de la rédaction des ordonnances, de la gestion des médicaments mais également de l'encadrement des ASA. Ainsi, l'ensemble des ruchers doit être visité sur la période quinquennale de validité de l'agrément, et le vétérinaire référent doit rencontrer une fois par

an les ASA.

Les quatre spécialités disposant d'une AMM « Abeille » (pour le traitement d'une parasitose : la varroase), à savoir APIGUARD® et THYMOVAR®, à base de thymol, APISTAN® à base de fluvalinate et APIVAR® à base d'amitraze sont susceptibles de figurer dans le PSE. On précisera tout de même que seul l'APIVAR® est soumis à prescription.

En pratique, le GDSA 57, dont le siège social se situe rue Jean-Baptiste de la Salle à Guénange a obtenu l'agrément le 21 décembre 2004 ; il est actuellement en cours de renouvellement. Le PSE est établi pour lutter contre la varroase et la spécialité concernée est l'APIVAR®. Il prévoit la visite de l'ensemble des ruchers adhérents par les spécialistes apicoles sur une période de trois ans. Chaque visite donne lieu à la rédaction par l'ASA d'une fiche sanitaire qui est ensuite transmise au GDSA, une copie étant adressée au vétérinaire conseil pour archivage. Il est également prévu que le vétérinaire conseil réalise au moins une visite avec chaque ASA, soit un minimum de dix visites sanitaires par an. Une réunion entre le vétérinaire conseil et les ASA doit être organisée chaque année. [58]

IV. Le déclin des abeilles domestiques : un phénomène multifactoriel

1. Les faits

« La disparition des abeilles » est un phénomène d'actualité très traité dans les médias. Pourtant, des chiffres permettant de mettre cette situation en évidence sont assez rares. L'étude de la filière miel (nombre de ruches et production annuelle en miel) nous a permis d'avoir une idée de l'ampleur du déclin qui touche actuellement *Apis mellifera* en France. Mais ces problèmes de disparition ne touchent pas uniquement les abeilles domestiques. Ainsi, une étude parue en 2006 dans le magazine *Science* mettait en évidence et en parallèle une disparition d'espèces de pollinisateurs et de plantes pollinisées par les insectes en Angleterre et aux Pays-Bas. [59]

2. Les termes du déclin

Les noms utilisés pour désigner les troubles qui touchent les abeilles sont souvent variables et pas toujours précis : on parle par exemple de disparition, dépérissement, déclin, affaiblissement, ou mortalité. Il est utile de préciser qu'un taux de mortalité des colonies considéré comme normal, en Europe tout du moins, se situe autour de 10%. Le taux de

mortalité des abeilles est bien sûr difficilement chiffrable. L’Afssa, dans son rapport « Mortalité, effondrement et affaiblissement des colonies d’abeilles » définit ces notions : le dépérissement est un terme général qui peut correspondre tant à un affaiblissement, qu’à une dépopulation ou à un effondrement. Le tableau 3, tiré de ce rapport, est un résumé de ces définitions : il caractérise les différents noms par rapport à trois critères : la vitesse de diminution du nombre d’abeilles, l’existence ou non de diminution de l’activité de la colonie et la diminution ou non de la production de miel. [47]

Tableau 3: Les termes du déclin : dépérissement, affaiblissement, dépopulation, effondrement [47]

| Qualificatif | Diminution du nombre d’abeilles | | Diminution d’activité de la colonie | | Diminution de la production de miel | |
|------------------------|---------------------------------|-------------|-------------------------------------|-----|--|-----|
| | Rapide | Progressive | Oui | Non | Oui | Non |
| Dépérissement | X | X | X | | X | X |
| Affaiblissement | (X) | X | X | | X | |
| Dépopulation | | X | X | | X | |
| Effondrement | X | | X | | En fonction de la période d’effondrement par rapport à la période de miellée | |

3. Les différentes causes possibles de ce déclin

Les problèmes qui touchent la ruche sont de nature variée. On peut les différencier en trois groupes : les intoxications chimiques, les attaques de pathogènes et parasites et enfin les causes environnementales.

a. Ennemis chimiques

L’abeille est susceptible d’être exposée à de nombreux contaminants chimiques au cours de sa vie. Les produits phytosanitaires sont bien sûr largement incriminés dans les problèmes de dépérissement des abeilles. Leur toxicité peut provenir soit de leur mode d’action propre, soit de leur mésusage. Pourtant, ces produits ne sont pas les seuls produits chimiques à entrer dans la ruche : en effet, des traitements hasardeux peuvent être administrés aux abeilles par l’apiculteur lui-même et risquer d’une part de mettre en péril les colonies, et d’autre part de contaminer le miel avec des résidus chimiques. Enfin, les ruches peuvent être victimes d’intoxications volontaires et malveillantes. [14]

b. Ennemis biologiques

Des agents biologiques ont de tout temps compromis la survie des populations d'abeilles ; certains sont naturellement plus dommageables que d'autres. Le problème actuel est l'émergence de nouveaux pathogènes du fait de la mondialisation des échanges. Parmi les maladies des abeilles, les Maladies Réputées Contagieuses (MRC) sont des maladies à déclaration obligatoire entraînant l'application de mesures de police sanitaire. [60] La varroase, quant à elle, est une Maladie à Déclaration Obligatoire (MDO) mais n'entraîne pas la mise en place de telles mesures. [61]

Dans la ruche, on peut donc rencontrer des ennemis très variés, du virus au petit mammifère. Le tableau 4, ci-dessous, répertorie les plus importants virus de l'abeille, en précisant, entre autre, le rôle du varroa dans la pathogénie de chacun. Le tableau 5, enfin, est un inventaire des pathogènes non viraux (bactéries, protozoaires, acariens, mycoses et insectes) de la ruche les plus dangereux. Ceux de ces agents qui sont les plus susceptibles d'être responsables de fortes mortalités, à savoir *Varroa*, *Nosema*, et *Paenibacillus*, de même que le frelon asiatique qui est un tout nouveau prédateur, seront étudiés dans la troisième partie de ce travail.

Tableau 4 : Caractéristiques des principaux virus de l'abeille domestique [62]

| | Abréviation | Symptômes | Individus cible | Virulence | Prévalence/Saisonnalité | Varroa |
|------------------------------------|--------------------|---|--|--|---|-----------------------|
| Acute Bee Paralysis Virus | ABPV | Ne vole pas, tremblements | Couvain, adultes (latent) | En laboratoire : très virulent, mort des larves en un jour. Dans la ruche : espérance de vie réduite ? | Prévalent plutôt l'été | Vecteur, Activateur |
| Deforming Wing Virus | DWV | Ailes déformées, taille de corps réduite, décoloration des adultes | Tous les stades de l'oeuf à l'adulte | Tue rarement les pupes, espérance de vie des adultes réduite ? | Le plus prévalent des virus chez A. mellifera, surtout en été et automne | Vecteur, hôte |
| Sac Brood Virus | SBV | Larve en forme de sac, comme remplie d'eau. Cellules de couvain non/en partie operculées | Larves, adultes (latent) | Espérance de vie des adultes réduite ? | Après DWV, le plus distribué mondialement printemps+été. | Vecteur |
| Kashmir Bee Virus | KBV | Pas clairement défini. Similarité avec ABPV (génétiquement) | Tous les stades. Latent dans le couvain et chez l'adulte | En laboratoire : très virulent (mort de l'adulte en trois jours) | Moins prévalent que DWV, BQCV, SBV. Saisonnalité non définie. | Activateur et vecteur |
| Black Queen Cell Virus | BQCV | Apparence jaune pâle de la larve de reine, puis noire. La cellule royale devient noire. | Larves et pupes. | Mort rapide des larves infectées. | Large répartition, commun en été. | Pas connu |
| Chronic Bee Paralysis Virus | CBPV | Tremblements du corps et des ailes, incapacité de voler, glabres, abeilles noires et brillantes | Principalement adultes | En laboratoire : virulent, mort d'une ouvrière en trois jours | A part l'Amérique du Sud, présent sur tous les continents, pas de saisonnalité connue | Négatif (non vecteur) |

Tableau 5: Autres ennemis biologiques de l'abeille domestique

| | Nom | Statut | Agent responsable | Populations cibles | Signes cliniques |
|---------------------|-------------------------|--------|--|--------------------|--|
| Bactéries | Loque américaine | MRC | <i>Paenibacillus</i> | couvain | <ul style="list-style-type: none"> - larves foncées et gluantes puis filantes - écailles adhérant aux alvéoles - couvain en mosaïque - cadres foncés, gras - odeur de colle de poisson |
| | Loque européenne | | <i>Melissococcus pluton</i> associé à d'autres germes | couvain | <ul style="list-style-type: none"> - couvain en mosaïque - odeur non caractéristique - larve aqueuse qui se transforme en lame caoutchouteuse |
| | Septicémie | | <i>Pseudomonas apisepctica</i> | adulte | <ul style="list-style-type: none"> - abeilles qui ne volent pas, se traînent, sont chassées par leurs consœurs - tombent en morceau quand on les touche - abdomen devient foncé les muscles gris blanchâtres |
| Protozoaires | Nosérose | MRC | <i>Nosema spp</i> | | <ul style="list-style-type: none"> - forte mortalité - abeilles faibles, ayant des difficultés à voler - abeilles paralysées - nombreux changements de reine - moindre développement du couvain - traces diarrhéiques sur les ruches - effondrement de colonies |

| | | | | | |
|-----------------|--|-----|---|------------------------|--|
| Acariens | Varroase | MDO | <i>Varroa destructor</i> | Couvain et adulte | <ul style="list-style-type: none"> - problèmes de développement du couvain - couvain diminué, en mosaïque - émergence d'abeilles mutilées - présence d'acariens sur les larves et les adultes |
| | Acariose des trachées | | <i>Acarapis woodi</i> | adultes | <ul style="list-style-type: none"> - troubles du vol |
| | Tropilaelose | MRC | <i>Tropilaelaps spp</i> | couvain | <ul style="list-style-type: none"> - abeilles qui se traînent - ailes et abdomen déformés - couvain en mosaïque - alvéoles perforées - couvain mort ou malformé - tâches foncées sur les pupes - alvéoles mal nettoyées - ruches abandonnées |
| Mycoses | Couvain plâtre | | <i>Ascophaera apis</i> | couvain | <ul style="list-style-type: none"> - larve duveteuse - larve morte devient dure (« momie » et blanche, puis noire) |
| Insectes | Fausse teigne | | <i>Galleria mellonella</i> (lépidoptère) | couvain | <ul style="list-style-type: none"> - galeries tapissées de soie dans les cadres - adultes qui ont du mal à éclore du fait des fils |
| | Petite teigne ou couvain chauve | | <i>Achroia grisella</i> (lépidoptère) | couvain | <ul style="list-style-type: none"> - opercules troués avec bords relevés (en cheminée) |
| | Le « pou » des abeilles | | <i>Braula coeca</i> (mouche aptère) | Adultes (reine +++) | <ul style="list-style-type: none"> - galeries superficielles sur les rayons <p>Et si la reine est fortement infestée :</p> <ul style="list-style-type: none"> - diminution du couvain - voire mort de la reine |

| | | | | | |
|--|--|-----|-----------------------|------------|---|
| | Le petit coléoptère de la ruche | MRC | <i>Aethina tumida</i> | colonie | <ul style="list-style-type: none"> - fermentation du miel - odeur d'orange pourrie - miel fermenté s'écoule des alvéoles, voire de la ruche - coléoptères qui fuient la lumière |
| | Le frelon asiatique | | <i>Vespa velutina</i> | butineuses | <ul style="list-style-type: none"> - présence de frelons devant la ruche - diminution de développement de la colonie |

c. Les facteurs environnementaux

Les facteurs environnementaux susceptibles de nuire à la colonie sont principalement la perte de biodiversité, avec l'extension des monocultures, l'emploi massif de désherbants et la disparition de friches, concourant à un risque de diminution qualitative et quantitative des apports nutritionnels de l'abeille. Le climat, qui peut influencer sur la qualité de l'hivernage et sur le butinage est également un facteur à prendre en compte. Les ondes sont quelquefois citées ; il n'existe pourtant à l'heure actuelle que peu d'études sur le sujet. Enfin, les pratiques liées à l'apiculture moderne peuvent, si elles sont mal conduites, entraîner un affaiblissement ou une mortalité importants.

d. Les tendances actuelles

Si les pesticides ont été et continuent à être montrés du doigt, les études actuelles semblent leur attribuer un rôle secondaire dans les phénomènes de disparition des abeilles. En revanche, les maladies et pathogènes, ainsi que les problèmes nutritionnels liés à l'évolution des pratiques apicoles sont tout particulièrement suspectés. Le varroa est souvent considéré comme l'« ennemi numéro UN ». [63], [47] La complexité du problème réside dans son caractère multifactoriel : l'exposition à des produits chimiques ou le parasitisme par varroa rendent l'abeille encore plus sensible, par exemple à une infection virale ou mycosique. [64]

4. Le Colony Collapse Disorder (CCD)

Les hivers 2006-2007 et 2007-2008 ont été particulièrement dommageables aux abeilles, enregistrant des taux de mortalité allant jusqu'à 90%. Aux Etats-Unis notamment, le phénomène a été baptisé Colony Collapse Disorder (Syndrome d'effondrement des colonies). Ce syndrome se caractérise par les symptômes suivants :

- ruche faiblement peuplée ;
- couvain important ;
- absence de cadavres d'abeilles à proximité de la ruche ;
- quantité suffisante de nourriture ;
- émergence de pathogènes et pillage des réserves par d'autres colonies différés. [65]

Les colonies effondrées ont été analysées, dans le but d'identifier le ou les responsables de cette hécatombe. Un virus, l'IAPV (Israeli Acute Paralysis Virus) a notamment été incriminé. [66] Une étude récente a étudié 61 marqueurs sur des colonies souffrant du CCD et sur des colonies témoin. Il n'est apparu aucune cause majeure de probabilité de CCD. Par

contre, les abeilles des colonies effondrées se sont avérées être porteuses d'une charge plus importante de pathogènes et être co-infectées par un plus grand nombre de pathogènes différents. [67]

3^{ème} Partie : Analyse des causes probables de ce déclin

Chapitre 1 Les produits phytopharmaceutiques

Les pesticides sont probablement les ennemis des abeilles les plus souvent incriminés en cas de troubles. Qui sont-ils? Nous développerons plus particulièrement le cas des insecticides et nous approfondirons le problème que ces produits posent pour les abeilles.

I. Généralités sur les produits phytopharmaceutiques

1. Définition

La directive européenne 91/414/CE du 15 juillet 1991 relative à la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques, définit ceux-ci comme toutes « substances actives et [...] préparations contenant une ou plusieurs substances actives [...] destinées à :

- protéger les végétaux ou les produits végétaux contre tous les organismes nuisibles ou à prévenir leur action [...];
- exercer une action sur les processus vitaux des végétaux, [...];
- assurer la conservation des produits végétaux [...];
- détruire les végétaux indésirables ;
- détruire les parties de végétaux, freiner ou prévenir une croissance indésirable des végétaux. » [68]

Avec les biocides, définis par la directive 98/8/CE, ils constituent les pesticides. C'est en général ce terme qui, par extension, est utilisé pour parler des produits phytopharmaceutiques. [69] De « *pestis* », le fléau, et « *-cadere* » qui signifie tuer, les pesticides regroupent principalement les herbicides, les fongicides, les acaricides, les insecticides, les nématicides et les régulateurs de croissance des végétaux. [70]

2. Historique

Depuis qu'il a appris à cultiver la terre, l'Homme a dû gérer les attaques de ses cultures par différents ravageurs : insectes, rongeurs et autres champignons. Si la lutte a de tout temps existé entre cultivateur et ennemis des cultures, elle s'est amplifiée au vingtième siècle, avec l'arrivée de produits de synthèse efficaces. [70]

La lutte contre les ennemis des cultures est déjà chimique au 19^{ème} siècle, avec l'utilisation répandue du soufre et de l'arsenic. 1930 voit le début des pesticides organiques de synthèse avec la découverte de l'activité fongicide des diméthylthiocarbamates. En 1939 à Bâle, Paul

Muller découvre les propriétés insecticides du DDT (dichlorodiphényltrichloroéthane). L'industrie chimique se développe particulièrement après la seconde guerre mondiale. Les pesticides organiques de synthèse sont alors utilisés massivement et sans précautions, conduisant à l'apparition de résistance des ravageurs vis-à-vis de certaines molécules et à la pollution des eaux. En 1962, la journaliste Rachel Carson attire, avec son livre *Printemps silencieux*, l'attention sur la toxicité de ces produits pour la santé humaine et animale. Aujourd'hui, le durcissement de la réglementation et la recherche de molécules plus sélectives visent à réduire les impacts environnementaux de ces traitements. [71]

3. Réglementation concernant la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques

a. L'homologation des substances

La directive européenne 91/414/CEE du 15 juillet 1991, vise à harmoniser les procédures d'homologation des produits phytopharmaceutiques au niveau européen. Elle est assortie de plusieurs annexes. La première constitue la liste positive sur laquelle toute substance phytopharmaceutique doit être inscrite pour pouvoir être utilisée au niveau européen. [72]

L'inscription d'une nouvelle substance à cette liste nécessite le dépôt par la firme agroalimentaire d'un dossier complet auprès d'un des Etats membres, appelé « rapporteur ». Celui-ci réalise dans un premier temps un contrôle de conformité. S'il est positif, un vote au niveau communautaire du Comité Permanent Phytosanitaire permet ou non la publication de conformité du dossier au journal officiel. Ceci peut prendre environ six mois. L'Etat rapporteur peut alors délivrer une autorisation provisoire de mise sur le marché. [73] Commence alors la procédure d'évaluation par le rapporteur : celui-ci se charge de rédiger une monographie, ou rapport d'évaluation, qui sera soumise à examen communautaire. Au terme de la procédure, c'est le Comité Permanent Phytosanitaire qui propose l'inscription ou non de la substance à l'annexe I. [72], [73]

La directive 91/414/CE prévoyait également la révision de toutes les molécules utilisées avant sa mise en application dans les différents Etats membres. Cette révision s'est terminée en mars 2009 et sur les 1 000 substances concernées :

- 26% ont été acceptées ;
- 67% ont été retirées du marché pour dossier incomplet, non déposé ou retiré par la firme ;
- 7% ont été retirées du marché en raison d'un risque pour l'homme ou

l'environnement. [74]

b. L'autorisation de mise sur le marché

Avant 1991 : la loi de 1943

En France, la commercialisation de produits phytopharmaceutiques est réglementée depuis la loi du 2 novembre 1943, qui prévoit l'attribution d'une Autorisation de Mise sur le Marché (AMM) pour les produits phytopharmaceutiques après évaluation surtout de leur efficacité, mais aussi de leur toxicité. [72]

Depuis la directive européenne 91/414/CEE

Une fois une molécule homologuée au niveau communautaire, une AMM doit être délivrée pour chaque spécialité comportant la substance autorisée pour en permettre sa commercialisation. Elle concerne un usage donné (culture à traiter, objectif de traitement [75]) et est en France délivrée par le Ministère de l'Agriculture, après examen d'un dossier toxicologique par la Commission d'étude et de toxicité des produits phytopharmaceutiques à usage agricole et d'un dossier d'efficacité par le Comité d'homologation (appartient à la DGAL). L'AMM est accordée pour une période de dix ans, renouvelable. [72]

L'avenir : « le paquet pesticides »

Le 13 janvier 2009, le parlement européen a adopté le « paquet pesticides » composé de deux textes proposés en juillet 2006 par la Commission Européenne. Le premier est un règlement portant sur la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques. Il vise à remplacer la directive précédemment citée et devrait conduire à l'interdiction d'une vingtaine de substances. Il prévoit également le regroupement des Etats membres en trois zones (Nord, Centre et Sud) au sein desquelles les accords pour les spécialités se feront par reconnaissance mutuelle. Ce règlement vise donc d'une part à l'exclusion des substances jugées trop toxiques (celles qui sont génotoxiques, carcinogènes, toxiques pour la reproduction...), et d'autre part à une simplification des procédures d'Autorisation de Mise sur le Marché et donc une augmentation du nombre de substances disponibles pour chaque Etat membre. Le second texte est une directive relative à une utilisation durable des pesticides. [76], [77], [78] L'application de ces textes est prévue pour 2011. [77]

4. Modalités d'emploi

La molécule active autorisée doit être ensuite incorporée dans une spécialité. Celle-ci est, pour un problème de stockage, généralement très concentrée : elle est destinée à être diluée

avant application en traitement des cultures. [79]

a. Formulation

L'effet d'un pesticide est bien sûr en grande partie lié à sa molécule active. Cependant, la formulation, c'est-à-dire l'incorporation de cette substance dans la spécialité commerciale disponible pour l'utilisateur, participe également à son efficacité. Par exemple, un solvant peut dissoudre en partie la surface de la cuticule de l'insecte cible et favoriser ainsi la pénétration de la substance active. [79] La formulation finale et les adjuvants utilisés influencent donc également la toxicité vis-à-vis des apoïdes. Ainsi, les poudrages sont plus dangereux pour eux que les pulvérisations, d'autant plus que les particules de poudre se piègent dans les poils de l'abeille. Certains produits, du fait de leur taille, sont ramenés à la ruche avec les grains de pollen, où leur effet retard multiplie dans le temps le nombre d'insectes susceptibles d'être intoxiqués. [80]

Dans l'index phytosanitaire ACTA 2008, le « lexique des types de formulations des spécialités phytopharmaceutiques » comporte quatre-vingt deux entrées. Parmi elles, nous citerons à titre d'exemple :

- *GR granulé* : granulé de dimension comprise entre 0,1 mm et 6 mm, prêt à l'emploi ;
- *SC suspension concentrée* : suspension de substance(s) active(s) dans un liquide, qui peut contenir d'autre(s) substance(s) active(s) dissoute(s), pour un emploi après dilution dans l'eau ;
- *SS poudre soluble pour traitement des semences* : poudre applicable sur les semences après dissolution dans l'eau. [81]

b. Modes d'application

La grande majorité des pesticides employés est appliquée par pulvérisation directe sur la plante ou le sol. Il en résulte des pertes dans le milieu extérieur et une nécessité de reproduire les traitements dans le temps. Cependant, le développement des traitements des semences avec des produits systémiques permet la protection de la plante pendant toute sa croissance.

Pulvérisation

Il existe différentes techniques d'application par pulvérisation, principalement :

- *en jet projeté*, technique la plus simple et la plus répandue sur grande culture, qui génère des gouttelettes de tailles et de vitesses différentes et pour lesquelles les

pertes dans l'air sont assez faibles ;

- *en jet porté*, qui permet, grâce à une assistance d'air, de mieux guider le spray vers les parties à traiter en cultures arboricoles ou viticoles ;
- *pneumatique*, qui produit des gouttelettes de faible diamètre, permettant ainsi de diminuer le volume nécessaire par hectare à traiter ; il est cependant responsable de problème de dérive des produits ;
- *centrifuge*, pour les traitements manuels et localisés ;
- *électrostatique*, utilisé principalement en maraîchage et qui permet d'accroître la part de produit déposé sur les feuilles. [82], [83]

Pour l'épandage aérien, avion, ULM ou hélicoptère peuvent être utilisés. [82], [83] Les appareils sont alors équipés de rampes à jet projeté. [82] La directive adoptée en janvier 2009 dans le cadre du « paquet pesticides » prévoit l'interdiction générale des pulvérisations aériennes, hors dérogation. [76] La pulvérisation est source de nombreuses pertes de produits, que ce soit dans l'air, dans les sols, ou sur les plantes adjacentes aux cultures traitées. Le dépôt superficiel des traitements et ses conséquences en matière de dégradation et d'élimination par les éléments, impose le renouvellement des traitements pour assurer une protection efficace et prolongée. [84]

Enrobage des semences

Cette technique permet la protection et l'amélioration des qualités germinatives de ces semences. [85] L'utilisation de produits systémiques en traitement des semences permet de répondre aux problèmes précédemment évoqués de pollutions liées aux pesticides. La molécule diffuse alors dans la plante entière et assure sa protection durant tout son développement. La dissémination incontrôlée des toxiques dans l'environnement en est donc limitée. [84]

Ces produits posent cependant différents problèmes, à commencer par celui de la toxicité des poussières déplacées lors des manipulations de ces semences. L'arrêté du 13 janvier 2009 vise à limiter ces risques de dissémination en limitant le taux de poussières autorisées à trois grammes par quintal de semences de maïs enrobées et en obligeant l'ajout d'un déflecteur de poussières aux véhicules destinés au semis de semences de maïs enrobées. [86] D'autre part, la forte rémanence de certains produits est responsable de la contamination des cultures ultérieures. Enfin, la présence des molécules actives et de leurs métabolites au niveau de la fleur, et donc du pollen et du nectar, engendre de sérieux risques pour les pollinisateurs, dont bien sûr, *Apis mellifera*. [84]

5. Le marché des pesticides en 2007

La France est le premier marché phytopharmaceutique européen, devant l'Allemagne et l'Italie, et le quatrième marché mondial, derrière les Etats-Unis, le Brésil et le Japon. En France, pour la campagne agricole 2006-2007, 88,7% du chiffre d'affaire étaient réalisés sur les herbicides et les fongicides principalement, et dans une moindre mesure les insecticides (8,52% des 1 841 millions d'euros du chiffre d'affaire total de la campagne). Le tonnage français total de substances actives vendues en 2007 était de 77 300 tonnes. A l'échelle mondiale, les trois marchés les plus importants, sont les herbicides, qui représentent 48,3% du marché total en 2007, les insecticides et les fongicides, qui pèsent chacun environ un quart du marché. [87]

6. Le problème des mélanges

Le recours à des mélanges de produits phytosanitaires est courant et permet entre autre une économie de temps puisqu'il évite des passages successifs. Ce procédé était totalement interdit jusqu'en 2002 où une procédure d'autorisation des mélanges s'est mise en place. Les mélanges autorisés étaient alors inscrits sur une liste positive, après examen d'une demande par le ministère de l'agriculture. [82] Par un arrêté du 13 mars 2006, le système passe d'un principe d'homologation positive à un principe d'autorisation par défaut : les mélanges doivent être réalisés selon des guides de bonnes pratiques, et certains mélanges cumulant des phrases de risques sont interdits, sauf dérogation. [88]

En ce qui concerne les abeilles, la synergie de toxicité de certains produits est décrite depuis plusieurs années. Ainsi, l'emploi simultané de deltaméthrine (insecticide) et du prochloraze (fongicide) conduit, 50 heures après le traitement, à une mortalité de 74%, alors qu'utilisés seuls, la mortalité est nulle. [89]

II. Les insecticides

Les abeilles étant des insectes, il est naturel que les insecticides présentent une toxicité à leur égard. Nous verrons les voies et mécanismes d'action de ces produits.

1. Voies d'action

La toxicité des insecticides, vis-à-vis des insectes cibles ou non cibles, peut se faire par trois voies. Dans la majorité des cas, c'est le contact avec le toxique, et principalement lors de

l'épandage, qui va être néfaste. L'ingestion constitue également une voie d'entrée importante : la consommation de produits floraux, miellat, ou eau contaminés expose à un risque d'intoxication. L'apport à la ruche de ces produits induit un risque pour le reste de la colonie qui s'en nourrit. Enfin, la contamination peut se faire par voie respiratoire. [80]

Les insecticides systémiques constituent un cas particulier : la substance agit sur tout le développement du végétal en circulant dans la sève. Cette propriété nécessite certaines caractéristiques physicochimiques concernant :

- La solubilité dans l'eau (doit être supérieure à 10 mg/L) ;
- Le coefficient de partage octanol/eau (rapport entre la solubilité dans les lipides et dans l'eau) : la plupart des produits systémiques a un coefficient de partage inférieur à 2 (log de KOW) ;
- Le pH, les constantes de dissociation acides ou basiques. [90]

Ainsi, les molécules sont absorbées par diffusion passive, suivant leur solubilité, et sont ensuite véhiculées par la sève brute (voie xylémique). Les xénobiotiques peuvent ensuite être remobilisés depuis les organes âgés vers la sève élaborée (voie phloémique). [91] Le traitement par des produits systémiques se fait soit par pulvérisation classique, soit en traitement du sol, soit en traitement des semences. Cette dernière méthode, bien que fortement médiatisée, est finalement minoritaire. En 2002, sur les vingt-cinq substances systémiques existant, seules deux étaient appliquées de cette manière. [90]

2. Mécanismes d'action

a. Action sur le système nerveux

Les premiers insecticides organiques de synthèse produits, ainsi qu'encore aujourd'hui la majorité des insecticides commercialisés, agissent sur les systèmes nerveux, centraux et périphériques. La toxicité peut porter sur la transmission de l'influx nerveux le long de l'axone, comme c'est le cas de certains organochlorés (DDT) et des pyréthriinoïdes. Elle peut également porter sur la transmission chimique au niveau de la synapse : ainsi les organophosphorés et les carbamates sont des inhibiteurs de l'acétylcholinestérase.

Les néonicotinoïdes quant à eux agissent en tant qu'agonistes des récepteurs nicotiques post-synaptiques à l'acétylcholine : la liaison du toxique provoque une dépolarisation par afflux d'ions sodium et d'ions calcium. Les acétylcholinestérases, qui hydrolysent l'acétylcholine après son action, n'ont pas d'effet sur la nicotine et les néonicotinoïdes : la stimulation persiste et entraîne hyperexcitation, convulsions, paralysie et enfin mort de

l'insecte. L'action de ces insecticides a lieu au niveau du système nerveux végétatif, du système nerveux central et des terminaisons des nerfs moteurs au niveau des muscles striés. [92] L'amitrazé, autre insecticide est un mimétique de l'octopamine, neurotransmetteur propre aux insectes, ayant une action stimulatrice.

Parmi les organochlorés, nous avons vu le mécanisme d'action de la famille du DDT. D'autres substances, comme le lindane, agissent par inhibition compétitive du site de liaison du GABA, neuromédiateur inhibiteur. Le fipronil, de la famille des phénylpyrazoles, est également un antagoniste des récepteurs du GABA et du glutamate, avec pour conséquence de son action, une hyperactivité nerveuse. [93], [94]

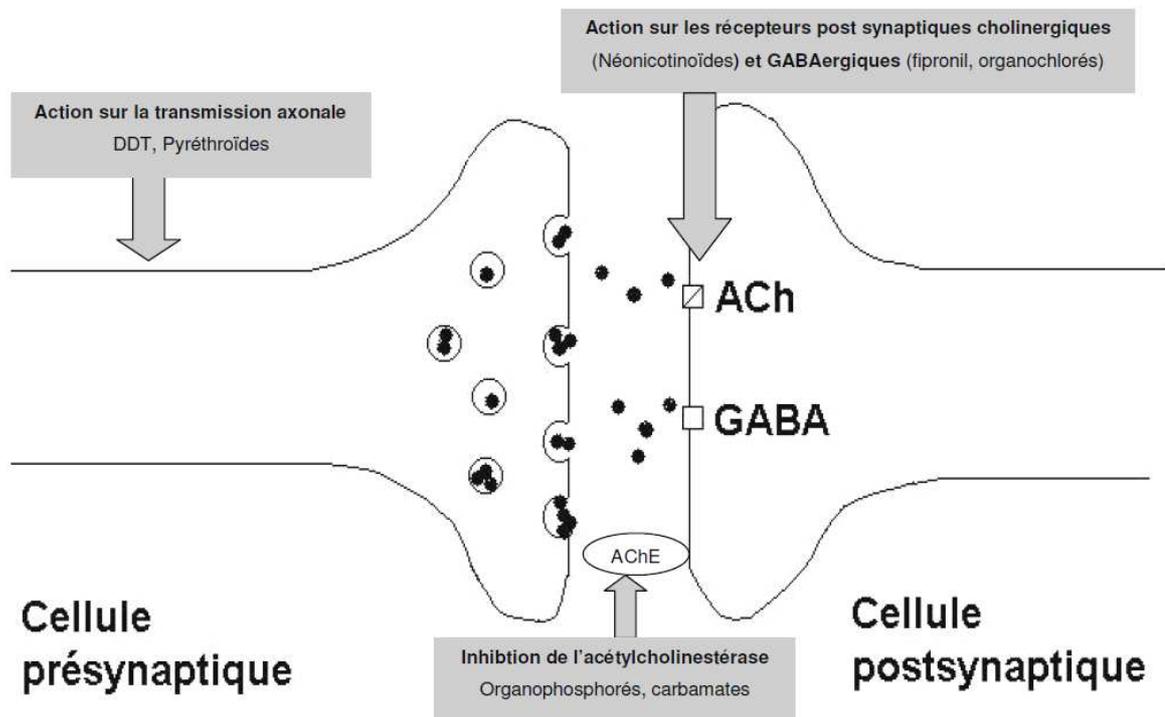


Figure 17: Mécanisme d'action des principaux insecticides neurotoxiques [95]

b. Action sur la chaîne respiratoire

Peu de molécules développées actuellement agissent au niveau de la respiration cellulaire, au contraire de celles qui étaient utilisées dans les années 50 et 60. On citera tout de même la roténone, extraite de plante et qui agit par inhibition du transport d'électrons dans la mitochondrie. [81] Son évaluation dans le cadre de la directive 91/414/CE s'est soldée par son retrait de l'annexe I. [96]

c. Action sur la croissance des insectes

Parmi les nouveaux insecticides, les plus prometteurs, car spécifiques, sont les régulateurs

de la croissance de l'insecte. Ils peuvent agir par des mécanismes d'action différents soit sur les mues larvaires (analogues et mimétiques de l'hormone juvénile comme le fenoxycarbe, inhibiteurs de mue et les déclencheurs de mue) soit sur la synthèse de la chitine, comme c'est le cas du lufenuron et des autres benzoylurées. [93]

III. Le problème « abeille »

1. Historique des intoxications

Dès lors qu'un produit phytopharmaceutique est utilisé pour traiter une culture se pose le problème des effets non intentionnels de ce produit sur les espèces non-cibles. Les abeilles s'y trouvent fatalement confrontées. Les premiers cas d'intoxications de ruches par des pesticides semblent avoir été relevés dans les années 1870 aux Etats-Unis et relèveraient de l'utilisation inconsidérée de substances inorganiques (arsenic principalement). [80], [97]

La généralisation des produits de synthèse après la seconde guerre mondiale a conduit naturellement à une généralisation de cas d'intoxications : les plaintes des apiculteurs à partir de 1946 ont abouti à l'interdiction de traiter en période de floraison. [71] Les organochlorés ont notamment causé la mort de milliers de colonies dans le Bassin parisien. Aux Etats-Unis, les années 60 ont été catastrophiques pour le cheptel apicole, entre autre à cause du carbaryl, carbamate carbocyclique. [80] Plus récemment, les affaires du Gaucho® et du Régent TS® ont marqué l'apiculture française.

2. Aspects réglementaires

Le risque abeille est considéré dans les procédures d'homologation et d'AMM. Tout d'abord, la directive 96/12/CE qui modifie les annexes II et III de la directive 91/414/CE décrit les études d'écotoxicité nécessaires à l'inscription à l'annexe I, et notamment celles concernant les abeilles. L'annexe II décrit les essais à réaliser sur la molécule active et l'annexe III ceux à réaliser sur une spécialité concernant la molécule à homologuer. [98]

En ce qui concerne les spécialités, l'arrêté du 28 novembre 2003 prévoit l'interdiction systématique de l'épandage de tout insecticide ou acaricide, quelle que soit la méthode utilisée, en période de floraison ou de production d'exsudat (miellat et nectar extrafloral). Font exception les produits dont l'AMM porte les mentions : « emploi autorisé durant la floraison et/ou au cours des périodes de production d'exsudats en dehors de la présence d'abeilles » [81]

3. Les facteurs de risque

Pour résumer ce qui a déjà été vu, les facteurs qui influencent la toxicité d'un produit pour les pollinisateurs dépendent à la fois du milieu et des caractéristiques propres du traitement phytopharmaceutique.

a. Facteurs du milieu

- La surface du champ ;
- La nature de la culture traitée (plus ou moins attractive vis-à-vis des abeilles) et son état végétatif (en floraison ou non) ;
- La distance du champ à la ruche et l'éventuelle présence d'autres cultures attractives à proximité ;
- Les facteurs météorologiques présents ou passés ;
- La force des colonies : les colonies les plus fortes sont les plus exposées, via un nombre plus important de butineuses. [80]

b. Caractéristiques du traitement

- La formulation ;
- Le mode d'épandage ;
- Le moment du traitement ;
- L'action résiduelle, c'est-à-dire la rémanence du produit sur le végétal ;
- La toxicité propre, estimée par la DL50 : une molécule dont la DL50 est inférieure à 2 µg par abeille est considérée comme hautement toxique alors que celle dont la DL50 est supérieure à 11 µg par abeille est peu ou pas toxique. Pour une valeur de DL50 intermédiaire, la molécule est modérément toxique ;
- La dose. [80]

4. Les études de toxicité

Il existe une grande variété de tests réalisables, suivant :

- le type de toxicité étudié : toxicité létale ou sublétale ;
- les conditions de réalisation : laboratoire (cagette), conditions semi-naturelles (cage ou tunnel) ou naturelles (plein champ) ;
- la durée d'exposition : aiguë (administration d'une dose unique), sub-chronique (administration répétée sur moins de 60 jours), chronique (plus de 60 jours). [97]

a. Les essais prévus par la directive 96/12/CE

L'étude d'écotoxicité vis-à-vis des abeilles nécessite dans un premier temps de déterminer la toxicité aiguë en laboratoire (DL50 par contact et par ingestion) de la molécule active. L'annexe II prévoit également un essai de l'alimentation du couvain si la molécule est susceptible d'agir sur la croissance de l'insecte. La directive 96/12/CE définit en outre les directives à suivre pour la réalisation de ces essais. A part pour l'essai d'alimentation du couvain, il s'agit de la directive 170 de l'OEPP (Organisation Européenne de Protection des Plantes).

L'annexe III prévoit ensuite le calcul du quotient de risque qui sera défini dans le prochain paragraphe. En fonction de ce quotient, d'autres études peuvent être exigées :

- *études de laboratoire plus poussées* : la détermination des résidus doit refléter les quantités de produits auxquelles l'abeille risque d'être exposée ;
- *études en conditions semi-naturelles* : en cage (une petite colonie est placée sur une culture traitée, sur une surface d'au moins 40 m²), ou en tunnel (pour déterminer l'impact du produit sur le butinage) ;
- *études en conditions naturelles*, en plein champ, lorsque les essais en cage ont révélé un risque (une colonie de 10 000 à 15 000 individus est placée à butiner sur une parcelle traitée d'au moins 1 500 m²).

Lors des études réalisées en laboratoire, des abeilles sont maintenues en cagette, à l'obscurité et sont soit nourries avec un sirop de sucre additionné du toxique à tester, à une concentration définie, soit exposées par contact à une solution du même toxique de concentration connue. [98], [99]

b. Les études de toxicité sublétales

Ces études d'écotoxicité décrites portent principalement sur une évaluation de la mortalité induite par l'exposition à une substance. Pourtant, l'exposition à des doses inférieures à la dose létale (c'est-à-dire à des doses sublétales) peut avoir des conséquences à plus ou moins long terme sur l'abeille et sur la colonie. [100]

La toxicité sublétales peut porter soit sur la physiologie de l'abeille (longévité, développement, immunité), soit sur son comportement (mobilité, apprentissage, alimentation, orientation). [101] Les études peuvent en outre porter sur une intoxication aiguë ou sur une intoxication chronique. [102]

Parmi les études développées pour étudier les modifications comportementales, on citera :

Extension conditionnée du proboscis

L'apprentissage olfactif des butineuses est étudié grâce à un test sensible et facile à mettre en œuvre, le test d'extension conditionnée du proboscis (langue de l'abeille). Le test se déroule en deux phases. Au cours de la première, la phase d'apprentissage, un stimulus conditionné – une odeur florale par exemple – est présenté simultanément à un stimulus inconditionné (contact d'une solution sucrée, par exemple avec les antennes de l'abeille) et à une récompense sucrée. Au cours de la phase d'« extinction », seul le stimulus conditionné est présenté : la réponse de l'abeille (c'est-à-dire l'extension de sa langue) en l'absence de récompense diminue. Le toxique à tester peut alors être présenté à différents moments en fonction de la réponse voulue (par exemple avant l'essai pour étudier l'impact de la contamination à l'intérieur de la ruche ou avec la récompense pour mimer l'intoxication sur fleur). [100] L'extension du proboscis peut aussi être utilisée pour tester la réponse à l'eau ou au sucre. [103]

Etude des danses

Les danses sont indispensables au butinage, c'est pourquoi une altération de ce mode de communication peut être néfaste à l'ensemble de la colonie. L'observation de ces danses (visionnage de vidéo), nécessite cependant beaucoup de temps. [100]

Etude de la mobilité

L'activité locomotrice peut être étudiée en plaçant une abeille traitée dans une boîte en plexiglas de 30x30x4 cm. La face du fond est quadrillée en carrés de 5 cm de côté. L'observation dure trois minutes et toutes les trois secondes, la position de l'abeille par rapport au quadrillage est relevée : si la position est la même à deux relevés successifs, on considère que l'abeille est restée immobile trois secondes. Sont alors étudiés :

- La surface totale parcourue ;
- Le temps passé sur chacun des six niveaux que compte la boîte ;
- Le niveau maximal atteint ; [103]
- Les mouvements anormaux, tremblements... [103], [94]

Les compteurs d'abeilles

Des compteurs d'abeilles ont été développés, permettant de comparer le nombre d'abeilles sortant et rentrant à la ruche. Ces appareils ne sont cependant pas très fiables donc peu utilisables lors d'études en champ. [100]

5. Evaluation du risque

a. Le quotient de risque

Le risque d'une spécialité est classiquement estimé à partir de la détermination de Quotients de Risque (QR) par voie orale et par voie topique. C'est la « dose maximale d'application pour laquelle l'autorisation est demandée, exprimée en gramme de substance active par hectare » divisée par la DL50. Lorsque le quotient de risque calculé est supérieur à la valeur seuil de 50, on estime que la substance présente un danger et des essais supplémentaires sont exigés. [97], [98], [104], [105]

b. Le rapport PEC/PNEC

Dans le cas des molécules systémiques, pour lesquelles les insectes utiles sont exposés durant toute la floraison, l'estimation du risque par cette méthode n'est plus appropriée. Les experts du CST ont donc appliqué une méthode d'estimation qui est celle utilisée pour calculer le risque d'une substance sur un écosystème. Cette méthode tient compte des caractéristiques des produits et du comportement des abeilles domestiques. La technique consiste à comparer la concentration attendue dans l'environnement (PEC, Predicted Environmental Concentration), à la concentration présumée sans effet (PNEC, Predicted No Effect Concentration).

La PNEC est calculée par division de la valeur de toxicité par un facteur d'incertitude où :

- la *valeur de toxicité* peut être la DL50, la NOEC (plus grande concentration pour laquelle aucun effet n'est observé), la LOEC (plus petite concentration pour laquelle un effet est observé) et donc correspondre à une toxicité aiguë, chronique ou sublétales ;
- le *facteur d'incertitude* est déterminé au cas par cas en fonction de la nature de la valeur utilisée et des conditions dans lesquelles elle a été déterminée. Par exemple, il est plus faible lorsque la valeur de toxicité est une valeur de toxicité chronique ou lorsqu'elle a été obtenue en condition naturelle. [97]

La PEC est la quantité de substance toxique susceptible d'atteindre l'insecte. Elle dépend de la concentration mise en évidence dans les produits floraux (nectar et pollen) et de la quantité de ces produits à laquelle l'abeille est exposée. Elle est calculée suivant différents scénarii : « nutrition des larves », « consommation de pollen par les nourrices », « les butineuses de pollen »... Le risque est finalement évalué par le rapport PEC/PNEC : lorsqu'il est supérieur à un, on peut conclure à l'existence d'un risque préoccupant pour l'abeille. Dans

le cas contraire, le risque est non préoccupant. [102]

6. Les scandales apicoles

En France, les produits pour enrobage des semences Gaucho® et Régent TS® ont subi de nombreuses accusations de la part des apiculteurs qui ont vu leurs abeilles disparaître et leur production de miel diminuer. Les scandales médiatiques qui en ont découlé ont conduit à de nombreuses études de toxicité et à la remise en question des procédures d'homologation des produits phytopharmaceutiques. Les deux produits sont interdits depuis 2004 sur tournesol et sur maïs, mais les inquiétudes qu'ils ont générées planent encore sur l'apiculture française. Aujourd'hui, un nouvel insecticide systémique, le Cruiser®, fait couler beaucoup d'encre et est source de nombreuses incompréhensions entre apiculteurs, firmes agro-alimentaires, scientifiques et dirigeants.

a. Le Gaucho® : imidaclopride

Généralités

L'imidaclopride est un insecticide neurotoxique de la famille des néonicotinoïdes (nitroguanine) détenu par la firme Bayer. [106] Il permet de lutter contre les insectes ravageurs du sol et contre les insectes piqueurs suceurs comme par exemple les pucerons. Son métabolisme conduit à plusieurs produits : les dérivés oléfine et monohydroxy sont ceux qui présentent la toxicité la plus sévère pour les abeilles. [102], [107]

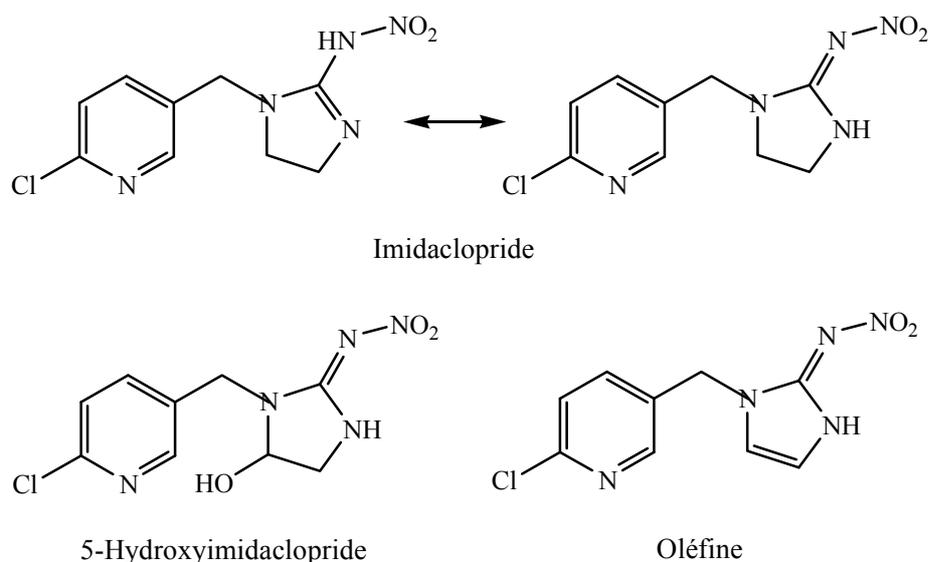


Figure 18: Formules développées de l'imidaclopride et de ses principaux métabolites

Historique

L'imidaclopride a été développé en 1984 et commercialisé en 1991 par la firme allemande

Bayer. [93] Le Gaucho®, spécialité contenant de l'imidaclopride et destinée au traitement des semences, est homologué en 1993. Dès 1994, année de commercialisation du Gaucho® sur tournesol, des apiculteurs du centre de la France commencent à observer une diminution du butinage sur les cultures traitées : les premières accusations publiques sont portées en 1997 et donnent lieu à la mise en place d'un programme de recherche.

En 1999, le ministère de l'agriculture suspend le Gaucho® sur tournesol pour deux ans, dans l'attente de résultats représentatifs. [108] Parallèlement, il décide de la création d'un Comité Scientifique et Technique (CST) « chargé de piloter une étude multifactorielle des troubles des abeilles ». [102] Les autres utilisations de l'imidaclopride restent autorisées. Cette suspension est renouvelée pour deux ans en février 2001. [97] En septembre 2003, le CST diffuse « Imidaclopride utilisé en enrobage des semences (Gaucho®) et trouble des abeilles. Rapport final » qui conclut que l'exposition des abeilles aux cultures de maïs et de tournesol traités Gaucho® constitue un risque préoccupant. [97]

Le 25 mars 2004, le Comité d'étude de la toxicité des produits antiparasitaires à usage agricole se réunit et conclut, sur le dossier Gaucho®, à un risque important pour les abeilles sur tournesol traité Gaucho, mais également à un risque, moindre, sur maïs traité Gaucho®. [109] Le 25 mai suivant, le ministre étend la suspension d'AMM au traitement des semences de maïs. Le 15 décembre 2008, l'imidaclopride est inscrit à l'annexe I de la directive européenne 91/414/CE. [110]

Toxicité

Les études de toxicité aiguë réalisées par la firme allemande en vue de l'homologation du produit ont conclu à la toxicité de la molécule pour les abeilles. [108]

Effets observés sur les cultures

Les phénomènes observés sur les premières cultures de tournesol traité Gaucho® se situaient d'une part au niveau de la production, et d'autre part au niveau du comportement individuel des butineuses. Les apiculteurs concernés ont ainsi noté une récolte de miel nettement inférieure à la normale. Les butineuses quant à elles présentent, dans les cas les plus graves, des signes d'une intoxication : elles effectuent un butinage désordonné, tremblent, se réfugient sur les pétales ou tombent. Elles sont alors dans l'incapacité de retourner à la ruche. [91]

Etudes de toxicité

Toxicité létale

Toxicité aiguë

Les valeurs de toxicité aiguë sont bien sûr très variables d'une étude à une autre. Celles présentées dans l'étude bibliographique réalisée par le CST sont résumées dans le tableau 6.

Tableau 6 : Valeurs de toxicité aiguë à 48h de l'imidaclopride et de ses principaux métabolites [102]

| | Gaicho | | |
|-----------------------------------|-----------------------|-------------------------------|----------------|
| | Imidaclopride | 5-Hydroxyimidaclopride | Oléfine |
| DL50_{48h} contact | 6,7 à 243 ng/abeille | | |
| DL50_{48h} orale | 3,7 à 70,3 ng/abeille | 150 à 250 ng/abeille | 30 ng/abeille |

Les valeurs relevées dans Agritox, la base de donnée de l'Afssa des substances actives phytopharmaceutiques, et provenant de Bayer sont les suivantes :

DL50 par ingestion : 0,0037 µg/abeille (soit 3,7 ng par abeille)

DL50 contact : 0,081 µg/abeille (soit 81 ng par abeille). [106]

Toxicité chronique

En 2003, dans son rapport final sur l'imidaclopride, le CST constate que les études réalisées ne permettent pas de conclure quant à la toxicité chronique de l'imidaclopride et de ses métabolites, d'autant plus qu'il ne dispose que des études d'exposition orale. En effet, il relève une grande disparité dans les protocoles mis en place, du fait de l'absence de protocole standardisé, et par conséquent une grande disparité des résultats obtenus. On citera tout de même les résultats d'une équipe de l'INRA d'Avignon : imidaclopride et métabolites tuent 50 pour cent des abeilles nourries par un sirop contaminé à raison de 12 pg par abeille sur 10 jours. [102]

Toxicité à doses sublétales

Le rapport du Comité Scientifique et Technique fait l'inventaire des différents comportements étudiés dans la bibliographie dont il dispose : « la coordination motrice, la mobilité, l'apprentissage, la mémoire, l'orientation, le butinage, les danses, la ponte, la récolte du pollen et du nectar, et la production de miel et de cire ». Les études validées, qu'elles qu'en soient les conditions (laboratoire, cages, tunnel ou champ), la durée d'exposition (aiguë ou

chronique), la voie d'exposition (orale ou topique) ou le toxique utilisé (imidaclopride ou métabolite), montrent des effets sublétaux de l'imidaclopride pour des doses (LOEC) dans une gamme allant de 1 à 10 ng par abeille. [102]

Une étude en laboratoire menée par une équipe italienne a montré que l'administration en laboratoire de solutions à 100 et 500 ppb d'imidaclopride conduisait après un délai de 30 à 60 minutes à une diminution de la mobilité et à une altération de la communication. Cet effet négatif est temporaire puisqu'il disparaît après quelques heures. [111]

Cette même équipe, afin de tirer les conséquences en champ de ces résultats de laboratoire, a nourri des abeilles avec des sirops de sucre à 100, 500 et 1 000 ppb. Les abeilles ont été gardées captives une heure après nourrissage puis relâchées. Il a été mis en évidence :

- un effet répulsif des deux solutions les plus concentrées ;
- un retard à l'envol des abeilles traitées, proportionnel à la concentration en imidaclopride de la solution de nourrissage ;
- la disparition totale, après avoir été relâchées, des abeilles nourries avec les sirops à 500 et 1 000 ppb ;
- le retard de retour à la ruche et de fréquentation du nourrisseur, par rapport au groupe témoin, des abeilles ayant ingéré le sirop à 100 ppb. [112]

Yang *et al* pour leur part notent l'apparition de troubles de butinage dès 1,82 à 4,33 ng par abeille. [113] Ainsi, l'exposition à des doses sublétales, si elle ne conduit pas directement à la mort, provoque des effets néfastes pour l'abeille, qui éventuellement va mourir loin de la ruche, mais aussi pour la colonie si la communication est perturbée.

Modalités d'exposition

Les résultats des études de toxicité révèlent des doses toxiques très faibles, d'où l'absolue nécessité de doser les toxiques dans le nectar et le pollen par des méthodes sensibles. Un des critères de validité des études adoptés par le CST pour leur travail bibliographique, est une limite de détection (LD) inférieure à 0,5 ppb et une limite de quantification (LQ) égale à 1 ppb (parties par milliards). [102]

Une équipe de chercheurs du CNRS a mis au point une méthode couplant la chromatographie en phase liquide (CLHP) pour la séparation, et la spectrométrie de masse en tandem pour la détection. Cette méthode permet de détecter un toxique à partir de 0,1 µg/kg et de le quantifier lorsque sa concentration est supérieure à 1 µg/kg.

L'application de cette méthode à la mesure de contamination de divers substrats a montré que le toxique et ses métabolites sont bien présents dans les fleurons au moment du butinage :

leur concentration dans la plante diminue jusqu'à l'apparition du bouton floral. A partir de cette étape, la concentration augmente à nouveau jusqu'à atteindre une moyenne de 8 µg/kg pour les capitules de tournesol et une moyenne de 7,4 µg/kg dans les fleurs de maïs traité Gaucho®.

L'analyse des pollens a révélé des concentrations en imidaclopride de l'ordre de 3 µg/kg en moyenne, le dosage étant réalisé sur les pollens de maïs et de tournesol, prélevés sur les fleurs ou provenant de trappes à pollen. On note que les pollens de trappes sont logiquement moins concentrés en imidaclopride que les pollens de fleurs étant donné qu'ils correspondent à un mélange de pollens de différentes provenances. [84]

Evaluation du risque

Le risque encouru par une abeille dépend de la quantité de ces produits à laquelle elle est exposée. Il s'estime donc à partir de scénarii d'exposition par classe d'individus (butineuses, cirières, couvain...). [102], [105] Au terme de son étude sur la toxicité de l'imidaclopride, le CST conclut que « les rapports PEC/PNEC obtenus sont préoccupants » et que « l'enrobage de semences de tournesol Gaucho® conduit à un risque significatif pour les abeilles » et que, « en ce qui concerne l'enrobage Gaucho® de semences de maïs, le rapport PEC/PNEC s'avère [...] préoccupant ». [102]

b. Le Régent TS ® : fipronil

Généralités

Le fipronil est un insecticide de la famille des phénylpyrazoles. Il est neurotoxique et agit en se fixant sur les récepteurs GABA.

La molécule étant interdite en France, elle ne figure plus dans la base de données Agritox. Les données suivantes sont donc celles relevées dans le rapport du CST : « Fipronil utilisé en enrobage des semences (Régent TS®) et troubles des abeilles ».

Le métabolisme du fipronil conduit à quatre molécules. Le composé désulfinyl est formé principalement par photolyse. Les composés sulfone, sulfure et sulfoxyde-amide sont produits dans les sols et dans le maïs et le tournesol. [114]

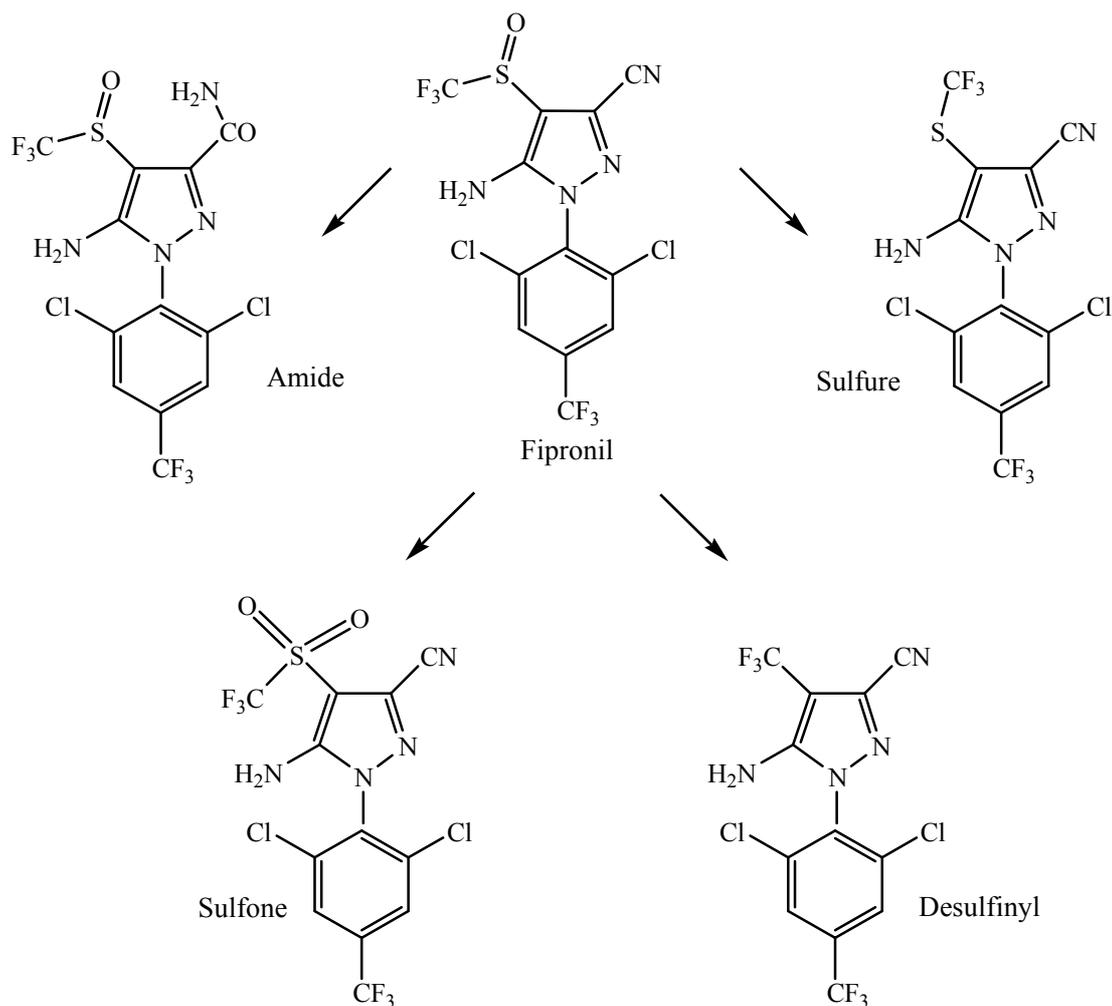


Figure 19: Formules développées du fipronil et de ses métabolites

Historique

Le 24 février 2004, le ministre de l'agriculture, M. Hervé Gaymard, annonce sa décision de suspendre l'emploi du fipronil en agriculture jusqu'à ce que la communauté européenne ait décidé ou non de l'inscription de la molécule à l'annexe I. [115]

Le 16 août 2007, malgré un avis défavorable rendu par la France, pays rapporteur, le fipronil est inscrit à l'annexe I de la directive européenne 91/414/CE. [116]

Toxicité

Toxicité létale

Toxicité aiguë

Les valeurs de DL50 retenues par le Comité Scientifique et Technique sont exprimées dans le tableau 7.

Tableau 7 : Valeurs de toxicité aiguë à 48h du fipronil et de son principal métabolite [114]

| | Régent | |
|---------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Fipronil | Dérivé sulfone |
| DL50_{48h} contact | 5,93 ng/abeille | |
| DL50_{48h} orale | 4,17 ou 10 ng/abeille | 12,4 ng/abeille |

Le CST, dans son rapport, fait également état de deux études mettant en évidence la toxicité des poussières émises lors du semis de tournesol traité Régent TS ®. La mise à disposition, à des abeilles en cage, de feuilles prélevées en bordure d'un champ semé deux heures auparavant peut entraîner des effets létaux. [114]

Toxicité chronique

Les études de toxicité chronique du fipronil et de ses métabolites analysées par le CST sont trop peu nombreuses et trop partielles pour lui permettre de chiffrer cette toxicité. Une étude de laboratoire a tout de même permis de calculer une NOEC de 0,01 ppb (soit environ 8 pg de toxique ingéré par abeille sur dix jours). Les études réalisées sous tunnel ne mettent pas en évidence de différence de mortalité entre les abeilles exposées à des cultures traitées et les abeilles témoin.

Une équipe de l'université Paul Sabatier de Toulouse a étudié les effets de divers insecticides en intoxication aiguë et chronique, contact et oral. L'exposition à la dose de 0,1 ng par abeille (soit environ DL50/50) a conduit à la mortalité de tous les individus au bout d'une semaine. [94], [103]

Toxicité à doses sublétales

Cette équipe a alors exposé les abeilles à des doses de fipronil de 0,01 ng par abeille (soit environ DL50/500). En exposition chronique, les chercheurs ont mis en évidence une augmentation de l'agressivité des abeilles entre elles, une augmentation de la consommation d'eau (uniquement dans le cas d'une exposition contact) et une diminution des capacités de discrimination olfactive. [94], [103]. Par ailleurs, l'exposition aiguë de ces abeilles à des solutions contaminées (par 1 ng, 0,5 ng et 0,01 ng par abeille, par voie orale ou topique) a entraîné une perturbation de la perception des solutions sucrées et des processus d'apprentissage et de mémorisation de conditionnement olfactif. [94], [103]

Le butinage de cultures traitées Régent TS® sous tunnel semble provoquer des signes cliniques d'intoxication (abeilles tombantes, mouvements convulsifs, nettoyage excessif...)

plutôt que des modifications comportementales. En plein champ, aucune des études proposées au CST n'a été validée en raison de la possibilité pour les abeilles de butiner sur des cultures voisines non traitées ou traitées Gaucho®. [114]

Modalités d'exposition

De même que pour l'imidaclopride, des scientifiques ont cherché à estimer la quantité de fiprols (fipronil et métabolites) présents dans les différentes matrices accessibles aux abeilles. Les valeurs moyennes de résidus de fipronil retenues par le CST sont :

- Pour le tournesol traité Régent TS® : 0,06 ppb dans le pollen de fleurs et 0,07 à 0,75 ppb dans les pollens de trappes;
- Pour le maïs traité Régent TS® : 0,5 ppb pour les pollens de fleurs et 0,31 ppb dans les pollens de trappes.

La seule étude validée par le CST révèle des résidus de fipronil dans le nectar inférieur à la limite de détection. [114]

Bonmatin *et al* ont réalisé des dosages de résidus de fiprols (fipronil et trois de ses métabolites), sur des échantillons de pollen prélevés entre 1998 et 2005. L'analyse s'effectue par CG/SM, avec une LD de 0,07 ng/g et une LQ de 0,2 ng/g. Les résultats moyens obtenus sont alors de 0,42 ng de résidus fiprols par gramme de pollen de fleurs issues de semences traitées Régent TS® et de 0,29 ng de fiprols par gramme de pollen de trappes. On précisera que seulement 46 % des échantillons de pollens prélevés sur fleurs issues de semences traitées ont révélé la présence de fiprols à une concentration supérieure à la limite de détection. [91]

Evaluation du risque

L'évaluation des risques (en utilisant les mêmes scénarii que pour le rapport sur le Gaucho®) a permis aux membres du CST de conclure que « les rapports PEC/PNEC obtenus peuvent paraître préoccupants et ne permettent pas d'exclure des risques inacceptables. » [114]

c. Et aujourd'hui, le Cruiser® : thiaméthoxam

Généralités

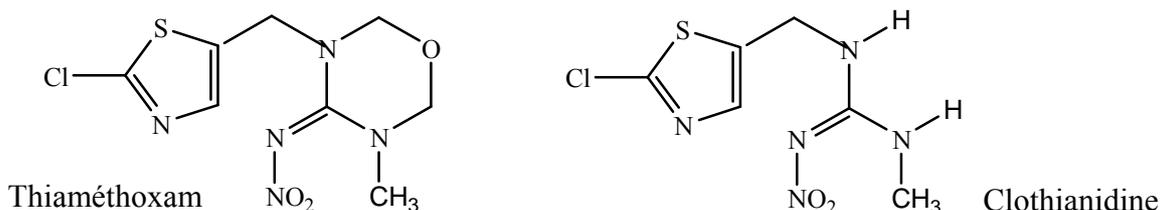


Figure 20: Formules développées du thiaméthoxam et de la clothianidine

Le thiaméthoxam est un insecticide de la famille des néonicotinoïdes, de même que l'imidaclopride. Les études ont montré que la molécule est très peu active sur les Récepteurs nicotiniques à l'Acétyl-Choline (nAChR). En fait il a été démontré que le thiaméthoxam est actif via un de ses métabolites, la clothianidine. Le métabolisme se produit dans la plante traitée, mais aussi très rapidement dans l'insecte cible lorsqu'il se voit administrer du thiaméthoxam. [117]

L'AMM précise que le semis doit être réalisé avant le 15 mai et porte la phrase SPe8 : « Dangereux pour les abeilles. Ne pas introduire de plantes pouvant devenir attractives pour les abeilles dans la rotation culturale ou appliquer des mesures permettant de limiter l'exposition des abeilles. » [118]

Historique

En septembre 2007, la firme Syngenta Agro SAS dépose une demande d'autorisation de mise sur le marché de son produit Cruiser 350 FS, dans le cadre d'une procédure de reconnaissance mutuelle. Au terme de la réunion du Comité d'experts « Produits phytosanitaires : substances et préparations chimiques » du 20 Novembre 2007, l'Afssa rend le lendemain un avis positif, assorti de recommandations concernant le suivi des cultures traitées. [119] Lors de cette même séance, les experts avaient à statuer, sur une autre demande d'AMM, déposée par Bayer Cropscience France, concernant la spécialité Poncho Maïs à base de clothianidine (autre néonicotinoïde) autorisée en Allemagne. L'avis rendu par l'Afssa est négatif « en raison d'un risque de contamination des eaux souterraines ». [120]

Le 07 janvier 2008, le ministre de l'agriculture, M. Michel Barnier, autorise la mise sur le marché du Cruiser® pour le traitement des semences de maïs et de maïs doux contre le taupin (coléoptères dont les larves s'attaquent aux parties souterraines des cultures) et les oscinies (diptère dont les larves rongent les parties aériennes des cultures), jusqu'au 31 décembre 2008. Les autres utilisations sont refusées.

Le 15 mai 2008, l'Allemagne suspend l'autorisation de commercialisation du Cruiser 350 FS au vu des mortalités d'abeilles survenues au printemps 2008, attribuées à l'utilisation d'insecticides systémiques. [52], [121] Malgré les nombreuses manifestations d'apiculteurs et d'associations écologiques, l'autorisation est renouvelée en France pour un an le 17 décembre 2008. [122]

Toxicité

Toxicité létale

Les données de toxicité aiguë relevées dans Agritox pour les abeilles proviennent de l'Union Européenne et sont présentées dans le tableau 8.

Tableau 8: Valeurs de toxicité aiguë à 48h du thiaméthoxam et de son métabolite, la clothianidine [106]

| | Cruiser | |
|---------------------------------------|---------------------|----------------------|
| | Thiaméthoxam | Clothianidine |
| DL50_{48h} contact | 24 ng/abeille | 27,5 ng/abeille |
| DL50_{48h} orale | 5 ng/abeille | 16,8 ng/abeille |

Toxicité à doses sublétales

Les références bibliographiques concernant la toxicité du thiaméthoxam à l'égard de l'abeille domestique sont assez rares. Toutefois, l'équipe de Toulouse précédemment évoquée a travaillé sur d'autres insecticides systémiques, dont le thiaméthoxam. Des butineuses ont été exposées de façon aiguë, par ingestion ou par contact, à des solutions d'insecticide à 0,1 ng, 0,5 ng et 1 ng par abeille. L'exposition au toxique n'a entraîné aucun effet significatif sur les comportements observés à savoir l'activité locomotrice, la sensibilité au sucre et à l'eau et le conditionnement olfactif du réflexe d'extension du proboscis. [123]

7. Le cas particulier des organismes génétiquement modifiés

Le transfert d'un gène d'intérêt dans un hôte est utilisé ou à l'essai dans différents domaines scientifiques : en pharmacie pour la production de certains médicaments, à commencer par les insulines, en médecine pour le traitement de certains cancers... L'application du génie génétique la plus connue du grand public concerne la production de plantes génétiquement modifiées. Celles-ci ont été développées dans l'espoir d'améliorer la production de cultures d'intérêt alimentaire.

a. OGM en agronomie

La sélection des espèces pour certaines de leurs qualités (productivité, résistance aux stress) n'est pas une tendance nouvelle, de même que les croisements entre différentes variétés pour tirer les meilleures qualités de chacune. Ces manipulations sont cependant assez longues et fastidieuses. L'avènement du génie génétique a ainsi ouvert de nouvelles perspectives à la recherche agronomique, et le transfert de gènes de résistance à des plantes a

suscité beaucoup d'espoirs. Les gènes d'intérêt confèrent par exemple à la plante modifiée résistance aux insectes ravageurs ou aux herbicides, permettant ainsi de diminuer les traitements chimiques à appliquer. Mais de même que les pesticides de synthèses ont enchanté puis inquiété l'opinion publique et les scientifiques, les plantes génétiquement modifiées sont souvent assez mal perçues par le consommateur. [124]

b. Les plantes « insecticides »

Les plantes artificiellement résistantes aux insectes sont potentiellement néfastes pour les insectes non-cibles d'intérêt écologique, notamment pour l'abeille domestique. Le risque provient du fait que la protéine produite par l'organisme modifié est susceptible de se trouver dans toute la plante, et donc également potentiellement dans le nectar et le pollen. Du fait de l'exposition de tous les individus de la colonie à cette nourriture, tous sont susceptibles d'être intoxiqués. [125] Le choix d'associer un promoteur faible, dit « inductible » permet de limiter la production du transgène à certains tissus. [126]

Les plantes Bt

Les plantes modifiées « *Bt* » se sont vues introduire un gène provenant d'une bactérie du sol, *Bacillus thuringiensis*. Celle-ci produit naturellement des cristaux protéiques, ayant une action sur le système de digestion de divers insectes, entraînant l'arrêt de la prise de nourriture. Cette protéine, CryI, est toxique vis-à-vis des lépidoptères et est donc utilisée pour lutter contre la pyrale du maïs. L'utilisation de *Bacillus thuringiensis* est antérieure au développement de plantes transgéniques, puisque la bactérie est disponible en spray, à pulvériser directement sur la plante. Elle est dans ce cas sous forme inactive et ne s'active que dans l'intestin de l'insecte cible. Elle est de plus généralement appliquée après la floraison : il n'y a alors pas de risque pour les insectes non-cible. [125]

Les études réalisées dans diverses conditions et portant tant sur la mortalité, que sur le comportement d'abeilles domestiques (larves et adultes) exposées à la toxine, à la plante modifiée ou au pollen qui en est issu, n'ont pas permis de mettre en évidence d'effet délétère évident. [125], [127], [128]

Les inhibiteurs de protéases

Une autre modification possible pour rendre une plante résistante aux insectes nuisibles, est l'introduction de gènes codant pour des inhibiteurs de protéases (IP). Les protéases sont des enzymes digestives : leur inhibition entraîne des carences nutritives et la mort de l'insecte cible. Parmi les différents types de protéases existant, les sérine-protéases jouent un rôle

important dans la digestion protéique chez l'abeille. Cependant, les études réalisées en vue de mettre en évidence un effet néfaste de ces IP de type sérine sur les abeilles n'ont pas été concluantes. De plus, aucune plante produisant ces IP à sérine n'est commercialisée à ce jour.

Si les plantes génétiquement modifiées suscitent de nombreuses craintes, entre autre par rapport à la toxicité de certaines envers les insectes utiles, aucune étude n'a encore mis en évidence que ces produits pouvaient être réellement dommageables pour les colonies. [125] Un des risques de la modification génétique est le transfert du gène de l'hôte modifié vers d'autres organismes. Une étude allemande aurait ainsi mis en évidence le transfert d'un gène de résistance aux herbicides de colza transgénique vers des microorganismes présents dans l'intestin de l'abeille, conduisant à une baisse de ses défenses. [129]

Chapitre 2 Les ennemis biologiques : maladies, parasites, prédateurs

Les ennemis biologiques des abeilles domestiques sont actuellement considérés comme les causes majeures de leur déclin. Nous avons déjà eu l'occasion de voir combien ils sont nombreux. Nous étudierons à présent, après quelques notions générales, les principaux en détail, à savoir les virus en général, le varroa, la loque américaine, la nosébose et pour finir le dernier prédateur préoccupant : le frelon asiatique.

I. Considérations générales sur les maladies des abeilles

Afin de reconnaître et de gérer les colonies malades, il est utile de connaître les modes de transmission possibles des pathogènes, les facteurs favorisant le développement de maladies et les techniques développées par les abeilles elles-mêmes pour s'en défendre.

1. Les modes de transmission

La transmission des maladies et ennemis de l'abeille domestique peut se faire de façon verticale, c'est-à-dire de la reine vers ses descendants, ou de façon horizontale, entre les différents individus. Elle peut de plus se produire entre individus d'une même colonie (transmission intracolonic) ou entre individus de colonies différentes (transmission intercolonie).

a. Transmission intracolonic

La transmission verticale intracolonic se produit soit par contact, soit lors de la ponte. [132] La transmission horizontale intracolonic résulte de la promiscuité, des échanges par trophallaxie et des nombreux contacts entre les différents individus de la ruche. [10]

b. Transmission intercolonie

L'essaimage représente une transmission verticale intercolonie lorsqu'il conduit à la création d'une nouvelle colonie infestée.

La transmission horizontale intercolonie peut résulter tout d'abord du comportement des abeilles, que ce soit en conditions naturelles ou en élevage :

- *Pillage* : des abeilles d'extérieur vont aller piller des réserves dans une autre

colonie. Les colonies malades, plus faibles et avec des gardiennes peu efficaces, y sont plus sujettes. Les abeilles pillardes ramènent donc dans leur colonie saine des agents pathogènes en plus du miel et du pollen ;

- *Dérive* : des butineuses vont, au retour, se tromper de ruche et être acceptées dans une autre colonie, avec éventuellement les parasites qu'elles portent ;
- *Echange lors du butinage*.

Mais les risques de dissémination proviennent aussi des pratiques apicoles :

- *Transhumance* : installation de ruches saines à proximité de ruches infestées ou de ruches infestées à proximité de ruches saines ;
- *Echange de cadres, utilisation de cadres provenant d'une ruche malade* pour renforcer une colonie.
- *Furetage* par des butineuses de cadres ou ruches malades laissées à l'abandon ou en attente de traitement.

La densité des colonies liée à la pratique de l'apiculture est beaucoup plus élevée qu'en conditions naturelles, favorisant la dissémination des maladies liées au comportement des butineuses. [10]

2. Les facteurs favorisant le développement des maladies

Les facteurs favorisant le développement des maladies sont tout d'abord les mauvaises pratiques apicoles évoquées au paragraphe précédent : réutilisation de cadres, abandon de cadres ou de ruches malades. Mais des mauvaises conditions climatiques sont aussi largement impliquées, avec pour conséquences, pendant la période de butinage, une diminution des récoltes et donc une diminution du couvain et un risque de confinement avec impossibilité pour les abeilles d'effectuer leur vol de propreté. La maîtrise des premiers facteurs permet de minimiser l'impact des seconds. On notera également que l'abus de médicaments, et notamment d'antibiotiques à titre préventif, entraîne un risque de contamination chimique de la ruche et de ses produits, mais aussi un risque d'apparition de résistance des agents pathogènes. [10]

3. La défense des abeilles

La transmission des agents pathogènes est freinée par les abeilles, via leur biologie, leur physiologie ou leur comportement. Ainsi, les propriétés antibiotiques des différents produits de la ruche, assurent une protection vis-à-vis de divers agents bactériens. De plus, le proventricule qui filtre les particules solides, joue également un rôle essentiel. Enfin, de

nombreuses études ont porté sur le comportement des abeilles vis-à-vis des parasites et sur leurs différences en fonction de leur race. [10] Ce comportement comprend le toilettage (auto ou allo toilettage) et le comportement hygiénique (élimination par les ouvrières des larves malades). [130]

II. Les virus

1. Agents causaux

Les virus sont des parasites intracellulaires obligatoires. Ils utilisent la machinerie cellulaire de l'hôte infesté pour se répliquer et causent, de ce fait, des dommages. Des virus ont été observés chez tous les êtres vivants.

a. Description

Les virus connus à ce jour (au moins 18) chez les abeilles, à l'exception du virus filamenteux, sont à ARN monocaténaire positif. Ils ont été à l'origine apparentés à des Picornaviridae. Aujourd'hui, grâce au séquençage de leur génome, il est admis qu'ils appartiennent à deux taxons proches mais différents, le genre Iflavirus et la famille des Dicistroviridae. [131] Ils sont ronds à ovales et mesurent de 20 à 30 nm de diamètre. [62], [132]

b. Transmission

Nous avons déjà évoqué précédemment les différentes voies de transmission des maladies. Dans le cas des virus, nous détaillerons davantage ces procédés. La transmission horizontale, entre individus d'une même génération, peut être directe ou indirecte. Elle est directe lorsqu'elle se produit via l'alimentation ou lors de l'accouplement d'une reine vierge avec un faux-bourdon contaminé (des virus ont été mis en évidence dans le sperme). Une transmission indirecte fait intervenir un vecteur. Le rôle de l'acarien *Varroa destructor* a ainsi été largement étudié. La transmission des virus peut bien-sûr être également verticale : une reine contaminée (virus mis en évidence dans les ovaires et la spermathèque) peut pondre des œufs infestés. [132]

On précisera que la transmission verticale, qui se produit lorsque la ruche se trouve dans un état sanitaire favorable, tend à assurer une infestation latente et bénigne à long terme. En revanche, lorsqu'elle entre en situation de stress (en cas de co-infection avec d'autres pathogènes, de déficit alimentaire ou de parasitisme par le varroa), les virus sont plus actifs et

se transmettent de façon horizontale, entraînant l'apparition de symptômes, la mort des individus voire l'effondrement de la colonie.

2. Effets pathogènes

L'infection par ces « apivirus » est souvent latente et ne présente alors pas de pathogénie [62], [132] Dans certains cas, souvent suite à l'infestation par *Varroa destructor* les virus peuvent se réactiver. [62] Certains des virus connus actuellement sont tout de même associés à un tableau clinique défini. Ceux présentés brièvement ci-après sont les plus connus et les plus problématiques actuellement.

Le DWV (Deforming Wing Virus)

Le virus des ailes déformées touche les œufs, larves, pupes et bien-sûr adultes qui peuvent être de taille inférieure aux individus sains et qui ont des ailes déformées. C'est probablement le virus le plus prévalent dans nos ruchers actuellement.

L'APPV (Acute Bee Paralysis Virus)

Le virus de la paralysie aiguë touche adultes et couvain et ne présente généralement pas de symptômes particuliers. Il peut parfois entraîner tremblements et difficultés au vol.

Le BQCV (Black Queen Cell Virus)

Prévalent au cours de l'été, le virus de la cellule noire de la reine n'est que très rarement responsable de problèmes pour la colonie. Il touche principalement les larves de reines, qui se transforment en petits sacs et dont les cellules deviennent noires. Les pupes d'ouvrières atteintes deviennent noires et meurent rapidement.

Le SBV (Sac Brood Virus)

Le virus du couvain sacciforme, s'il est facilement identifiable par la présence d'un couvain clairsemé et de larves en forme de petit sacs, ne touche généralement que peu de colonies sur un rucher et n'est normalement pas responsable de leur effondrement.

Le KBV (Kashmir Bee Virus)

Le virus du Cachemire est réputé virulent mais ne provoque pas de signes caractéristiques. Il touche tous les stades de l'abeille, de l'œuf à l'adulte.

Le CBPV (Chronic Bee Paralysis Virus)

L'infestation d'une colonie par le virus de la paralysie chronique peut rester longtemps latente. Lorsqu'elle se réactive, elle conduit à la coexistence de deux tableaux cliniques. Certaines abeilles sont incapables de voler, tremblantes, rampantes, entassées dans les ruches, aux ailes disloquées, avec l'abdomen gonflé (liquide dans le jabot, dysenterie). Celles-ci sont rarement de couleur noire. Le second syndrome, appelé « Maladie noire » décrit des abeilles également incapables de voler et tremblantes. Elles présentent cependant une couleur foncée d'un aspect gras brillant, une perte de poils et une taille inférieure à leurs congénères saines par lesquelles elles sont attaquées. Elles vont mourir rapidement.

La voie d'entrée du virus peut être orale mais est plus facilement cutanée, le virus pénétrant par contact à la faveur d'une lésion. Le virus n'atteint que les abeilles adultes. [10] Les mortalités surviennent soudainement, principalement en période de forte activité et sur les colonies peuplées, d'où le risque de confusion avec un phénomène d'intoxication. [133]

3. Diagnostic

Du fait de leurs similitudes, les virus des abeilles ne peuvent être différenciés au microscope électronique. Quand aux méthodes sérologiques, qui ont été beaucoup utilisées jusqu'aux années 90, elles ne sont ni suffisamment spécifiques pour permettre un diagnostic certain, ni suffisamment précises pour détecter de petites quantités de virus. [62] Ainsi, la technique de RT-PCR (réaction de polymérisation en chaîne pour amplifier le matériel génétique, après action d'une transcriptase inverse pour convertir l'ARN en ADN), bien que très lourde à mettre en place, permet non seulement une identification certaine du virus, mais également un dosage du matériel viral. [132]

4. Contrôle

Le seul moyen de prévenir les infections virales est d'en limiter la propagation, par une gestion sanitaire efficace des ruchers (ne pas réutiliser du matériel provenant de ruches malades ou effondrées, ne pas laisser de cadres ou ruches à l'abandon, ne garder que des colonies fortes pour l'hivernage...) et bien sûr de lutter efficacement, chaque année, contre le varroa. [62]

III. La loque américaine

La loque américaine est une maladie infectieuse du couvain de colonies du genre *Apis*

notamment de celles d'*Apis mellifera*. Les stades larvaires des trois castes d'abeilles domestiques y sont sensibles. Pourtant, ce sont principalement ceux d'ouvrières qui sont touchés. [134] C'est une maladie qui tue les colonies sauvages, mais surtout les colonies exploitées par l'homme. Elle est largement répandue géographiquement et peut apparaître à tout moment de l'année. [10]

1. L'agent causal

a. Description

L'agent responsable de la loque américaine est une bactérie, *Paenibacillus larvae subsp. Larvae*. Il s'agit d'un bacille gram positif, de la forme d'un bâtonnet, droit ou légèrement incurvé, arrondi, de 1,5 à 6 μm de long pour environ 0,5 μm de large. [134] Il est mobile grâce à une ciliature péritriche de trente à trente-cinq cils vibratiles. Les germes peuvent être soit isolés, soit groupés en chaînettes. Cette forme végétative peut se transformer en forme de résistance, la spore, qui est fusiforme, dépourvue de cils et qui ne fait plus que 1,1 à 1,9 μm de long pour 0,4 à 0,7 μm de large. Seule cette spore présente un pouvoir pathogène, et elle peut rester virulente de nombreuses années dans l'environnement : elle est très stable aux températures extrêmes, résistante aux agents chimiques [134] et aux antibiotiques. [10]

b. Cycle de développement

La jeune larve ingère de la nourriture contaminée par des spores de *P. larvae larvae*. Cette contamination peut provenir soit de l'ouvrière nourrice lorsque celle-ci est porteuse, soit de spores restées dans l'alvéole après l'élimination ou la mort d'une autre larve malade. Dans l'intestin, ces spores germent rapidement pour donner les formes végétatives qui peuvent alors traverser la membrane péritrophique et l'épithélium intestinal pour gagner la cavité générale. A ce niveau, la bactérie se multiplie activement et envahit toute la larve qui en meurt. Les bactéries sporulent, entraînant une perte d'élasticité de la larve qui devient gluante. [10]

Les ouvrières chargées du nettoyage des cellules vont alors éliminer cette larve morte, se contaminant au passage en ingérant des spores. Chez l'abeille adulte la bactérie n'est pas pathogène. Par contre la spore peut rester latente dans le système digestif jusque deux mois après l'ingestion. Elle sera alors transmise à une jeune larve lorsque l'abeille porteuse sera chargée de la nutrition du couvain. Si la larve morte n'est pas éliminée par une nettoyeuse, elle se dessèche et se transforme en une écaille, très adhérente à la paroi inférieure de

l'alvéole et contenant plusieurs millions de spores. [10]

2. L'effet pathogène

Une colonie atteinte de loque américaine présente divers symptômes, plus ou moins caractéristiques de cette pathologie. Cette affection peut conduire la ruche voire le rucher à une issue fatale, d'où l'importance pour l'apiculteur de savoir la détecter rapidement. L'évolution de l'atteinte peut être séparée en trois stades.

a. Stade précoce

Ce stade présente des symptômes caractéristiques et est déjà identifiable. La mort des premières larves atteintes entraîne le nettoyage des cellules correspondantes, et le dépôt de nouveaux œufs par la reine. Il en résulte la juxtaposition, sur une même zone de cadre, de couvains de différents âges, donc operculés ou non. C'est ce qu'on appelle « couvain en mosaïque ». Les larves normales sont de couleur blanc crème. Les larves atteintes de loque américaine virent au marron plus ou moins foncé, et deviennent gluantes. Parallèlement, les alvéoles des cellules contenant des larves infestées deviennent concaves et changent de couleur. [10]

b. Stade avancé

Lorsque l'atteinte progresse, ces symptômes se généralisent. Les larves deviennent filantes. Une allumette incérée dans la cellule atteinte ressort en faisant un fil marron. Ce test dit « de l'allumette » permet l'identification de la pathologie, mais le fait que la larve ne soit pas filante dès le début de l'affection entraîne un risque de faux négatifs. Les cadres deviennent foncés, avec un aspect humide à grasseux. Enfin, il se dégage de la ruche une forte odeur ammoniacale, de « colle de poisson », qui correspond à la production d'acides gras volatiles. [10]



Figure 21: Test de l'allumette

c. Stade terminal

Ce stade se caractérise par une colonie faible : les adultes ne sont plus assez nombreux pour éliminer le couvain mort qui se transforme alors en écailles foncées. A ce stade, l'odeur de colle de poisson peut ne plus être évidente. L'affection peut se terminer par la mort de la colonie. [10]

3. Diagnostic

En France, la loque américaine est une maladie à déclaration obligatoire. Toute suspicion de cas d'atteinte doit donc être signalée auprès de la DDSV du département du rucher. Celui-ci se charge alors d'envoyer un agent sanitaire sur les lieux afin de confirmer ou d'infirmer l'infestation.

a. Tests de laboratoire

Lorsque la ruche présente des symptômes évidents, le diagnostic de loque américaine peut être établi par :

- une simple *observation* (spores, bacilles) associée à une *coloration de gram* ;
- un *test à la catalase* (*P. larvae* est presque toujours catalase négative) ;
- ou un *test à la nitrate réductase* (pour laquelle on obtient généralement une réaction positive).

Ces techniques peuvent être mises en œuvre à partir d'échantillons de couvain ou de miel, éventuellement après culture sur milieu spécifique et sélection par ajout d'antibiotiques. En revanche, en l'absence de symptômes, il est nécessaire de réaliser une PCR ou un profil biochimique complet. [134]

b. Test de diagnostic rapide

Le laboratoire Vita-Swarm a mis au point des tests de détection pour les loques. Le test de détection à usage unique de la loque américaine est spécifique de *Paenibacillus larvae larvae*. Il utilise la technique Elisa de reconnaissance antigène-anticorps. Le test nécessite le prélèvement de larves âgées suspectes qui sont placées dans le flacon fourni. Le flacon est ensuite agité et deux gouttes de la solution obtenue sont prélevées et déposées sur la plaque. Le résultat est lisible après trois minutes : un trait correspond au contrôle positif, il doit toujours être présent. La présence d'un second trait dans la zone « T » confirme la présence de *P. larvae larvae*. [135]

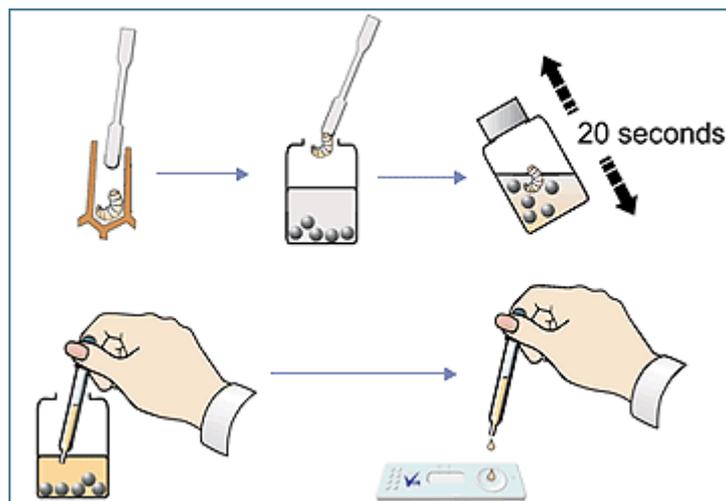


Figure 22: Mode opératoire pour la réalisation du test de détection Vita de la loque américaine [135]

4. Contrôle

On distingue les colonies malades, qui présentent des signes cliniques, des colonies contaminées, qui n'en présentent pas, mais qui contiennent des spores. Un rucher est qualifié de « sain » lorsque aucune des ses colonies n'a présenté de symptômes cliniques depuis au moins deux ans.

a. La prévention

La prophylaxie passe bien sûr par un strict contrôle des colonies atteintes (destruction, tenue à l'écart...) mais aussi des colonies saines, du matériel (destruction ou décontamination), des cires (changement régulier), des éléments vivants achetés (nuclei, paquets, reines...) ou récupérés (essaïms) et du pollen de trappe ou du miel donné en nourrissage.

b. Le maintien de l'infestation à un faible taux

Le transfert des abeilles dans une ruche vide et saine, ou méthode de transvasement, permet de diminuer considérablement le nombre de spores dans une colonie. La nouvelle ruche est placée à environ 1,5 mètre de la colonie atteinte, avec entre les deux planches d'envol, du papier. La reine est capturée et placée dans la nouvelle ruche. Les cadres sont ensuite secoués et brossés au dessus du papier : les adultes vont alors gagner la nouvelle ruche. Les cadres de l'ancienne ruche sont rapidement détruits par le feu, de même que le papier, et le sol est décontaminé au chalumeau. Le corps de la ruche malade est désinfecté ou passé au chalumeau. [10]

Une alternative consiste à passer par une ruche intermédiaire dans laquelle les abeilles sont

confinées pendant plusieurs heures. Elles utilisent alors le miel présent dans le jabot pour la construction de rayons. Ceux-ci seront à leur tour détruits après le transvasement de la colonie dans la ruche définitive. Cette méthode ne permet pas une éradication de la maladie, mais un contrôle efficace. [10] Le comportement hygiénique des ouvrières est également important dans le contrôle de la maladie.

c. La prise en charge des colonies malades

La conduite à tenir en cas de loque américaine dépend du degré d'atteinte de la colonie. Si celle-ci est très fortement touchée, il est nécessaire de la détruire. Dans certains pays, la détection de la loque américaine implique la destruction systématique, par le feu, de la colonie. Si au contraire la ruche n'est que faiblement atteinte, un traitement antibiotique à base de tétracyclines pourra être réalisé (trois administrations à J, J+7 et J+14), associé à un transvasement juste avant la seconde administration médicamenteuse. Le traitement doit se faire en nourrissage par administration d'un ou un demi-litre de sirop de saccharose contenant 0,5 g de tétracyclines. Les ruches traitées ne devront pas contenir de hausses et le miel de corps, impropre à la consommation, sera éliminé à la fin du protocole. Etant donné qu'aucun antibiotique ne possède de LMR pour le miel, le vétérinaire devra spécifier explicitement sur son ordonnance que le miel devra être éliminé avant la pose des hausses et ne pourra pas être consommé. Si l'atteinte survient à l'automne, les trois administrations, à J, J+7 et J+14 devront être effectuées, sans transvasement, et un protocole complet devra être réalisé au printemps suivant. [136]

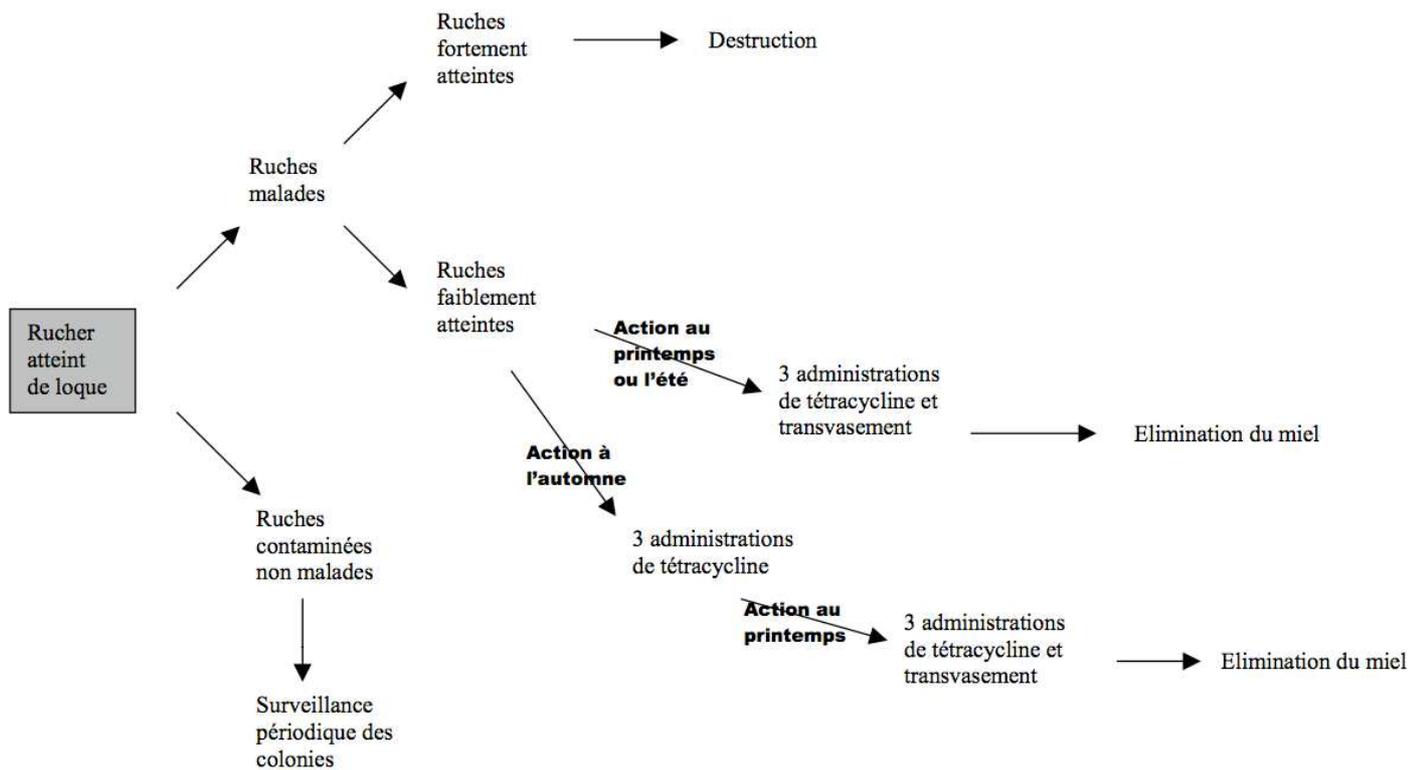


Figure 23: Conduite à tenir en cas de loque: Arbre décisionnel [136]

IV. La nosémose

La nosémose des abeilles est une maladie provoquée par une microsporidie du genre *Nosema* qui touche généralement le système digestif de l'abeille adulte. Les trois castes peuvent en être atteintes. Les microsporidies sont des eucaryotes unicellulaires apparentés aux champignons, et ils sont parasites intracellulaires obligatoires : sur les nombreuses espèces connues, la plupart sont des parasites des poissons et des arthropodes. [137]

Jusqu'en 2006, l'ensemble des cas de nosémose des abeilles enregistrés en France était attribué à *Nosema apis*. Cependant, une étude espagnole a mis en évidence dans les colonies d'*Apis mellifera*, la présence de *Nosema ceranae*, espèce qui était jusqu'alors rencontrée sur *Apis cerana*. [138] Depuis, d'autres études européennes et mondiales ont confirmé la présence de *N. ceranae*. [139] Si la symptomatologie liée à *N. apis* est relativement bien connue et définie, celle liée au nouvel agent est, en revanche, assez difficile à décrire. Les deux agents pathogènes seront donc traités séparément, alors que les méthodes de diagnostic et de contrôle, qui leur sont communes, seront abordées dans une même partie.

1. L'agent causal

a. *Nosema apis*

Description

Nosema est une structure unicellulaire, parasite intracellulaire strict, capable de former des spores, formes de résistance. Celles-ci sont ovales, d'environ 5 à 7 μm de long sur 3 à 4 μm de large. Elles peuvent résister un an dans les fèces, plusieurs mois dans le miel et quatre à cinq ans dans les cadavres d'abeilles. [140]

La spore est constituée de :

- une *paroi épaisse* qui assure la résistance ;
- le *filament polaire*, enroulé en spirale, qui est expulsé lors de la germination de la spore ;
- le *polaroplaste* au pôle antérieur et la *vacuole* à l'opposé ;
- un *double noyau*. [10]

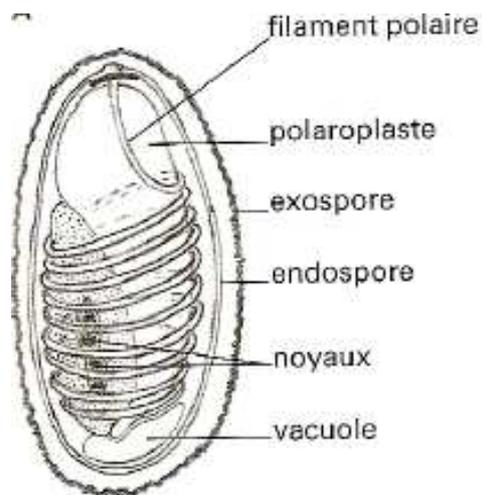


Figure 24: Spore de *Nosema* [10]

Cycle de développement

La contamination des abeilles se fait par l'ingestion de spores : une moyenne de 20 à 90 spores est nécessaire à la contamination d'une abeille. Arrivée au niveau du ventricule, environ dix minutes après l'ingestion, la spore germe et propulse son filament polaire. Celui-ci se retourne comme un doigt de gant et traverse la membrane péritrophique ainsi que la membrane d'une cellule de l'épithélium. Cette structure permet alors l'injection du contenu de la spore, le sporoplasme, à l'intérieur de la cellule épithéliale. Le sporoplasme grossit alors pour devenir une petite cellule, le méronte, contenant toujours deux noyaux. Le développement intracellulaire de la microsporidie a lieu en deux temps :

- la *mérogonie*, qui correspond à la division du méronte sur plusieurs générations ;
- la *sporogonie* ou transformation des mérontes en sporontes par épaississement de la paroi.

Ces sporontes se divisent en deux sporoblastes. Ces derniers deviennent des spores par formation du filament polaire et acquisition de la paroi. En fait, deux types de spores différents sont produits : les spores à paroi mince, qui contaminent les cellules épithéliales voisines, et les spores à paroi épaisse ou spores de durée. La cellule infestée finit par mourir : sa membrane péritrophique se rompt, libérant ces spores à paroi épaisse dans la lumière intestinale. Elles peuvent alors soit germer sur place et contaminer d'autres cellules épithéliales, soit être éliminées dans les fèces et assurer la dissémination de l'affection. [10]

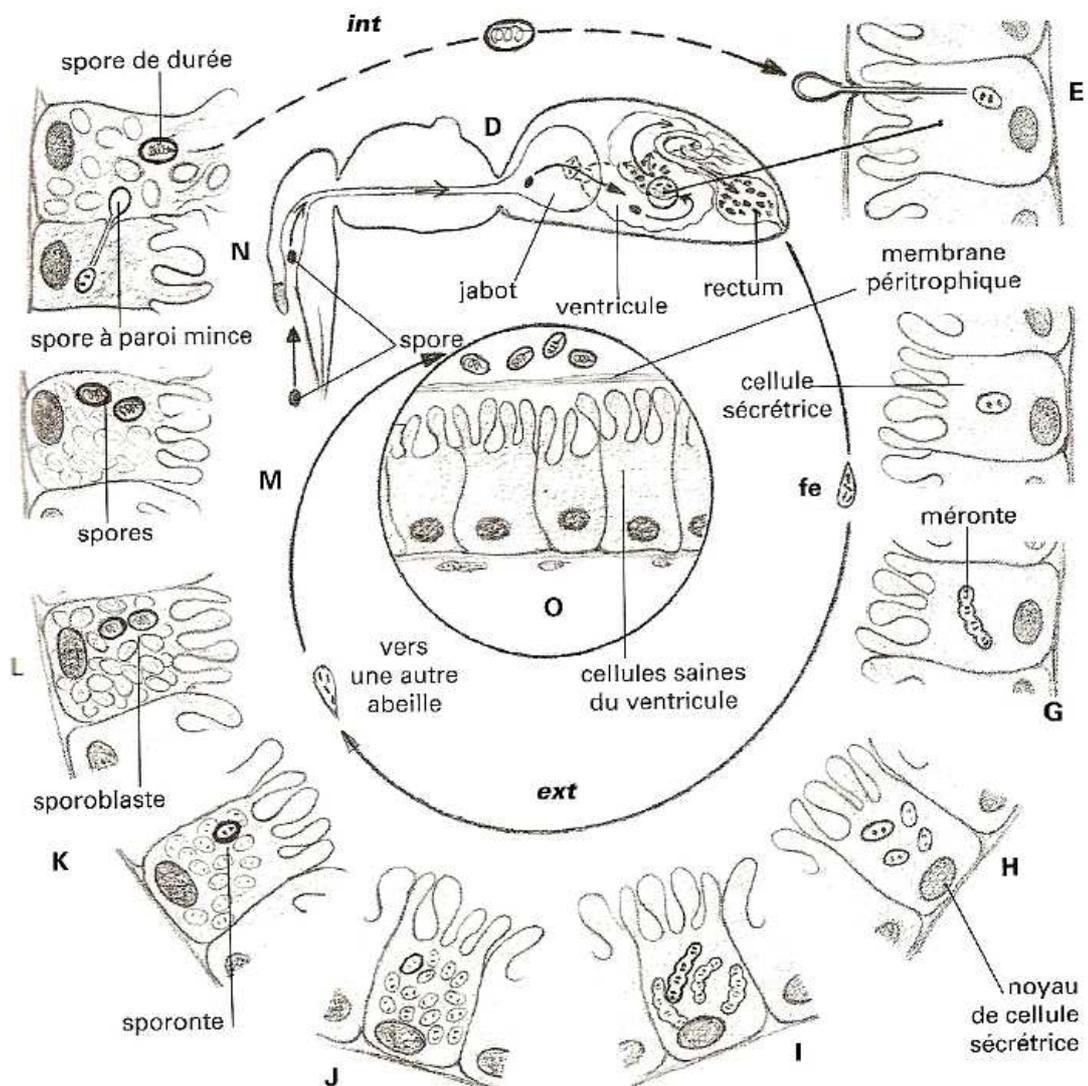


Figure 25: Cycle de développement de *Nosema ceranae*

b. Nosema ceranae

Historique

En 2006, une étude révéla la présence sur *Apis mellifera*, de *Nosema ceranae*, en Espagne. [138] L'étude menée par l'Afssa entre 2003 et 2005 a révélé que *N. ceranae* était déjà présent en France en 2003. [139] Il est alors difficile de dater le moment où la microsporidie est passée de son hôte originel à notre abeille européenne. Klee *et al*, situent ce saut dans la dernière décennie. [141] Pour Marc-Edouard Colin, de Montpellier SupAgro, cette invasion serait antérieure à 1976, puisque *N. ceranae* a été mis en évidence sur l'île d'Ouessant, où les colonies sont en isolement strict depuis lors. [142]

Description

Les spores de *Nosema ceranae* sont légèrement plus petites que celles de *Nosema apis*, et le nombre de tours de spires de leurs filaments polaires est également plus faible (20 à 23 pour *N. ceranae* contre plus de 30 chez *N. apis*). [138]

Cycle de développement

L'inoculation de spores de *N. ceranae* par voie orale à des ouvrières d'*A. mellifera* issues de ruches exemptes de spores de nosema a permis le suivi de l'infestation. Le sacrifice de certaines de ces ouvrières à 3 heures, 3, 6, et 7 jours suivant l'infestation a permis de comprendre la progression du cycle au niveau cellulaire.

Trois heures après l'infestation, des spores matures, des spores en germination et des spores vides peuvent être observées dans la lumière intestinale. A jour 3, tous les stades du cycle de nosema peuvent être mis en évidence dans les cellules épithéliales, y compris des spores vides : le cycle intracellulaire du parasite est donc complet en trois jours. Aux jours suivants, les mêmes éléments sont retrouvés, mais un nombre croissant de cellules est atteint.

La présence de spores vides au niveau intracellulaire prouve que le parasite a la capacité d'infester directement les cellules voisines, comme il a été décrit pour *N. apis*. Chez *A. ceranae*, en revanche, ce phénomène n'est pas observé. Les cellules basales, régénératives, de l'épithélium sont également rapidement atteintes, rendant impossible la compensation des pertes cellulaires par de nouvelles cellules. [143] *N. ceranae* semble donc avoir un pouvoir pathogène plus important chez un nouvel hôte.

2. L'effet pathogène

a. *Nosema apis*

La nosérose est une maladie insidieuse qui peut rester longtemps inaperçue. L'infestation et la destruction des cellules de l'épithélium du ventricule nuit bien sûr à la digestion. Le renouvellement de ces cellules tous les cinq jours permet dans un premier temps de maintenir cette activité. Mais la propagation de la parasitose conduit en 15 à 21 jours à son arrêt et à la mort.

L'infestation par *N. apis* entraîne également des conséquences délétères sur :

- les glandes hypopharyngiennes, qui sont alors moins fonctionnelles, ce qui est dommageable pour l'élevage du couvain ;
- l'hémolymphe qui voit chuter son taux d'acides aminés et son taux d'hémocytes ;
- les ovaires des reines qui dégénèrent.

Cette pathogénie se traduit par une forte mortalité à proximité de la ruche, des abeilles faibles, ayant des difficultés à voler – certaines étant paralysées –, une polyphagie, une perte de poils et éventuellement un abdomen distendu. Du point de vue du développement de la colonie, on peut observer de nombreux changements de reine (supersedures), un moindre développement du couvain et une perturbation dans l'exercice de certaines tâches (travail de l'aliment, nourrissage de la reine).

La nosérose est souvent confondue avec la dysenterie. Bien que l'association des deux soit particulièrement dommageable à la colonie, chacune de ces pathologies peut se déclarer isolément. La présence de tâches diarrhéiques jaune ocre, sur la ruche, à proximité, sur les cadres et même souillant la nourriture, est signe de dysenterie. Ces symptômes se manifestent lorsque les conditions météorologiques sont défavorables et que les abeilles ne peuvent effectuer leur vol de propreté. [10]

b. *Nosema ceranae*

L'étude espagnole évoquée précédemment met en évidence la mort de tous les individus au huitième jour après l'ingestion d'un inoculum de 125 000 spores de *N. ceranae*. Ce fait est mis en parallèle avec une autre étude, dans laquelle l'infection d'abeilles mellifères par un nombre de spores de *N. apis* inférieur ou égal à celui-ci, ne permettait pas d'établir de relation entre la longévité de l'abeille et la quantité de spores administrées. La longévité des abeilles infestées ou non allait alors de 18 à 54 jours. [143]

La même équipe espagnole a cherché à caractériser au niveau de la colonie la progression

de l'atteinte. Les chercheurs ont détaillé l'infection en quatre phases successives :

- *La phase asymptomatique*, au cours de laquelle la colonie est semblable à une colonie saine ; moins de 60% des butineuses sont porteuses et le comptage de spores ne dépasse pas un million ;
- *La phase de compensation* : pour compenser les pertes, la reine continue à pondre pendant l'hiver ;
- *La phase de fausse guérison* : au printemps, la reine pond tellement d'œufs que presque chaque cadre est plein de couvain. Le nombre de butineuses atteintes et le comptage des spores sont similaires à ceux de la première phase. L'essaimage semble imminent mais ne se produit jamais ;
- *La phase de dépopulation* : la reine pond sans arrêt jusqu'à l'automne, où on observe une dépopulation soudaine (moins de 40% des cadres couverts d'abeilles) et où le couvain atteint un minimum. Les abeilles sont encore très actives, mais deux mois plus tard, la reine est retrouvée morte, entourée d'une grappe de jeunes abeilles probablement mortes de froid, avec des réserves suffisantes et quelques cellules de couvain operculé. [144]

En revanche, certains symptômes observés en cas d'infection par *N. apis* ne sont pas présents (dysenterie, supersédure). [144]

L'atteinte par *N. ceranae* semble donc plus sévère et plus insidieuse que celle par *N. apis*, puisqu'en laboratoire l'infection se propage rapidement à toutes les cellules de l'épithélium intestinal et conduit en huit jours à la mort de la totalité des individus contaminés [143], et que d'autre part, en conditions naturelles, elle provoque l'effondrement de colonies atteintes. [144]

3. Diagnostic

L'observation directe du ventricule permet, en plus de certains symptômes (dysenterie pour *N. apis*, affaiblissement...) de suspecter la présence de nosema. A l'autopsie, on constate que le ventricule, normalement brun, devient blanc et très fragile en cas de nosérose. Ce changement peut cependant être dû à d'autres perturbations intestinales, comme une alimentation inadaptée. Aucun des signes cliniques observés n'est alors spécifique et ne permet un diagnostic certain. Celui-ci se fait directement, au microscope, par identification de l'agent dans le ventricule de l'abeille adulte. [140]

L'Office International des Epizooties (OIE) préconise le prélèvement d'au moins 60 abeilles sur le pas de vol (abeilles âgées d'au moins huit jours, de sorte que le parasite a eu le

temps de se développer). Les abdomens des individus sont séparés et broyés dans 2 à 3 mL d'eau et le broyat obtenu est observé entre lame et lamelle : les spores apparaissent avec un contour foncé mais le contenu (noyau, filament polaire et sporoplasme) n'est pas visible. La coloration du tissu au colorant de Giemsa pendant 45 minutes permet de différencier spores de *Nosema* des autres structures potentiellement présentes. Les premières ont alors un aspect remarquable : paroi épaisse non colorée et intérieur non différencié en bleu, alors que les autres cellules semblables par la taille, ont une paroi généralement plus fine, un cytoplasme bleu pourpre et un noyau magenta. [140]

Pour quantifier l'infection, une suspension préparée à partir de 10 abdomens d'abeilles âgées, est comptée en hémocytomètre. La chambre comporte 4 000 petits carrés et l'observation d'une spore par carré correspond à une moyenne de 4 millions de spores par abeille. [140] Le diagnostic de l'une ou l'autre des espèces nécessite l'amplification par PCR de régions d'ADN ribosomal. [137]

4. Contrôle

a. La prévention

La prévention des infestations par *Nosema* passe bien évidemment par une bonne gestion du rucher. Le traitement du matériel en vue de la destruction de spores peut se faire :

- par la chaleur (60°C pendant quinze minutes pour le matériel, 49°C pendant 24 heures pour les cadres) ;
- par désinfection par les vapeurs d'une solution d'acide acétique à 60 % ou plus. [140]

b. La prise en charge des colonies infectées

Jusqu'en janvier 2002, un antibiotique, la fumagilline (spécialité Flumidil B®) était employé pour traiter les ruches infestées par *Nosema apis*. L'AMM de la spécialité a cependant été retirée, dans l'attente de fixation de Limite Maximale de Résidus pour le miel. [145] Des études ont montré l'efficacité de la molécule dans le cas d'infestation par *Nosema ceranae*. L'efficacité est cependant temporaire puisque le traitement n'empêche pas les ré-infestations. [144], [146] Actuellement des études sont en cours pour évaluer l'effet de substances naturelles dans le contrôle des infections par *Nosema sp.*, et notamment par une équipe du CNRS qui travaille sur des extraits de végétaux et de microalgues. [137]

V. La varroase

1. L'agent : *Varroa destructor*

a. Description

La varroase est une maladie parasitaire dont l'agent responsable est un acarien, *Varroa destructor*. Elle touche à la fois le couvain d'ouvrières et de faux-bourçons et les ouvrières adultes. [10] Seule la femelle est retrouvée sur les abeilles. Elle mesure en moyenne 1,17 mm de long pour 1,71 mm de large. [147] Elle est brun rougeâtre, plus ou moins foncée en fonction de son âge, et sa face dorsale est légèrement bombée. La face ventrale porte quatre paires de larges pattes et le gnathosoma, qui peut être assimilé à une tête mais qui ne contient pas le cerveau. Le mâle, qui n'est pas retrouvé en dehors du couvain, est blanc jaunâtre et deux fois plus petit. [148]



Figure 26: Varroas dans une cellule de couvain

b. Epidémiologie

Le varroa est un acarien, parasite obligatoire de l'abeille domestique. *Varroa jacobsoni* a été observé pour la première fois en Indonésie en 1904 sur l'abeille asiatique *Apis cerana*. L'introduction par l'homme d'*Apis mellifera* sur le territoire asiatique a permis à l'acarien de changer d'hôte. [148] Si le varroa est en équilibre avec l'abeille asiatique, son parasitisme de l'abeille européenne est en revanche responsable de l'effondrement de nombreuses colonies. Une étude sur l'ADN de varroas prélevés sur *Apis cerana* en différentes régions d'Asie a permis de mettre en évidence l'existence au sein de l'espèce de dix-huit haplotypes, repartis principalement en deux clades : *Varroa jacobsoni* et *Varroa destructor*. Sur ces dix-huit haplotypes, seulement trois ont été retrouvés sur *Apis mellifera* dont le premier, *Varroa jacobsoni* haplotype de Java, est incapable de s'y reproduire. Parmi les haplotypes réellement

capables de parasiter l'abeille européenne, à savoir les haplotypes japonais et coréens de l'espèce nouvellement identifiée *Varroa destructor*, seul le second, qui est plus virulent, est retrouvé en Europe. [147]

c. Cycle de développement

Chez *Apis cerana*, le varroa se multiplie exclusivement sur le couvain mâle, ce qui explique en partie sa faible virulence vis-à-vis de son hôte initial. En revanche, il peut se multiplier dans l'ensemble du couvain d'*Apis mellifera*, avec cependant une préférence pour le couvain mâle. [148]

Seules les femelles fondatrices sont retrouvées sur les abeilles adultes. Celles-ci entrent dans une cellule du couvain, quelques heures avant son operculation (environ vingt s'il s'agit d'une cellule d'ouvrière, quarante s'il s'agit d'une cellule de mâle). Elles s'y laissent alors piéger, se dissimulant au fond de l'alvéole, dans la gelée larvaire afin d'échapper à la vigilance des nourrices. Une fois l'alvéole operculée, la femelle perce, grâce à ses chélicères un trou, généralement au niveau du cinquième segment de la nymphe. Cette zone, appelée zone de nourriture va permettre à la femelle et à sa descendance de se nourrir de l'hémolymphe de l'insecte. [148]

Entre 60 et 74 heures après l'operculation, la femelle pond un premier œuf, non fécondé (donc haploïde) qui donnera un mâle. Les œufs suivants, pondus environ toutes les trente minutes, donneront des femelles. Le nombre total d'œufs pondus dépend de la durée du développement post-operculation : il y en aura environ cinq dans une cellule d'ouvrière, et six dans une cellule de faux-bourdon. Seules les femelles arrivées à maturité avant l'éclosion de l'abeille adulte sont fécondées par le mâle. Les femelles filles fécondées, ainsi que la femelle fondatrice sortent de l'alvéole, en même temps que la jeune abeille. Le mâle en revanche reste dans la cellule et y meurt. [148]

La période au cours de laquelle l'acarien est fixé et transporté par l'abeille est appelée phorésie ; elle est indispensable à la maturation de la jeune femelle qui devient alors fondatrice. Pendant ce transport, les femelles continuent à se nourrir de la lymphe de leur hôte. Environ 80 % des femelles restent sur de jeunes ouvrières, ce qui leur permet de rester au plus proche du couvain. Les autres par contre sont transportées par des butineuses, assurant ainsi la dissémination à l'extérieur de la ruche. [148]

2. Effet pathogène

Le parasitisme par *V. destructor* touche adultes et couvain : adultes et couvain vont donc,

en fonction du taux d'infestation de la colonie, développer des signes cliniques. Les abeilles d'hiver courent le risque de voir leur espérance de vie diminuée : certaines ne vivront pas assez longtemps pour assurer la reprise du cycle au printemps, avec à terme, un risque d'effondrement de la colonie. On peut aussi observer une diminution du nombre de faux-bourçons. [149] L'infestation a une influence sur la durée de vol et sur la capacité des ouvrières infestées à rentrer à la ruche. [150] L'action pathogène de l'acarien tient à la fois de son propre parasitisme et de son rôle de vecteur de différents virus.

a. L'action spoliatrice

Les symptômes dépendent du taux d'infestation de la colonie : si celui-ci n'est pas maintenu bas, la colonie court un risque d'effondrement. [149] Les prises répétées d'hémolymphe conduisent à une diminution de son volume total mais également de son taux de protéines solubles, ce qui compromet le développement de la larve. [151]

b. L'action mécanique

Le parasitisme entraîne également des malformations et une faiblesse de la jeune abeille, et, lorsque l'infestation est importante, un couvain diminué et en mosaïque, la mort de larves avant l'émergence et l'émergence d'abeilles mutilées ou avec une plus faible espérance de vie. La perte de poids de cette dernière est en relation directe avec le nombre de fondatrices qui se sont introduites dans la cellule. [149]

c. L'action vectrice

Le rôle de l'acarien dans la transmission et la pathogénie de certains virus semble double :

- d'une part, rôle de vecteur : le varroa injecte les virus qu'il porte directement dans l'hémolymphe de l'abeille lorsqu'il se nourrit sur elle ;
- d'autre part, rôle d'activateur : via peut-être des protéines contenues dans sa salive, la « morsure » de varroa permet l'activation de certains virus, présents à l'état latent dans l'hémolymphe de l'abeille. [152]

Le virus des ailes déformées (DWV) [151], le virus de la paralysie aiguë (ABPV), le virus du Cachemire (KBV) [153] et le virus du couvain sacciforme (SBV) sont ainsi transmissibles du varroa à l'abeille. Ces virus semblent participer à l'effondrement des colonies fortement infestées [62], [151], principalement le DWV qui est responsable de déformations des abeilles émergentes. [10] Toutefois, les relations varroas-virus-abeilles sont encore assez peu comprises et font encore l'objet de nombreuses études. [62]

3. Diagnostic

Le varroa peut être observé à l'œil nu et l'affection peut être diagnostiquée sur trois types de prélèvements :

- les débris : le fond de la ruche est couvert d'un lange graisseux et d'un grillage, et les acariens peuvent y être observés soit en conditions naturelles (méthode de la chute naturelle), soit après traitement ;
- le couvain operculé, préférentiellement celui de mâle ;
- les abeilles adultes, prélevées sur des cadres de couvain non operculé. [154]

4. Contrôle

a. Le comportement de défense de l'abeille domestique

Les abeilles infestées par le varroa développent des méthodes de lutte contre le parasite. Ces méthodes sont de deux types. Les études ont montré que la lutte par *A. mellifera* est moins efficace que celle mise en place par l'hôte d'origine, *Apis cerana*. [148]

Le comportement hygiénique

Le comportement hygiénique désigne la capacité qu'ont les ouvrières à se débarrasser des cadavres d'abeilles et à éliminer le couvain atteint. [148] L'éviction des larves malades provoque la mort des immatures ; les fondatrices en revanche peuvent s'échapper et se réfugier dans une autre cellule ou sur une ouvrière adulte. Ce comportement dépend fortement de l'environnement. [130]

Le toilettage

Une abeille est capable d'éliminer une partie des varroas phorétiques, soit sur elle-même (auto-toilettage), soit sur une de ses consœurs (allonettoyage). Cette pratique ne semble pourtant pas totalement efficace et ordonnée : des observations montrent des cas de toilettage en l'absence de varroa, ou encore la fuite du parasite au cours du toilettage. [130] Actuellement la sélection de races « hygiéniques » constitue une des solutions étudiées pour lutter contre les problèmes de fortes infestations par *V. destructor*. [148]

L'adaptation

Nous avons évoqué précédemment la modification du temps de vol de retour à la ruche des butineuses parasitées. En effet, il a été observé que les colonies les plus parasitées ont tendance à perdre davantage de butineuses que les autres et que parmi celles qui rentrent à la

ruche, il en est moins de fortement infestées que de faiblement infestées. Ceci a été interprété comme une adaptation du comportement, une sorte de suicide, pour limiter l'infestation de la colonie. [150]

b. Lutte chimique par des molécules de synthèse

Quatre spécialités disposent en France d'une AMM pour le traitement de la varroase ; deux sont à base de thymol et sont compatibles avec le label BIO. Tous sont à mettre en œuvre après la période de miellée afin de limiter la présence de résidus dans le miel. Le traitement doit être fait systématiquement afin de maintenir l'infection en dessous d'un seuil de dommages acceptable. Des phénomènes de résistance du parasite à certaines molécules peuvent apparaître : il est donc primordial de respecter les consignes d'utilisation du fabricant.

APISTAN® (Fluvalinate)

Il s'agit d'un cyanopyrètrénoïde (action sur canaux sodiques) présentant une faible toxicité pour les abeilles (DL50contact =18,4 g par abeille). [148]

Le médicament se présente sous forme de lanières en plastique : le principe actif est libéré progressivement et agit par contact (des abeilles avec les lanières puis des abeilles entre elles) sur les varroas phorétiques. Deux lanières sont placées dans la ruche (une entre les cadres 3 et 4 et l'autre entre les cadres 7 et 8) et doivent être laissées en place 6 à 8 semaines. [148] Laisser ces lanières plus longtemps favorise l'apparition de résistance.

Dans les années 1990, des cas de résistance du varroa au fluvalinate ont été observés ; ce traitement n'a alors plus été conseillé. Quoi qu'il en soit, il est préconisé de réaliser une rotation des molécules utilisées, autant que faire se peut, tous les ans ou tous les deux ans. [155]



Figure 27: Lanières d'APISTAN®

APIVAR® (Amitraze)

L'amitraze était utilisé comme insecticide et acaricide en agriculture et en médecine vétérinaire contre les tiques, gales et demodex. L'APIVAR® se présente comme l'APISTAN® sous forme de languettes de plastique libérant le produit de façon prolongée. Là

encore, deux unités doivent être placées dans le corps de la ruche et laissées au moins six semaines après la récolte d'été et avant la miellée de printemps. [156]



Figure 28: APIVAR®

c. Lutte alternative

L'émergence de résistance des acariens aux acaricides synthétiques, de même que la volonté de certains apiculteurs de produire des miels « bio », incitent certains professionnels à utiliser des méthodes alternatives pour lutter contre le varroa. Ces techniques alternatives peuvent être soit chimiques, via des acides organiques ou des huiles essentielles, soit mécaniques. Elles sont d'une façon générale plus fastidieuses à mettre en place et nécessitent le suivi régulier de la chute d'acariens. En fonction de ce comptage, l'apiculteur peut attendre la fin de la miellée d'été pour traiter ses ruches, ou doit, en cours de saison, prendre les mesures qui s'imposent.

Lutte chimique

Acides organiques

Acide lactique

L'acide lactique est peu utilisé en climat froid ou tempéré et il présente des résultats variables. Il n'est pas actif sur les varroas présents dans le couvain. [148]

Acide formique

L'acide formique est un acide naturellement présent dans les miels en faible quantité, particulièrement dans les miels foncés comme celui de châtaigner, et dans les miels de miellat. Son utilisation comme varroacide est courante dans certains pays. Il est diffusé dans la ruche de façon prolongée et est actif tant sur les varroas phorétiques que sur les varroas présents dans le couvain operculé. [148] La concentration de la solution, le temps d'exposition et le nombre de traitements à réaliser sont fonction du taux d'infestation (estimé par la chute naturelle) et de la population dans la ruche, alors que la réussite du traitement

dépend de la température, du type de ruche et de la force de la colonie. [157] En fait de nombreux protocoles existent ; nous ne les détaillerons pas. En effet, chacun est défini pour une région donnée, dans un environnement donné.

Acide oxalique

L'acide oxalique n'est pas actif sur les varroas présents sur le couvain et peut être appliqué de trois manières différentes : par pulvérisation d'une solution aqueuse d'acide oxalique, par dégouttement d'un sirop de sucre concentré en acide oxalique ou par sublimation de cristaux d'acide oxalique à l'intérieur de la ruche. Des protocoles adaptés permettent une bonne efficacité sur colonie dépourvue de couvain tout en assurant une bonne tolérance des abeilles. [157] Cet acide ne figure pas à l'annexe II du règlement européen 2377/90, il s'agit d'une substance vénéneuse soumise à prescription vétérinaire. [148]

L'utilisation de ces acides, si elle présente une efficacité satisfaisante, présente également certains risques, que ce soit pour l'apiculteur, qui manipule un produit caustique, pour les abeilles, qui sont exposées à un produit chimique, ou pour le consommateur, qui consomme un miel non toxique, mais dont la qualité et le goût peuvent être altérés. La mise en œuvre de ces traitements implique donc le respect de règles de sécurité (port de gants, lunettes et éventuellement de masque, et accès à une source d'eau).

Huiles essentielles : thymol

Le thymol est extrait de l'huile essentielle de thym, *Thymus vulgaris* et est naturellement présent dans certains miels, principalement dans celui de tilleul. Il appartient au groupe II des médicaments vétérinaires défini par le règlement européen 2377/90. Composé liposoluble, il est susceptible de s'accumuler dans les cires, mais il s'évapore dans sa majorité. [148], [157] Deux spécialités à base de thymol disposent d'une AMM en France, THYMOVAR® et APIGUARD®. La mise en place d'un traitement au thymol impose de bien nourrir les colonies avant le traitement. [148], [157]

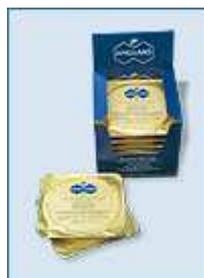


Figure 29: APIGUARD®

Lutte biotechnique

La lutte chimique contre *Varroa destructor* peut être complétée en cours de saison apicole par une lutte biotechnique : le retrait mécanique d'une partie de la colonie permet de limiter également le nombre d'acariens. Ainsi, l'élimination à deux ou trois reprises d'un demi-cadre de couvain de mâles operculé permet de diminuer de moitié la population de varroas, alors que la formation d'un nucléus à partir de la moitié du couvain operculé et de six à huit mille abeilles permet de la diminuer d'environ un tiers. [157]

Un traitement varroacide est donc indispensable pour maintenir un faible taux d'infestation, et, quelle que soit la technique choisie, il nécessite une bonne connaissance du cycle de développement de l'acarien. Un seul traitement par une seule molécule ne suffit pas : les protocoles de lutte alternative décrits pour la Suisse comportent un ou deux traitements à l'acide formique ou au thymol à la fin de la miellée d'été, suivis au mois de novembre par un traitement à l'acide oxalique. En cours de saison, des traitements ponctuels ne devront être envisagés qu'en cas d'urgence, et si les méthodes biotechniques ne suffisent pas à maîtriser l'infestation. Ces protocoles de traitement doivent être mis en place par région puisque la mauvaise gestion d'un rucher peut nuire aux ruchers voisins en favorisant les ré-infestations. [157]

VI. Le frelon asiatique *Vespa velutina*

1. Historique

Vespa velutina a été décrit pour la première fois en 1836 par Lepeletier. Il est alors présent dans une grande partie du sud-est asiatique. Ses très variables colorations permettent d'en différencier onze sous-espèces. [158] C'est la sous-espèce *nigrithorax* qui est identifiée en France, dans une commune du Lot-et-Garonne en novembre 2005. Cette même année est mis en évidence un nid de ce frelon asiatique. Un producteur de bonzaïs de la région affirme avoir reconnu ce même frelon dans sa propriété dès l'été 2004. Les insectes pourraient avoir été importés dans des poteries que ce commerçant fait venir régulièrement de Chine. Les spécialistes pensent alors à des individus isolés qui ne survivront pas à l'hiver. Mais la généralisation des déclarations et des cas de nidifications à partir de 2006 indique que l'espèce s'est acclimatée en France. Elle est désormais impossible à éradiquer. [158], [159], [160]

2. Description



Figure 30: Frelon asiatique sur une fleur d'aster [158]

Le frelon asiatique *V. velutina nigrithorax* est un hyménoptère social de la famille des Vespidae. L'adulte peut faire jusqu'à trois centimètres. Il est donc plus petit que le seul frelon jusqu'alors présent en France, le frelon européen, *Vespa crabo*, qui mesure en moyenne entre 34 et 42 mm. [161] Il a la face jaune orangé sur une tête noire. Le thorax est totalement noir et les segments abdominaux, noirs, sont bordés de jaune ; seul le quatrième porte une large bande de couleur. [158], [160], [162]

Le cycle du frelon est annuel. Dès les premiers soleils, au printemps, la femelle fondatrice sort d'hibernation. Elle recherche alors de quoi se nourrir (alimentation glucidique) et un endroit où fonder son nid. Elle pond quelques œufs, élève les premières larves et une fois que les premières ouvrières pourront s'occuper de la construction du nid et de l'alimentation de la colonie, la reine ne s'occupe plus que de la ponte. A l'automne, de nouvelles fondatrices et les mâles abandonnent le nid pour aller s'accoupler. Seules les femelles vont passer l'hiver pour générer l'année suivante leur propre colonie. [158]

Le nid du frelon asiatique est le plus souvent installé dans les arbres, d'où il est difficilement visible avant la chute des feuilles. Il est sphérique, formé de sorte de papier mâché et fait en moyenne, en France, 60 à 90 cm de hauteur pour 40 à 70 cm de diamètre. Il est constitué d'une enveloppe extérieure, formée de plusieurs strates espacées, d'environ 45 mm d'épaisseur, et au centre de six à sept étages, les « gâteaux de cellules » empilés verticalement. Un nid peut comporter jusqu'à 17 000 cellules. Cette structure ne comporte en principe qu'une seule ouverture [162] de 2 à 3 cm de diamètre. Au maximum, une colonie peut contenir de 1 200 à 2 000 membres. [163]



Figure 31: Nid de *V. velutina* [162]

3. Conséquences pour l'apiculture

En Asie, *V. velutina* s'attaque aux colonies d'*Apis cerana* et d'*Apis mellifera* : il tue les gardiennes une à une pour aller ensuite prélever le couvain, apport protéique pour ses propres larves. Ses proies ont cependant développé une technique de défense vis-à-vis du prédateur : celui-ci se retrouve entouré d'une masse d'abeilles qui vibrent des ailes et font ainsi monter la température intérieure de la « boule » jusqu'à 45°C, température qui fait succomber le frelon. Cette stratégie est cependant moins efficace lorsqu'elle est effectuée par l'abeille européenne qui ne côtoie le frelon que depuis une cinquantaine d'années. [158], [160] En France, le frelon ne peut pas pénétrer dans la ruche du fait de la taille de son ouverture. Il effectue alors un vol stationnaire, une trentaine de centimètres devant celle-ci et s'attaque à une butineuse qui rentre chargée de pollen et de nectar : il la neutralise et l'emporte pour la décapiter, lui enlever les appendices thoraciques et fait du reste une sorte de bouillie. Ceci constituera la nourriture du couvain. [162]

4. Contrôle

Le contrôle des populations de frelons asiatiques repose sur le signalement et le recensement géographique des individus, sur le piégeage des fondatrices au printemps et sur la localisation et la destruction des nids en été.

a. Signalisation

Le Muséum National d'Histoire Naturelle et l'Inventaire National du Patrimoine Naturel invitent les citoyens à signaler les frelons asiatiques ainsi que leurs nids, cela afin de suivre leur progression. En 2009, vingt-cinq départements au total avaient été confrontés à *V. velutina*. [164]

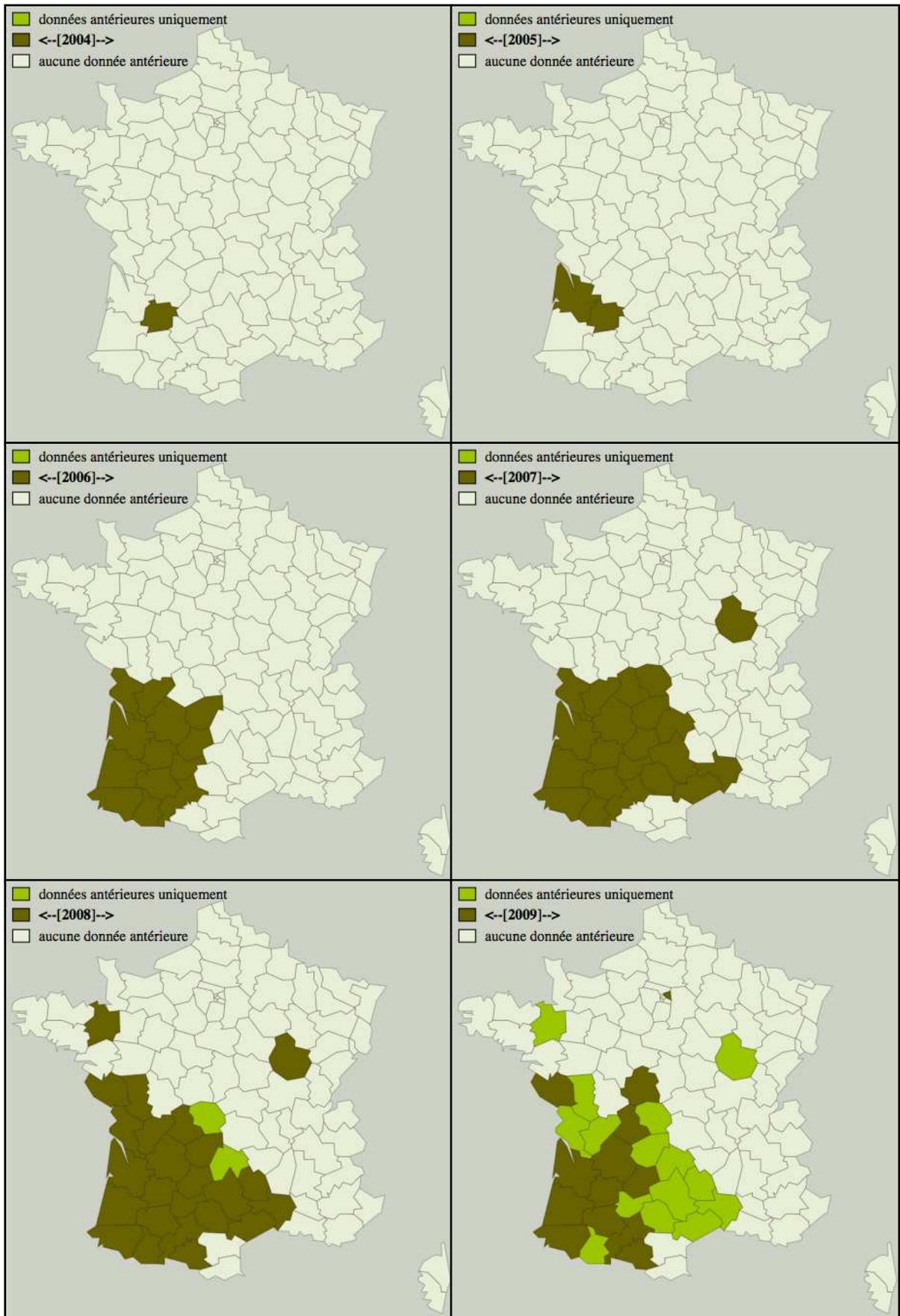


Figure 32: Progression de *Vespa velutina* entre 2004 et 2009 en France [164]

b. Piégeage

Le piégeage des fondatrices dès leur sortie d'hivernage permet d'empêcher la formation des nids. Elles ont alors un grand besoin en glucides, ce qui les rend vulnérables. Les pièges doivent être disposés à proximité, d'une part des anciens nids car les fondatrices hivernent non loin de ceux-ci, et d'autre part de sources d'eau car l'édification des nids suit les cours d'eau, et autres réservoirs. Les pièges mis en place doivent être suffisamment sélectifs pour ne pas nuire à l'entomofaune normale : les ouvertures pratiquées doivent empêcher les espèces plus grosses que l'espèce cible d'entrer, et permettre aux plus petites de sortir. [165]

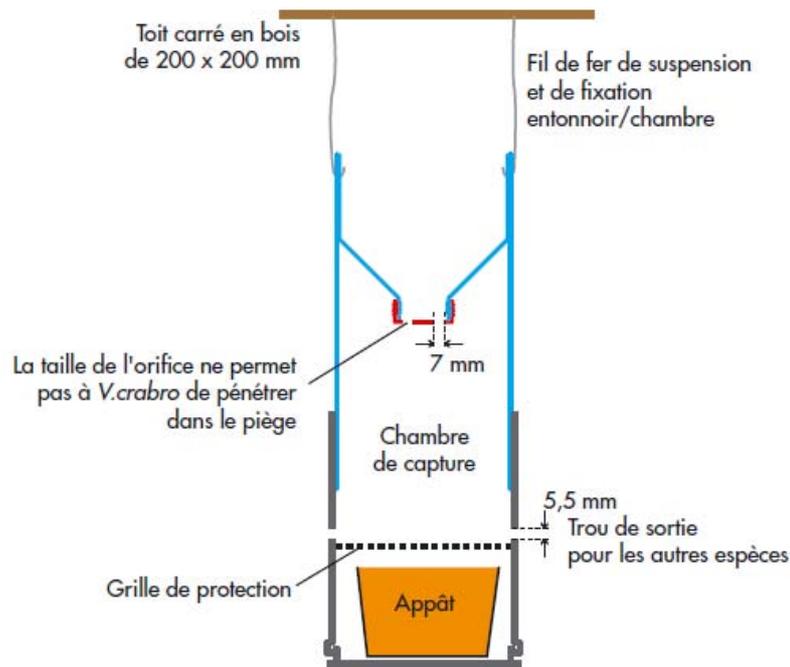


Figure 33: Schéma d'un piège à fondatrice de frelon asiatique [165]

c. Localisation et destruction des nids

La localisation des nids en vue de leur destruction est assez délicate, ceux-ci étant souvent au sommet des arbres, cachés par le feuillage. Une observation des angles d'envol des frelons depuis les ruchers ou de sites « appâts », ainsi que la connaissance des emplacements des points d'eau permet d'estimer, par cartographie satellite, l'emplacement du nid. L'intervention de nuit permet de détruire un maximum d'individus, car en journée, environ trente pour cent de la colonie est à l'extérieur du nid.

Une fois localisés, les nids doivent être détruits. L'obstruction de leur orifice (pour confiner les membres à l'intérieur) et l'injection d'un insecticide constitue, lorsqu'elle est possible, la méthode d'intervention idéale. Lorsque l'accès au nid est impossible, il faudra se contenter d'injecter un insecticide, en plusieurs points, grâce à un mât télescopique. Le

produit agira plus lentement, sur les individus entrant et sortant. Les adultes sont éliminés en 48 heures et la destruction du couvain doit se faire par récupération du nid ainsi sécurisé. Dans les deux cas, le nid doit être récupéré pour éviter la dissémination de l'insecticide dans la nature. [163]

Chapitre 3 Les facteurs environnementaux

De nombreux facteurs chimiques et biologiques peuvent donc être néfastes aux abeilles domestiques. L'environnement, et plus particulièrement la biodiversité florale alentour et le climat, peuvent également influencer l'état de santé de la ruche.

I. La perte de biodiversité florale

Nous l'avons vu, les apports en pollen doivent être suffisants et variés pour satisfaire les besoins protéiques, qualitatifs et quantitatifs de la colonie. Aujourd'hui, les modifications des paysages agricoles peuvent contribuer à diminuer cette variété pollinique et donc nuire au développement des abeilles.

1. Les cultures intensives

Les paysages agricoles actuels se caractérisent par des grandes surfaces de monocultures, traitées avec des herbicides donc totalement dépourvues de flore sauvage. Certaines espèces semées, comme le colza et le tournesol, sont exploitées par les abeilles. D'autres en revanche, telles que le maïs et les céréales, sont des cultures dépourvues d'intérêt apicole qui obligent les butineuses à étendre leur aire de travail. En plus de ces aspects qualitatif et quantitatif, ces cultures intensives posent un problème dans le temps. En effet, les périodes de miellées sur cultures d'intérêt sont entourées de périodes pauvres en ressources, du fait de l'absence quasi totale de flore adjacente, type « fleurs des champs » et éléments fixes du paysage comme les haies et talus. [166]

2. La destruction des sites d'intérêt

a. Suppression des haies, talus

Les éléments paysagés sont susceptibles de contenir des espèces végétales bénéfiques pour les abeilles domestiques (butinage) et sauvages (butinage et nidification). Nous détaillerons plus tard le cas des jachères. Les haies, qui ne font quasiment plus partie des paysages de grandes cultures, les bords de routes qui sont fauchés régulièrement et autres talus pourraient ainsi être gérés de manière à concilier esthétique, sécurité et intérêt apicole. [13] Certains départements (la Mayenne en 1994, le Cher en 2007, l'Indre en 2008) ont mis en place des

zones de fauchage tardif pour préserver l'entomofaune, tout en respectant les conditions de sécurité routière.

b. Broyage mécanique

En plus de l'impact à moyen terme de la disparition d'espèces végétales, le broyage mécanique d'espèces en fleurs est responsable de mortalité de pollinisateurs à très court terme. En effet, en cas de fauchage d'espèces en fleur, les insectes présents sur le site peuvent être blessés ou tués. [13] Le tableau 9 présente les conséquences, en terme de mortalité et morbidité d'abeilles, du broyage mécanique de trois plantes d'intérêt apicole.

Tableau 9: Incidence du broyage mécanique des couverts sur les abeilles butineuses [13]

| Type de couvert végétal broyé pendant la floraison | Phacélie (essai 1996) | Trèfle blanc (essai 1998) | Trèfle blanc (essai 1999) |
|---|--------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Nombre d'abeilles par hectare présentes dans le couvert avant le broyage mécanique | 260 000 | 17 000 | 39 000 |
| Nombre d'abeilles mortes ou blessées par hectare retrouvées dans le couvert après broyage mécanique | 90 000 | 9 000 | 24 000 |
| Taux de destruction des butineuses | 35% | 53% | 62% |

3. Une solution : les jachères apicoles

a. La Politique Agricole Commune

Depuis 1962, la Politique Agricole Commune (PAC) de l'Union Européenne vise à équilibrer, sur le territoire européen, les productions agricoles en fonction des besoins, de manière à assurer à la population une alimentation de bonne qualité, en quantité suffisante et à un prix abordable. Cependant, cette politique de subventions à la production a entraîné un excès de matières premières et un surstockage. La réforme de la PAC de 1992 a donc introduit un « gel obligatoire », ou obligation de mettre en jachère une partie, allant, en fonction des campagnes, de 5 à 15%, des Surfaces Céréales, Oléagineuses et Protéagineuses (SCOP). [167] Ce gel est strictement réglementé : dimensions, surface et localisation des zones, espèces autorisées en couvert végétal, entretien, produits phytopharmaceutiques autorisés sont définis légalement.

b. Les différents types de gel

Dès 1993, les chasseurs ont compris comment tirer profit des ces jachères et créent les

Jachères Environnement et Faune Sauvage (JEFS) : c'est une adaptation du gel agronomique classique au profit du petit gibier. Cette forme de jachère se caractérise par un fauchage tardif. Une variante de cette JEFS, pour laquelle les espèces semées présentent un intérêt nutritionnel pour les pollinisateurs a été créée : c'est la « Jachère apicole ». [13] La difficulté de l'initiative réside dans le choix des espèces en couvert, de manière à favoriser le développement tant des abeilles domestiques que des abeilles sauvages, en fournissant des sites de nidification et des aliments de qualité, bien répartis dans le temps. Ces jachères florales présentent de plus un intérêt paysagé très apprécié du grand public. [168]

Par la suite, le paiement des aides aux agriculteurs a été soumis au principe d'éco-conditionnalité : le respect de Bonnes Conduites Agro Environnementales (BCAE). Parmi ces BCAE, les « gros producteurs » sont tenus de mettre 3% de leurs SCOP en « couvert environnemental », encore appelé « bandes enherbées ». Celles-ci concernent en priorité les bords de cours d'eau. Enfin, la dernière forme de gel est la jachère « industrielle ». Les surfaces concernées doivent être exploitées dans un but « non alimentaire », principalement pour la production de biocarburants. [13]

c. L'intérêt du couvert végétal de ces surfaces gelées pour les pollinisateurs

Ces surfaces sont des espaces privilégiés et de nombreux travaux sont entrepris pour étudier et améliorer l'intérêt des couverts végétaux sur l'entomofaune. La réglementation de la mise en place des jachères agronomiques classiques pose cependant problème. Tout d'abord, les espèces florales utilisées en couvert végétal ne sont pas forcément adaptées aux besoins des abeilles. [168] D'autre part, l'obligation d'entretien (désherbage, fauchage précoce) peut soit ne pas être bénéfique aux pollinisateurs (destruction avant la floraison) soit leur être fortement dommageable (broyage mécanique en floraison entraînant la destruction des insectes présents). A ce niveau, les JEFN, fauchées tardivement, peuvent être de véritables réservoirs à insectes. Les « jachères apicoles », variantes de ces JEFN, sont spécialement mises en place pour fournir aux pollinisateurs des sites de nidification, ainsi que le nectar et le pollen indispensables à leur développement. [169] Le tableau 10 résume les caractéristiques des espèces jachères intéressantes pour les abeilles.

Les bandes enherbées, qui sont le plus souvent sous couvert de graminées ne présentent que peu d'intérêt pour les abeilles. Le colza semé sur jachères industrielles est bien sûr intéressant. Cependant, il ne constitue pas une alternative aux grandes cultures, ni sur le plan nutritionnel, ni sur le plan temporel. [169]

Tableau 10: Espèces autorisées sur la liste "jachères " et présentant des intérêts pour les insectes pollinisateurs [13]

| Nom commun | Famille (1) | Pérennité (2) | Dose de semis (kg/ha) | Coût de la semence (euros/ha) | Printemps | | Été - Automne | | Potentiel mellifère (kg/ha) | Intérêt agricole en tant que couvert |
|----------------------------|-------------|---------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|----------------------|------------------|----------------------|-----------------------------|---|
| | | | | | Période de semis | Période de floraison | Période de semis | Période de floraison | | |
| Lotier corniculé | L | P (2*) | 10-20 | 50-90 | Mars/Mai | Juin/Août | Août/Sept. | Avril/Juin | 25-50 | Développement lent, à associer |
| Lupin blanc (hiver) | L | A | 100-180 | 110-190 | Fév./Mars | Mai/Juill. | Fév./Mars | Mai/Juill. | | Cultivé surtout pour ses graines |
| Luzerne | L | P (3*) | 20-25 | 80-100 | Mars/Avril | Juin/Sept. | Juill./Août | Juin/Juill. | 200-500 | Très bon précédent céréales, très bon piège à nitrate |
| Luzerne lupuline (Minette) | L | P (2*) | 5-8 | 30-50 | Mars/Avril | Juin/Août | Août/Sept. | Mai/Juill. | 50-100 | Bon précédent céréales, à associer |
| Mélicot blanc | L | B | 20-25 | 80-110 | | | Août/Sept. | Mai/Sept. | 100-200 | Très bon précédent céréales, à éviter en zone culture luzerne |
| Moutarde blanche | C | A | 12-15 | 15-20 | Mars/Avril | Mai/Juill. | | | 50-100 | Installation rapide, cycle court, très bon piège à nitrate |
| Navette (hiver) | C | A | 5-8 | 15-20 | Mars/Avril | Juin/Août | | | 100-200 | Bonne installation |
| Phacélie | H | A | 8-10 | 30-50 | Avril/Mai | Juin/Sept. | | | 200-500 | Montée à graine à contrôler (broyage) |
| Radis fourrager | C | A | 20-25 | 55-70 | Mars/Avril | Mai/Juill. | | | | Installation rapide, bon piège à nitrate |
| Sainfoin | L | P (2) | 30-50 | 90-140 | Mars/Avril | Juin/Sept. | | | 100-200 | Bon précédent céréales, peu cultivé |
| Sarrasin | P | A | 50-60 | 110-130 | Mai/Juill. | Juin/Sept. | | | 50-100 | Céréale « blé noir », peu cultivée |
| Trèfle d'Alexandrie | L | A | 15-20 | 40-60 | Avril | Juin/Juill. | | | | Bon précédent céréales, installation rapide |
| Trèfle blanc | L | P (3*) | 5-8 | 20-35 | Mars/Avril | Juin/Sept. | Août/Sept. | Mai/Sept. | 50-100 | Bon précédent céréales, à associer |
| Trèfle hybride | L | P (2*) | 12-15 | 40-53 | Mars/Avril | Juin/Sept. | Août/Sept. | Mai/Août | 200-500 | Bon précédent céréales, à associer |
| Trèfle incarnat | L | A | 15-20 | 30-50 | Avril | Juin/Juill. | Août/Sept. | Mai/Juin | 50-100 | Bon précédent céréales, installation rapide |
| Trèfle de Perse | L | A | 15-20 | 35-56 | Avril | Juin/Juill. | | | | Bon précédent céréales |
| Trèfle violet | L | P (2*) | 15-25 | 30-62 | Mars/Avril | Juill./Sept. | Août/Sept. | Mai/Juill. | 200-500 | Bon précédent céréales, installation rapide |
| Vesce commune | L | A | 40-50 | 30-50 | Mars/Avril | Juin/Juill. | Août/Sept. | Mai/Juin | 50-100 | Très bon précédent céréales, étouffant |
| Vesce de Cerdagne | L | A | 30-40 | 60-70 | Mars/Avril | Juin/Juill. | | | | Très bon précédent céréales, étouffant |
| Vesce velue | L | A | 30-40 | 70-90 | Mars/Avril | Juin/Juill. | | | | Très bon précédent céréales, étouffant |

Source : P. Gratadou (Ets Jouffray-Drillaud, Poitiers) ; R. Allerit (GEVES, Lusignan).

(1) Famille : C, Crucifères ; H, Hydrophyllacées ; L, Légumineuses ; P, Polygonacées.

(2) Pérennité : A, Annuelle ; B, Bisannuelle ; P, Pérenne ; (X*), X ans et plus.

d. Avenir

Aujourd'hui, le gel obligatoire a été supprimé. Cependant, si l'agriculteur choisit de ne pas remettre ses terres gelées en culture, il doit continuer à suivre les réglementations jachères pour continuer à bénéficier des aides européennes. [170]

II. Les facteurs climatiques

Les conditions climatiques ont également une grande influence sur l'état sanitaire des ruches.

1. Le climat et le cycle de la colonie

La météorologie peut influencer de diverses manières la santé de la ruche :

- Un climat humide peut confiner les abeilles dans la ruche et favoriser le développement de maladies ;
- Un hiver trop long peut retarder les premières sorties des butineuses et les empêcher d'effectuer leur vol de propreté ;
- De mauvaises conditions prolongées en période de miellée peuvent empêcher les butineuses de sortir et donc réduire les réserves, situation d'autant plus néfaste qu'elle se déroule pendant la préparation à l'hivernage. [10]

2. Le climat et les productions végétales

Le climat peut également avoir des conséquences sur les productions végétales et donc, indirectement, sur la santé des abeilles. Ces conséquences peuvent survenir à plus ou moins long terme :

- A court terme, les conditions météorologiques conditionnent la période de floraison, la quantité et la qualité de nectar produit (celui-ci étant d'autant plus concentré et rare que le climat sera sec et chaud) ;
- A long terme, le réchauffement climatique provoque une évolution de la flore et par conséquent une évolution, voire la disparition de la faune pollinisatrice associée. [64]

4^{ème} Partie : les tentatives de sauvegarde

Les fortes mortalités d'abeilles observées au cours des années passées ont permis à chacun de se rendre compte de la nécessité d'agir rapidement pour leur sauvegarde. De nombreuses actions ont alors vu le jour, à l'initiative tant des acteurs de la filière bien sûr, que des scientifiques et des politiques.

I. Les apiculteurs

Les apiculteurs, directement concernés, sont bien sûr impliqués dans de nombreuses démarches en faveur de la sauvegarde de leur abeille mellifère.

1. Le projet « abeille, sentinelle de l'environnement »

Le projet, créé en 2005 à l'initiative de l'UNAF, vise à sensibiliser le grand public à l'importance écologique de l'abeille et au danger qu'elle court sous la pression des produits phytopharmaceutiques.

a. L'idée

Ce projet naît d'un constat :

- d'une part l'analyse des miels permet d'étudier la flore dans l'environnement direct de la ruche ;
- d'autre part l'abeille se porte actuellement mieux en ville que dans les campagnes.

Ce deuxième point est lié à la forte variété floristique dans les grandes villes, à la température, qui y est légèrement supérieure et à l'absence de traitements phytosanitaires. [41] Ainsi, toutes les grandes villes accueillent aujourd'hui des ruches. A Paris, parmi les trois cent ruches déclarées, quelques-unes sont installées, depuis 1982, sur le toit de l'Opéra Garnier et produisent chaque année un miel de grande renommée. [171] Ces ruches urbaines produisent une quantité de miel proche du double de celle des ruches rurales. [172]

b. La charte

Le projet consiste en un contrat entre l'UNAF et des partenaires de différents horizons professionnels pour l'installation de ruches « sentinelles ». L'UNAF se charge de l'installation et du suivi du rucher (assurance, collecte, organisation d'opérations « grand public », tandis que le partenaire s'engage à respecter les douze points de la charte :

- « soutenir l'action de l'UNAF auprès des pouvoirs publics pour obtenir une

- véritable protection de l'abeille ;
- exiger une stricte application de la directive 91/414 en matière d'homologation des produits phytosanitaires ;
 - favoriser une agriculture réellement respectueuse de l'environnement ;
 - ne pas utiliser de produits phytosanitaires toxiques pour les abeilles dans les parcs et jardins ou terrains appartenant à notre collectivité ;
 - ne pas procéder à la mise en culture de plantes génétiquement modifiées ;
 - favoriser l'implantation et la mise en cultures de végétaux à vocation pollinifère et nectarifère ;
 - favoriser l'information en direction des agriculteurs ;
 - favoriser l'installation de nouvelles colonies et de nouveaux apiculteurs ;
 - favoriser la connaissance de l'abeille et de l'apiculture ;
 - promouvoir le rôle de l'abeille comme sentinelle de l'environnement ;
 - promouvoir les produits apicoles du terroir et les recherches dont ils peuvent faire l'objet ;
 - favoriser les échanges entre apiculteurs sur le plan international. » [41]

c. Les partenaires

Les partenaires de « L'abeille, sentinelle de l'environnement » sont soit des collectivités (des régions comme la région Pays de Loire, des conseils généraux comme celui de l'Ain, des comités d'agglomération avec Agglopolys, le comité d'agglomération de la ville de Blois, ou des villes comme la ville de Besançon), soit des entreprises. Parmi ces derniers, on citera les magasins BOTANIC dont neuf sont équipés de ruches. [41]



Figure 34: Logo de "l'Abeille, sentinelle de l'environnement" [41]

2. Les rendez-vous

L'année apicole est marquée par de nombreux rendez-vous de passionnés. Les congrès nationaux, organisés par les syndicats ou organisations sanitaires, réunissent chaque année de nombreux participants autour de sujets d'actualité. En 2009, la France a accueilli en outre Apimondia, un congrès international.

a. Congrès nationaux

Les congrès nationaux sont l'occasion pour les apiculteurs de diverses régions de partager leur savoir-faire apicole, leurs expériences mais également de découvrir une culture et une histoire régionale.

Le congrès de la FNOSAD

La FNOSAD organise, tous les deux ans, un congrès national réunissant apiculteurs et autres acteurs de la filière apicole, mais aussi curieux souhaitant s'y intéresser. La 39^{ème} édition, à laquelle nous avons participé, s'est tenue du 27 février au 1^{er} mars 2009, en Moselle, à Saint-Avold, sur le thème « Pour que vivent nos campagnes ». Outre des conférences sur l'avancée de la recherche sur l'abeille, les congressistes ont pu entendre des délégations étrangères et découvrir certains aspects de leur filière apicole nationale.

Le congrès National de l'apiculture française

Chaque année, le *Congrès national de l'apiculture française* est organisé en alternance par les deux grands syndicats d'apiculteurs, l'UNAF et le SNA. C'est l'UNAF, avec le Syndicat d'Apiculture du Rhône, qui était chargé de l'organisation de la 17^{ème} édition, les 23, 24, 25 et 26 octobre 2008 à Villefranche sur Saône. Les interventions, présentées par des orateurs de diverses nations, devaient réunir plus de 5 000 congressistes autour de problèmes généraux ou d'actualité. Ce congrès a été marqué notamment par l'intervention de Monsieur Martial Saddier qui présentait son rapport et en a précisé certains points (voir dans la 4^{ème} partie, le III.2. Le rapport Saddier « Pour une filière apicole durable »). [41]

b. Congrès international : Apimondia

Tous les deux ans, Apimondia organise un congrès international. L'organisation de la 41^{ème} édition a été remportée par la France avec l'UNAF ; elle s'est tenue du 10 au 15 septembre 2009 à Montpellier autour du thème « L'Abeille, sentinelle de l'environnement ». 10 000 congressistes étaient attendus, autour de 500 scientifiques, 260 conférences et 200 exposants, alors que plus de 100 pays étaient être représentés. [173]

II. Les scientifiques

1. Au niveau national

a. L’Afssa

L’Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments est un établissement public placé sous la tutelle des ministères de la santé, de l’agriculture et de la consommation. Elle exerce une mission de veille et d’alerte, d’expertise et de recherche sanitaire vis-à-vis de problèmes humains, végétaux, animaux et environnementaux. Le laboratoire d’études et de recherches des ruminants et des abeilles, situé sur le site de Sophia-Antipolis, étudie les maladies de l’abeille, les intoxications par les pesticides et les résidus dans les produits de la ruche. [174] Il a été nommé par l’OIE « laboratoire de référence en pathologie apicole ». [175]

Le groupe de travail « mortalités, effondrements et affaiblissements des colonies d’abeilles »

L’Afssa a créé en mai 2007 un groupe de travail intitulé « Mortalités, effondrements et affaiblissements des colonies d’abeilles » chargé d’analyser les études sur le sujet, d’identifier les causes de ces troubles, de les confronter avec la situation française et de formuler des recommandations en matière de recherche et de surveillance sanitaire. [176] En novembre 2008, ce groupe de travail présente un rapport de 156 pages dans lequel il recense une quarantaine de causes de mortalités des abeilles. Il dresse également un état des lieux de la filière apicole française et émet des recommandations visant à améliorer la situation sanitaire française. [174] Ce rapport a été présenté en juin 2009 aux différents intéressés à l’occasion d’un colloque organisé par l’Afssa. [174]

Les enquêtes de terrain

Plusieurs enquêtes ont été réalisées par l’Afssa afin de déterminer les causes de mortalité des colonies d’abeilles. Dès 1987-1988, le phénomène d’affaiblissement a été étudié sur dix-sept ruchers répartis sur dix départements. L’étude concluait à une grande importance des maladies (varroase et nosémosé) sur les mortalités hivernales, à une carence en pollens et à une forte contamination par des résidus de pesticides. [177]

Une enquête prospective multifactorielle a été conduite entre 2002 et 2005 sur 120 colonies d’abeilles domestiques provenant de vingt-quatre ruchers sur cinq départements. L’enquête n’a pas permis de mettre en évidence des taux de mortalité anormaux. L’étude des pathogènes a montré un fort taux de contamination. Les auteurs ont également mis l’accent

sur le problème de l'insuffisance de prévention vis-à-vis de la varroase. Enfin, le suivi des résidus de pesticides a révélé dans la plupart des colonies une contamination multi-résidus mais faible, les molécules les plus retrouvées étant l'imidaclopride et le coumaphos. [178]

Les études de mortalités hivernales de 1999-2000 et 2005-2006 aboutissent à des conclusions similaires, à savoir un parasitisme inquiétant par varroa, associé à des traitements insuffisants et mal maîtrisés et l'absence de résidus de pesticides. [177], [179]

b. L'INRA d'Avignon

L'Institut National de la Recherche Agronomique est un institut de recherches dans les domaines de la santé, de l'environnement et de l'agriculture. Il vise à favoriser une alimentation saine et de qualité. Le site d'Avignon héberge l'unité « Abeille et Environnement » qui mène des études, tant sur la biologie des pollinisateurs que sur leur impact sur les productions végétales et alimentaires.

En 2004 est lancé pour une période de cinq ans un vaste programme européen d'étude de la biodiversité, ALARM (Assessing LArge-scale environmental Risks for biodiversity with tested Methods). Ce programme s'articule autour de quatre modules : « Changements climatiques », « Produits chimiques », « Espèces invasives » et « Pollinisateurs ». L'INRA d'Avignon est l'un des neuf partenaires de ce dernier module. [180]

c. Les vétérinaires

Nous avons déjà évoqué le problème du manque d'implication des vétérinaires dans la situation sanitaire apicole. Afin de pallier ce déficit, un diplôme destiné aux vétérinaires a été mis en place en 2005. L'école de Nantes est en outre co-organisatrice d'un tout nouveau rendez-vous scientifique : la Journée Scientifique Apicole.

Le diplôme inter-Ecoles « Apiculture et pathologie apicole »

Depuis 2005, les Ecoles Nationales Vétérinaires de Nantes et de Maisons-Alfort dispensent une formation diplômante intitulée « Apiculture et pathologie apicole ». Le but est de former ces spécialistes des animaux à une espèce peu étudiée au cours de leur cursus initial, et de créer ainsi un maillage géographique national de vétérinaires qualifiés en apiculture.

Les objectifs pédagogiques du diplôme sont : l'acquisition des bases théoriques et pratiques sur l'abeille (morphologie, biologie, vie de la ruche), des bases pratiques pour manipuler des colonies d'abeilles à des fins de diagnostic, de prélèvements ou d'expérimentations, et l'acquisition de connaissances en pathologie apicole et gestion des

diverses affections. La formation se compose de quatre modules : « L'abeille, la colonie, conduite du rucher », « Pathologie apicole », « Stage sur le terrain dans une exploitation apicole, réalisation du rapport de stage (audit d'élevage) », « Pathologie apicole (suite). Réglementations, gestion sanitaire. Exposés des rapports de stage et audits sanitaires ». [181] Grâce aux deux premières sessions (2005-2006 et 2007-2008), dix-huit vétérinaires ont été formés. La troisième session est en cours depuis janvier 2009.

La JSA (Journée Scientifique Apicole)

L'Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes, en partenariat avec la FNOSAD, a mis en place une Journée Scientifique Apicole (JSA), journée annuelle de rencontre réservée aux scientifiques, qu'ils soient chercheurs, ingénieurs ou vétérinaires, impliqués dans les problèmes sanitaires apicoles. La première édition, à laquelle nous avons pris part, s'est tenue le 28 février 2009 à Saint-Avoid, en annexe du congrès de la FNOSAD, et réunissait les participants autour de trois sessions : « Apidologie, actualités, conséquences », « Agents chimiques et intoxications » et « Agents vivants pathogènes et maladies ». Orateurs et participants se sont donc rencontrés autour de quatre mots d'ordre : « Communiquer », « Echanger », « Partager » et « Apprendre ». [182]

2. Au niveau international

a. L'EFSA

En 2008, L'EFSA (Autorité Européenne de Sécurité des Aliments) a entrepris, à la demande de l'Afssa, une enquête internationale sur les questions apicoles. Le questionnaire transmis aux états concernait les taux de contamination des miels par des résidus de pesticides, les systèmes de surveillance des troubles des abeilles mis en place et la situation de la production de miel. Le rapport issu de cette enquête fait état de grandes disparités entre les états répondeurs (22 états membres, la Norvège et la Suisse). [176]

Afin de comprendre les causes du syndrome d'effondrement des colonies et d'harmoniser le suivi épidémiologique, l'EFSA finance depuis janvier 2009 un consortium de scientifiques européens, dirigé par l'Afssa, pour réaliser un projet de neuf mois sur le déclin des populations d'abeilles. [183]

b. Le réseau COLOSS

Un réseau regroupant 152 membres (provenant de 37 pays, d'Europe, d'Asie et d'Amérique) a été créé. [184] Ce réseau COLOSS (COLony LOSSes) est dirigé par le centre

de recherche Agroscope Liebefeld-Posieux (ALP) en Suisse. Il est constitué de quatre groupes de travail : « Contrôle et diagnostic », « Maladies et Prédateurs », « Environnement et Apiculture » et « Diversité et Vitalité ». [184] L'objectif de cette collaboration est d'identifier les responsables des mortalités – tant au niveau de l'abeille qu'au niveau de la colonie – ainsi que les interactions entre ces facteurs, afin de mettre en place des mesures permettant de prévenir ces pertes. [184]

III. Les politiques

Les pouvoirs publics ont pris conscience des difficultés que traverse la filière apicole et du déclin qui touche les abeilles sauvages et domestiques depuis quelques années. C'est ainsi que l'abeille a trouvé sa place dans les débats du Grenelle Environnement. Afin de mettre en œuvre les propositions apportées lors de cet événement, une mission parlementaire a été confiée en 2008 à Monsieur Martial Saddier, député de la Haute-Savoie.

1. Le Grenelle Environnement

Le Grenelle Environnement est un projet national initié en 2007 par le Président de la République française Nicolas Sarkozy et organisé par Jean Louis Borloo, Dominique Bussereau et Nathalie Kosciusko-Morizet.

a. Présentation du projet

L'idée

L'événement visait à réunir en groupes de travail des professionnels de divers horizons, autour de thèmes en rapport avec l'écologie et le développement durable. Les discussions devaient se concrétiser par une liste de quinze à vingt mesures à réaliser. Les six groupes créés, d'une quarantaine de participants chacun, étaient :

- « lutter contre les changements climatiques et maîtriser la demande d'énergie » ;
- « préserver la biodiversité et les ressources naturelles » ;
- « instaurer un environnement respectueux de la santé » ;
- « adopter des modes de production et de consommation durables » ;
- « construire une démocratie écologique » ;
- « promouvoir des modes de développement écologiques favorables à l'emploi et à la compétitivité ».

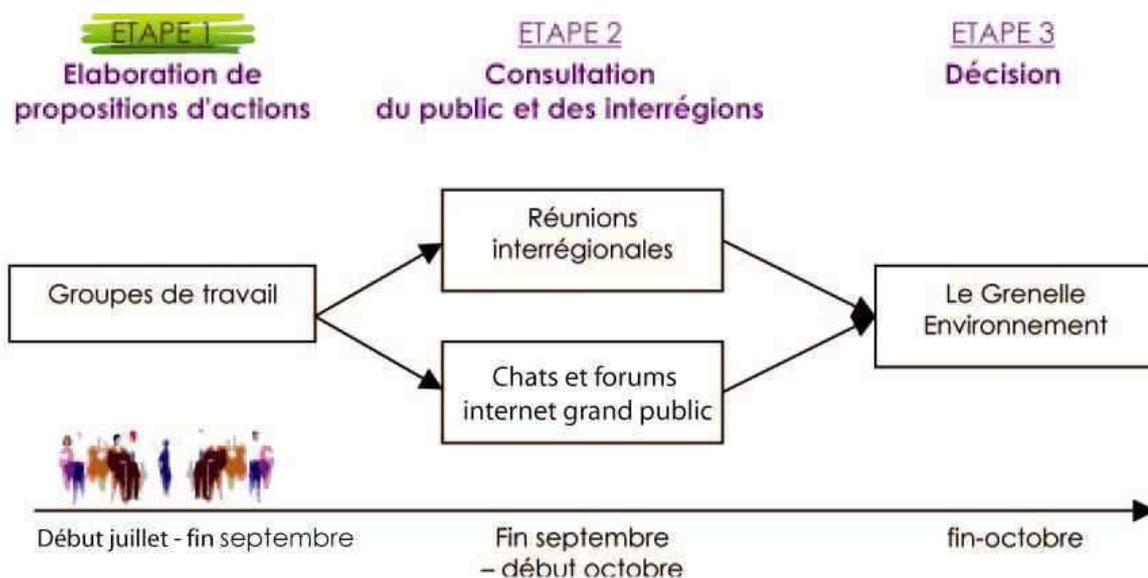


Figure 35: Etapes du Grenelle Environnement (année 2007) [185]

Les propositions ainsi formulées à l’issue de ces discussions ont ensuite été soumises à l’avis du grand public avant d’en tirer les conclusions, au mois d’octobre. [185]

Le groupe de travail « préserver la biodiversité et les ressources naturelles »

Le groupe de travail « préserver la biodiversité et les ressources naturelles » est chargé, entre autres choses, du problème des pollinisateurs sauvages et domestiques. Dans son rapport du 27 septembre 2007 il propose un programme constitué de 119 actions, organisées en quatre items :

- Développer la science et partager la connaissance pour relever le défi de l'érosion de la diversité biologique
- Une gouvernance partagée au service de la conservation de la biodiversité et des ressources naturelles
- Des actions fortes pour conserver les ressources naturelles et stopper la perte de la biodiversité : l'assurance vie de chacun
- Economie et biodiversité.

Parmi ces actions, on retiendra : « mettre en œuvre un plan national de sauvegarde des insectes pollinisateurs et des abeilles ». [186]

b. Les abeilles dans la loi du 03 Août 2009

La loi n° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement (1), publiée au journal officiel de la république française du 05 août 2009, prévoit la mise en place en 2009 d'«un plan d'urgence en faveur de la

préservation des abeilles », l'organisation d'« une interprofession de la filière apicole » et la « création d'un institut scientifique et technique de l'abeille ». Elle réinstalle également la déclaration annuelle obligatoire des ruches à compter du 1^{er} janvier 2010. [49]

2. Le rapport Saddier « pour une filière apicole durable »

Afin de mettre en pratique les propositions apportées lors du Grenelle Environnement, le Premier ministre, Monsieur François Fillon charge, en janvier 2008, Monsieur le Député de la Haute-Savoie, Martial Saddier, de définir un plan d'action en faveur des pollinisateurs. [187]

a. L'ordre de mission

La lettre de mission précise les points à développer :

- « l'organisation de la surveillance de l'état sanitaire des ruchers ;
- l'aménagement du territoire permettant d'assurer la suffisance des ressources nutritionnelles des abeilles et leur sécurité sanitaire, sans préjudice de la nécessaire prise en compte de la protection sanitaire des cultures ;
- l'accompagnement technique de la filière apicole et le développement d'un programme de recherche et de développement sur des méthodes d'apiculture durable ;
- l'accompagnement du développement économique durable de la filière apicole, intégrant notamment les aspects liés aux signes de qualité et à la structuration de la commercialisation ainsi que les aspects fiscaux et fonciers ;
- la relance d'une politique productive de qualité, la France étant aujourd'hui largement importatrice de miel. »

b. Les conclusions et propositions

Le rapport « pour une filière apicole durable » est remis le 10 octobre 2008. Il comprend vingt-six propositions de mesures. Parmi celles-ci, on citera tout d'abord :

- 2- Déclaration annuelle des ruches rendue obligatoire à compter du 1^{er} janvier 2010
- 3- Création d'une interprofession apicole
- 6- Création d'un « Institut technique et scientifique de l'abeille »

Ces points, nous l'avons vu, seront concrétisés par la mise en application de la loi de mise en œuvre du Grenelle de l'environnement. Un comité opérationnel apicole, présidé par Martial Saddier, a été réuni en vue de définir les membres du futur institut technique ainsi que les modalités de création de cette structure.

Concernant la formation, prévue par la douzième proposition « La formation: mise en place d'un BTS ACSE option apicole », un MIL (Module d'Initiative Locale) « apicole » est actuellement mis en place. Ce module ne constitue que la « première étape de professionnalisation de la filière ». Il concerne, dès la rentrée 2009, les étudiants préparant un BTSA (Brevet de Technicien Supérieur Agricole) « Analyse et conduite de systèmes d'exploitation » (ACSE), « Technologies végétales », « Productions animales », « Production horticole », « Gestion et protection de la nature » et « Aménagements paysagers ». Le but de cette formation est de sensibiliser les spécialistes agricoles à l'importance de l'abeille pollinisatrice et à l'importance du maintien de la biodiversité. [188]

Les autres mesures concernent principalement l'organisation de la filière, la recherche sur les différents facteurs de mortalité des abeilles, la réglementation des produits de la ruche et les apoïdes sauvages. La dernière mesure enfin propose l'inscription de l'abeille au patrimoine mondial de l'UNESCO.

Conclusion

L'homme a aujourd'hui pris conscience de l'importance d'une large biodiversité générale, tant végétale qu'animale. Il est également averti du rôle majeur de l'abeille, en tant que pollinisateur de plantes, d'intérêt alimentaire notamment, et donc en tant qu'acteur de cette biodiversité. Cependant, l'abeille domestique semble aujourd'hui en danger : depuis quelques années, les apiculteurs de tous pays enregistrent des taux de mortalité record, notamment au cours de l'hiver 2006-2007. Un des obstacles à la compréhension du problème réside dans le manque de communication et de cohésion entre les différents intervenants de la cause apicole, chacun défendant et soutenant sa propre hypothèse.

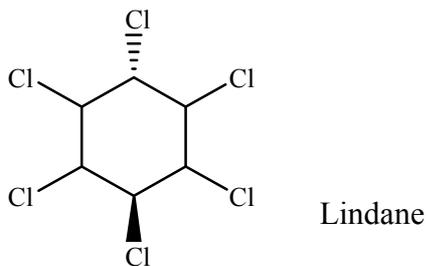
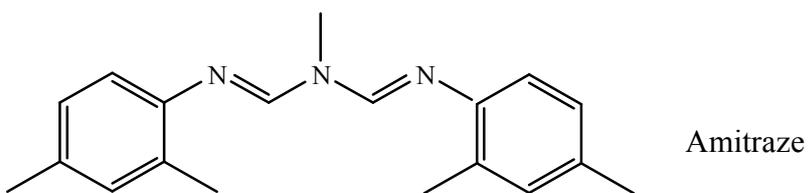
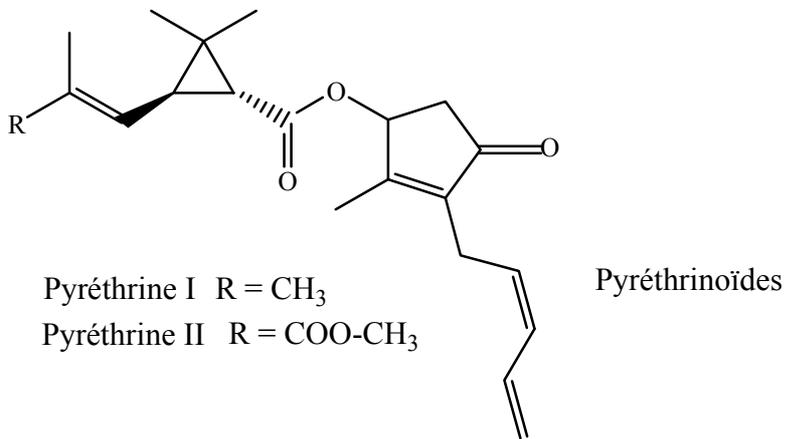
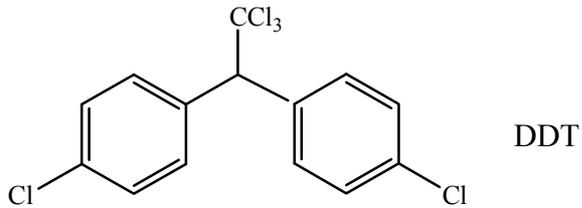
Il est aujourd'hui admis que le déclin des abeilles est un phénomène multifactoriel. Parmi les nombreuses menaces qui pèsent sur elles, nous avons largement détaillé le cas des pesticides. Ils sont assurément néfastes pour *Apis mellifera*, soit directement, via leur mécanisme d'action, soit indirectement, en détruisant des plantes d'intérêt nutritionnel. Mais aussi toxiques puissent-ils être, il est désormais évident que ces pesticides ne sont pas à eux seuls responsables de tous les maux. La varroase, la loque américaine ou encore la nosémose sont de redoutables maladies apicoles. Si elles ne représentent pas de nouveaux ennemis, elles ont assurément profité de la mondialisation des échanges pour se répandre, coloniser de nouvelles aires géographiques et nuire à de nouvelles espèces. Il en est de même pour le frelon asiatique, prédateur tout récemment installé en France. Différentes études enfin témoignent d'une diminution des ressources alimentaires – qualitative et quantitative – des apoïdes, du fait de la généralisation des monocultures et de l'absence régulière d'espèces mellifères auxiliaires. L'homme, dénominateur commun de toutes ces causes, est finalement le plus gros ennemi de l'abeille domestique.

Malgré l'abondance de connaissances sur le sujet, l'abeille domestique est un insecte social fascinant et mystérieux qui n'a pas fini de passionner les individus, amateurs, curieux ou professionnels, et les problèmes actuels qu'elle rencontre n'ont pas fini de mobiliser ses défenseurs. Les tentatives mises au point pour sa défense ne sont encore que des esquisses de ce qui devra être fait dans un avenir proche afin de s'assurer de sa survie. Car si la disparition des abeilles nous semble un scénario apocalyptique, il existe toute une province, en Chine, où des familles entières d'agriculteurs sont obligées, chaque année, de se substituer à ces précieux hyménoptères ayant totalement déserté la région, et de polliniser manuellement leurs vergers de pommiers et de poiriers, fleur après fleur... [189]

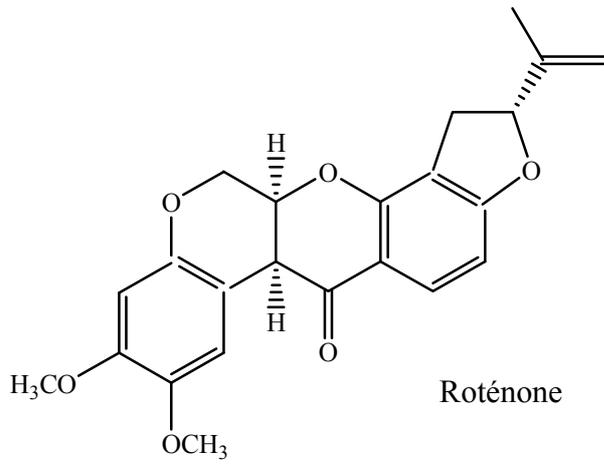
Annexes

Annexe 1 : Formules développées de certains insecticides

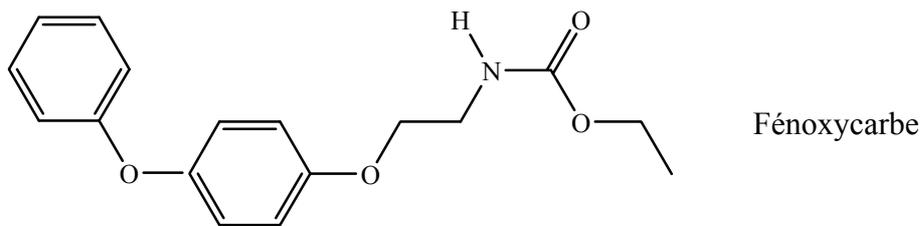
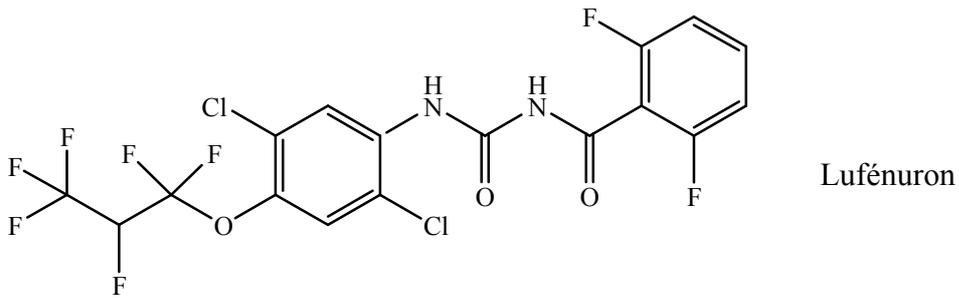
- Insecticides agissant sur le système nerveux



- Insecticides agissant sur la chaîne respiratoire



- Insecticides agissant sur la croissance des insectes



Annexe 2 : Techniques de laboratoire pour l'identification bactérienne

Coloration de Gram :

La coloration de Gram, mise au point en 1883 par C. Gram est une série d'opérations conduisant au classement des bactéries en deux groupes, suivant la nature de leur paroi :

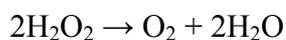
- Les bactéries gram (-), qui apparaissent roses
- Les bactéries gram (+) qui apparaissent violettes.

Il existe plusieurs variantes à cette technique ; nous détaillerons la suivante à titre d'exemple :

- Violet de gentiane phéniqué 2 min
Rincer à l'eau
- 1^{ère} solution de Lugol 15 sec
Rejeter
- 2^{ème} solution de Lugol 1 min 45 sec
Rejeter
- Alcool à 95° 25 sec
Laver à l'eau afin d'éliminer toute trace d'alcool
Ne pas diriger le jet d'eau directement sur la préparation
- Fuchsine de Ziehl au 1/10 30 sec
Laver à l'eau
Sécher entre deux feuilles de papier ou sur une platine chauffante.

Test à la catalase :

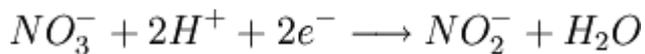
La catalase est une enzyme qui décompose l'eau oxygénée en eau et en oxygène libre qui se dégage sous forme gazeuse suivant la réaction suivante :



La mise en œuvre d'un test à la catalase nécessite la mise en présence de la colonie bactérienne à tester et d'eau oxygénée. Si un dégagement gazeux est observé, les bactéries sont « catalase (+) », dans le cas contraire, elles sont « catalase (-) ».

Test à la nitrate réductase :

La nitrate réductase transforme le nitrate en nitrite (chez certaines bactéries, la réduction peut se poursuivre jusqu'aux stades azote ou ammoniac)



Sa mise en évidence nécessite la mise en culture de la bactérie à identifier en présence de nitrate (de potassium par exemple). Une réaction colorée est ensuite utilisée : en présence de nitrite, l'ajout d'acide sulfanilique et d'alpha naphthol conduit à une coloration rouge. En pratique :

- Une coloration rouge apparaît : la bactérie est nitrate réductase (+) ;
- L'absence de coloration signifie que, soit :
 1. La bactérie est nitrate (-) : l'ajout d'une pincée de cadmium ou de zinc entraîne la réduction des nitrates en nitrites : le milieu vire au rouge ; Soit
 2. La bactérie est nitrate réductase (+) mais les nitrites ont eux même été réduits : après l'ajout de cadmium ou de zinc, la solution reste incolore.

Annexe 3 : Propositions du rapport Saddier

Le rapport « pour une filière apicole durable » est remis le 10 octobre 2008. Il comprend vingt-six propositions de mesures.

- 1- Organisation d'une filière abeille ou apicole
- 2- Déclaration annuelle des ruches rendue obligatoire à compter du 1^{er} janvier 2010
- 3- Création d'une interprofession apicole
- 4- Définition du statut « Apiculteur »
- 5- Mise en place immédiate d'une plate-forme de travail à l'échelle de la filière
- 6- Création d'un « Institut technique et scientifique de l'abeille »
- 7- Cibler les principales maladies et mettre en place un programme de recherche
- 8- Mise en place d'un protocole d'expertises en cas d'intoxication
- 9- Elaboration d'un guide des bonnes pratiques apicoles
- 10- La protection phytosanitaire des végétaux
- 11- La protection sanitaire des abeilles
- 12- La formation: mise en place d'un BTS ACSE option apicole
- 13- Mise en place d'un véritable système assurantiel en cas de perte de ruchers
- 14- Ressources alimentaires (jachères apicoles) - Habitats- Evolution du climat
- 15- Mise en place d'une filière de production de reines
- 16- Identification des principaux nouveaux parasites potentiels ennemis de l'abeille
- 17- Le frelon asiatique
- 18- Loi n°2008-595 du 25 juin 2008 sur les Organismes Génétiquement Modifiés: cohabitation entre la filière OGM et non OGM
- 19- Redéfinir une réglementation concernant la gelée royale
- 20- Etiquetage différencié pour le « miel producteur » et le « miel négociant » lors de la mise en marché
- 21- Identifier une direction générale de l'administration pilote afin de coordonner l'action de l'Etat
- 22- Elargir la dérogation des conducteurs routiers accordée aux « transporteurs ambulants » pour la transhumance
- 23- Les signes de qualité: Label, AOC, IGP doivent être encouragés (veiller à intégrer une analyse socio-économique, notamment en matière de potentiel de volume de produit labellisé)
- 24- La France joue le rôle de « sonneur d'alerte » et propose d'arrêter un programme

européen et mondial de recherche pour l'abeille

25- Un plan d'action pour les apoïdes sauvages

26- L'abeille Patrimoine Mondial de l'UNESCO

Bibliographie

1. POUVREAU André
Les Insectes pollinisateurs
Paris : Delachaux et Niestlé, 2004.- 189p.
2. TILLIER Simon
Dictionnaire du règne animal
Paris : Larousse, 1999.- 509p.
3. GRASSE Jean-paul, DOUMENC Dominique
Zoologie. Tome 1, Invertébrés.- 6e ed
Paris : Masson, 1998.- 296p.
4. BELLMANN Heiko
Guide des abeilles, bourdons, guêpes et fourmis d'Europe : l'identification, le comportement, l'habitat
Lausanne : Delachaux et Niestlé, 1999.- 336p.
5. JACOB-REMACLE Annie
Abeilles sauvages et pollinisation
Gembloux : Faculté des sciences agronomiques, zoologie générale et appliquée, 1990.- 40p.
6. PHAM-DALEGUE Min-Ha
Abeilles
Paris : Ed de la Martinière, 1998.- 47p.
7. RUTTNER F.
Les races d'abeilles
In : Traité de Biologie de l'abeille, Tome I : Biologie et physiologie générales/ ed. par Rémy CHAUVIN
Paris: Masson, 1968.- p.27-44
8. GOULD James L., GOULD Carol Grant
La vie des Abeilles
In : Les abeilles, comportement, communication et capacités sensorielles
Paris : Pour la science, diffusion Belin, 1993.- p. 27-54.
9. WINSTON Marc L.
La biologie de l'abeille
Paris : Frison-Roche, 1993.- 276p.
10. FERNANDEZ Nestor, COINEAU Yves
Maladies, parasites et autres ennemis de l'abeille mellifère
Biarritz : Atlantica, 2007.- 498p.

11. BUSSIERAS J.
L'abeille domestique Biologie-Elevage-Pathologie
Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort Service de Parasitologie, 1984.- 49p.
12. BRUNEAU Etienne.
Nutrition et Malnutrition des abeilles. Biodiversité des plantes une clé pour
l'alimentation et la survie des abeilles
In : Abeilles et Agriculture, Académie d'Agriculture de France, séance du 14/06/2006
En ligne : http://www.academie-agriculture.fr/detail-seance_143.html
Consulté le 29/03/2009
13. DECOURTYE A., LECOMPTE P., PIERRE J., et al.
Introduction de jachères florales en zones de grandes cultures : comment mieux
concilier agriculture, biodiversité et apiculture ?
Courier de l'environnement de l'INRA, 2007, 54, 33-56
14. CHARRIERE J.-D., HURST J., IMDORF A., FLURI P.
Intoxications d'abeilles
ALP forum, 2006, 44, 1-32
15. GIRDWOYN Michel
Anatomie et physiologie de l'abeille
Paris : J. Rothschild Editeur, 1876.- 39p.
16. RABIET Emile
Plantes mellifères, plantes apicoles : rapports entre les plantes et l'abeille domestique
Jonzac : E. Rabiet, 1981.- 194p.
17. ALPHANDERY Raoul.
La route du miel : le grand livre des abeilles et de l'apiculture
Paris : Nathan, 2002.- 260p.
18. ANCHLING F.
Juillet 2008 : Foins, confitures et récoltes Aout 2008 : il faut déjà penser à l'hiver
Abeille de France, 2008, 949, 321-328
19. LAMPRECHT I., SCHMOLZ E., SCHRICKER B.
Pheromones in the life of insects
Eur. Biophys. J., 2008, 37, 1253–1260
20. LEONCINI, Isabelle
Pheromones et régulation sociale chez l'abeille, *Apis mellifera* L. : Identification d'un
inhibiteur du développement comportemental des ouvrières.- 223f
Th. : Sciences biologiques fondamentales et appliquées: INAP :2002 ; 21
21. MARCHENEY Philippe, BERARD Laurence
L'Homme, l'abeille et le miel
Romagnat : De Borée, 2007.- 223p.

22. JAILLARDON Charles.
Contribution à l'étude des rapports de l'homme et de l'abeille dans la préhistoire et l'histoire.- 91f
Th. : Vét. : Lyon : 1945
23. MAURIZIO A.
La formation du miel
In : Traité de biologie de l'abeille, Tome III : Les produits de la ruche/ ed. par Rémy CHAUVIN
Paris : Masson, 1968.- p.264-276
24. CHAUVIN Remy.
Actions physiologiques et thérapeutiques des produits de la ruche
In : Traité de biologie de l'abeille, Tome III : Les produits de la ruche/ ed. par Rémy CHAUVIN
Paris: Masson, 1968.- p.116-154
25. NDAYISABA G., BAZIRA L., HABONIMANA E., MUTEGANYA D.
Évolution clinique et bactériologique des plaies traitées par le miel Analyse d'une série de 40 cas
Revue de chirurgie orthopédique, 1993, 79, 111-113
26. POHL Friedrich.
L'élevage des abeilles
Paris : Artémis éd, 2008.- 96p.
27. SCHIVRE Elodie
L'abeille, ses produits de sécrétions et leurs utilisations thérapeutiques.- 169f
Th. : Pharm : Nancy 1 : 2006 ; 22
28. TOURNERET Eric.
Le peuple des abeilles
Paris : Rustica éd, 2007.- 223p.
29. DELECROIX Jean-Marie
Le miel et les produits de la ruche
Paris : Ed Médicis, 2008.- 136p.
30. DARCHEN R.
Les glandes cirières et la cire
In : Traité de biologie de l'abeille, Tome I : Biologie et physiologie générales/ ed. par Rémy CHAUVIN
Paris : Masson, 1968.- p.450-473
31. DUMAS, C.
La fleur : données physiologiques et rappels morphologiques concernant la fleur et l'inflorescence
In : Pollinisation et productions végétales/ ed. par PESSON P., LOUVEAUX J.
Paris : INRA, 1984.- p.13-30

32. DUMAS C.
Ecologie florale et pollinisation
In : Pollinisation et productions végétales/ ed. par PESSON, P., LOUVEAUX, J.
Paris : INRA, 1984.- p.31-46
33. TCHERKEZ Guillaume.
Les fleurs : Evolution de l'architecture florale des angiospermes
Paris : Dunod, 2002.- 178p.
34. BERG Marianne.
Les Plantes mellifères.- 48f
Th. : Pharm. : Nancy 1 : 1988 ; 6
35. KLEIN A-M., VAISSIERE B. E., CANE J. H., et al
Importance of pollinators in changing landscapes for world crops
Proc. Biol. Sci., 2007, 274, 1608, 303-313
36. GALLAI N., SALLES J.-M., SETTELE, J., VAISSIERE B.
Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with
pollinator decline
Ecological Economics, 2009, 68, 3, 810-821
37. Site internet du MINISTERE DE L'ALIMENTATION DE L'AGRICULTURE ET
DE LA PECHE
En ligne : <http://agriculture.gouv.fr/>
Consulté le 19/08/2009
38. MINISTRE DU BUDGET ET MINISTRE DE L'AGRICULTURE
Arrêté du 11 août 1980 relatif à la lutte contre les maladies réputées contagieuses des
abeilles
Journal Officiel de la République française du 1^{er} janvier 1980
39. DGAL, MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PECHE
Note de service DGAL/SDSPA/N2009-8061 du 17 février 2009. Rapport sanitaire
apicole 2007
En ligne : http://agriculture.gouv.fr/sections/publications/bulletin-officiel/2009/bo-n-07-du-20-02-09/note-service-dgal-sdspa2340/downloadFile/FichierAttache_1_f0/DGALN20098061Z.pdf?nocache=1134040585.85
Consulté le 12/03/2009
40. GEM-ONIFLHOR
Description de la filière apicole française
In : Audit de la filière miel. Réactualisation des données économiques issues de l'audit
de 1997. Août 2005.- p.6-67
En ligne : <http://www.cnda.asso.fr/bdlegis/1ere%20partie%20-%20Fili%C3%A8re%20apicole%202004.pdf>
Consulté le 13/03/2009

41. Site internet de l'UNAF
<http://www.unaf-apiculture.info/index.htm>
Consulté le 19/08/2009
42. Site internet du SNA
<http://www.snapiculture.com/accueil>
Consulté le 19/08/2009
43. Site internet du SPMF
<http://www.spmf.fr/index.html>
Consulté le 19/08/2009
44. Site internet Apimondia
En ligne : <http://www.apiculture.com/apimondia/index.htm>
Consulté le 24/08/2009
45. LIEBERT-COURTOIS F.
Surveillance sanitaire en apiculture : missions des directions départementales des services vétérinaires
Bull. Acad. Vét, 2008, 161, 3, 265-271
46. DGAL, MINISTERE DE L'AGRICULTURE, DE L'ALIMENTATION, DE LA PECHE ET DE LA RURALITE
Note de service DGAL/SDSPA/N2006-8056 du 23/02/2006. Sessions de cours sanitaires apicoles
En ligne : <http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/dgaln20068056z.pdf>
Consulté le 19/08/2009
47. AFSSA
Mortalités, effondrements et affaiblissements des colonies d'abeilles
Novembre 2008, actualisé avril 2009.- 222p.
En ligne : <http://www.afssa.fr/Documents/SANT-Ra-MortaliteAbeilles.pdf>
Consulté le 25/06/09
48. MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PECHE
Arrêté du 1^{er} juin 2006 modifiant l'arrêté du 11 août 1980 relatif à la lutte contre les maladies réputées contagieuses des abeilles
Journal officiel de la République française n°0141 du 20 juin 2006
49. PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Loi n° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement (1)
Journal Officiel de la République française n°179 du 05 aout 2009

50. DGAL, MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PECHE
Note de service DGAL/SDSPA/N2009-8118 du 14 avril 2009. Réseau de surveillance des troubles des abeilles
En ligne : http://agriculture.gouv.fr/sections/publications/bulletin-officiel/2009/bo-n-15-du-16-04-09/note-service-dgal-sdspa/downloadFile/FichierAttache_1_f0/DGALN20098118Z.pdf?nocache=1134040585.85
Consulté le 10/082009
51. L'HOSTIS M., BARBANCON J. M.
Gestion sanitaire : Propositions d'amélioration de la situation sanitaire du cheptel apicole français
LSA, 2009, 232, p.262-270
52. UNAF
Dossier de presse. Conférence de presse 20 janvier 2009.- 34p.
En ligne : http://www.unaf-apiculture.info/presse/DOSSIER_DE_PRESSE_UNAF_2009.pdf
Consulté le 15/04/2009
53. CONSEIL DE L'UNION EUROPEENNE
Règlement (CE) No 1221/97 du conseil du 25 juin 1997 portant règles générales d'application pour les actions visant à l'amélioration de la production et de la commercialisation du miel
Journal Officiel de l'Union Européenne L173 du 1^{er} juillet 1997.- p.1-2
54. CONSEIL DE L'UNION EUROPEENNE
Règlement (CE) No 797/2004 du Conseil du 26 avril 2004 relatif aux actions visant à améliorer les conditions de la production et de la commercialisation des produits de l'apiculture
Journal Officiel de l'Union Européenne L125 du 28 avril 2004.- p.1-3
55. CODE DE LA SANTE PUBLIQUE
Articles L 5143-1 à L5143-10
En ligne : <http://www.legifrance.gouv.fr/>
Consulté le 14/08/2009
56. CONSEIL DES COMMUNAUTES EUROPEENNES
Règlement (CEE) No 2377/90 du conseil du 26 juin 1990 établissant une procédure communautaire pour la fixation des limites maximales de résidus de médicaments vétérinaires dans les aliments d'origine animale
Journal officiel de l'Union Européenne L224 du 18 août 1990.- p.1-8

57. DGAL, MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PECHE
Note de service DGAL/SDSPA/N2007-8240 du 20/09/2007. Gestion administrative des groupements agréés au titre des articles L. 5143-6 à L. 5143-8 du code de la santé publique à délivrer certains médicaments vétérinaires
En ligne : http://agriculture.gouv.fr/sections/publications/bulletin-officiel/2007/bo-n-39-du-28-09-07/note-service-dgal-sdspa1257/downloadFile/FichierAttache_1_f0/DGALN20078240.pdf?nocache=1134040585.85
Consulté le 06/08/2009
58. GDSA 57
Plan sanitaire d'élevage du GDS Apicole de la Moselle au titre de l'article L.5143-7 du code de la santé publique (2004)
En ligne : <http://cetam.club.fr/PSE.htm>
Consulté le 07/08/2009
59. BIESMEIJER J. C., ROBERTS S. P. M., REEMER M., et al
Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands
Science, 2006, 313, 5785, 351-354
60. CODE RURAL
Article D223-21
En ligne : <http://www.legifrance.gouv.fr/>
Consulté le 06/08/2009
61. CODE RURAL
Article D223-1
En ligne : <http://www.legifrance.gouv.fr/>
Consulté le 06/08/2009
62. DAINAT B., IMDORF A., CHARRIERE J.-D., NEUMANN P.
Virus des abeilles: revue des connaissances actuelles
LSA, 2008, 226, 277-289
63. FAUCON J. P., CHAUZAT M. P.
Varroase et autres maladies des abeilles : causes majeures de mortalité des colonies en France
Bull. Acad. Vet. France, 2008, 161, 3, 257-264
64. HAUBRUGE E., NGUYEN B. K., WIDART J., et al
Le dépérissement de l'abeille domestique, *Apis mellifera* L. 1758 (Hymenoptera : Apidae) : faits et causes probables
Notes faunistiques de Gembloux, 2006, 59, 1, 3-21

65. VANENGELSDORP D., HAYES J. JR, UNDERWOOD R.M., PETTIS J.
A survey of honey bee colony losses in the U.S., fall 2007 to spring 2008
PLoS ONE, 2008, 3, 12, e4071
En ligne:
<http://www.plosone.org/article/info:doi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0004071>
Consulté le 13/01/2009
66. RIBIERE, M., OLIVIER, V., BLANCHARD, 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, 2008, 12, 5, 319-322
67. VANENGELSDORP, D, EVANS, JD, SAEGERMAN, C, et al.
Colony Collapse Disorder: A Descriptive Study.
PLoS ONE, 2009, 4, 8, e6481.
En ligne : <http://www.plosone.org/article/info:doi/10.1371/journal.pone.0006481>
Consulté le 21/08/2009
68. CONSEIL DES COMMUNAUTES EUROPEENNES
Directive européenne 91/414/CEE du conseil du 15 juillet 1991 relative à la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques
Journal officiel de l'Union Européenne L 230 du 19 août 1991.- p.1-32
69. DEVILLIERS J., FARRET R., GIRARDIN P., et al
Indicateurs pour évaluer les risques liés à l'utilisation des pesticides
Paris, Londres, New-York : Ed Tec & Doc, 2005.- 278p.
70. PHILOGENE B, FABRES G., REGNAULT-ROGER C.
Protection des cultures, environnement et développement durable : enjeux pour le XXIe siècle
In : Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement/ ed. par Catherine REGNAULT-ROGER
Paris : Ed Tec & Doc, 2005.- p.1-14
71. FOURNIER J.
Naissance de la protection chimique des cultures
In : Pesticides : Impacts environnementaux, gestion et traitements/ ed. par OTURAN, M. MOUCHEL, J.-M.
Paris : Presse de l'école nationale des Ponts et chaussées, 2007.- p.11-28
72. DESCOINS C.
Les procédures d'homologation des produits phytopharmaceutiques.
In : Produits phytosanitaires : analyse, résidus, métabolites, écotoxicologie, modes d'action, transfert/ ed. par COUDERCHET, M., EULAFFROY, P., VERNET, G.
Reims : Presses Universitaires de Reims, 2001.- 421-428.
73. Site internet de la COMMISSION EUROPEENNE
Produits phytopharmaceutiques-Nouvelles substances actives-FAQ
http://ec.europa.eu/food/plant/protection/evaluation/new_subs_faq_fr.htm
Consulté le 19/03/2009

74. Site internet de la COMMISSION EUROPEENNE
Review programme of existing pesticides
En ligne:
http://ec.europa.eu/food/plant/protection/evaluation/rev_prog_exist_pest_en.htm
Consulté le 19/03/2009
75. FOURNIER J., AUBERLET-DELLE VEDOVE A., MORIN C.
Formulation des produits phytosanitaires
In : Pesticides et protection phytosanitaire dans une agriculture en mouvement/ ed. par le MINISTERE DE L'ECOLOGIE ET DU DEVELOPEMENT DURABLE
Paris : ACTA, 2002.- p.473-495
76. PARLEMENT EUROPEEN
Communiqué de presse du 13 janvier 2009. Pesticides : de nouvelles règles pour l'interdiction et l'utilisation durable
En ligne :
http://www.europarl.europa.eu/pdfs/news/expert/infopress/20090112IPR45936/20090112IPR45936_fr.pdf
Consulté le 20/03/2009
77. MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PECHE
Communiqué de presse du 13 janvier 2009 « Paquet pesticides » : Adoption des compromis négociés sous Présidence français
En ligne : <http://agriculture.gouv.fr/sections/presse/communiques/paquet-pesticides>
Consulté le 20/03/2009
78. COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES
Proposal for a regulation of the European parliaments and of the Council concerning the placing of plant protection products on the market
Présenté le 12/7/2006 (ou 7/12?) à Bruxelles
En ligne: http://ec.europa.eu/food/plant/protection/evaluation/com2006_0388en01.pdf
Consulté le 20/03/2009
79. FOURNIER Josette.
Formulation
In : Chimie des pesticides
Nantes, Paris : diff. Tec et Doc, 1988.- p. 323-334
80. LOUVEAUX J.
Les traitements phytosanitaires et les insectes pollinisateurs.
In : Pollinisation et productions végétales/ ed. par PESSON, P., LOUVEAUX, J.
Paris : INRA, 1984.- p.565-576
81. ACTA
Index Phytosanitaire ACTA 2008.- 44e édition
Paris : ACTA, 2007.- 844p.

82. BENOIT M., BONICELLI B., GUICHARD L., et al
Connaissance de l'utilisation des pesticides.- 61p.
In : Pesticides, agriculture et environnement : réduire l'utilisation des pesticides et en limiter les impacts environnementaux / Rapport de l'expertise collective, INRA et Cemagref (France)/ed par AUBERTOT J.N., BARBIER J.M., CARPENTIER A., et al
En ligne :
http://www.inra.fr/l_institut/expertise/expertises_realisees/pesticides_rapport_d_expertise
Consulté le 18/03/2009
83. FAGOT M., LARRAT J.-P.
Application des produits phytosanitaires sur les cultures.
In : Pesticides et protection phytosanitaire dans une agriculture en mouvement/ ed. par le MINISTERE DE L'ECOLOGIE ET DU DEVELOPEMENT DURABLE
Paris : ACTA, 2002.- 501-561
84. CHARVET R., KATOUZIAN-SAFADI M., COLIN M.-E., et al
Insecticides systémiques : de nouveaux risques pour les insectes pollinisateurs
Annales Pharmaceutiques Françaises, 2002, 62, 1, 29-35
85. JOB C., DUVAL M., JOB D.
Traitement des semences
In : Pesticides et protection phytosanitaire dans une agriculture en mouvement/ ed. par le MINISTERE DE L'ECOLOGIE ET DU DEVELOPEMENT DURABLE
Paris : ACTA, 2002.- 239-250
86. MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PECHE
Arrêté du 13 janvier 2009 relatif aux conditions d'enrobage et d'utilisation des semences traitées par des produits mentionnés à l'article L. 253-1 du code rural en vue de limiter l'émission des poussières lors du procédé de traitement en usine
Journal Officiel de la République Française n°0054 du 05 mars 2009
87. UIPP
Rapport d'activité 2007/2008.- 32f
En ligne :
<http://www.uipp.org/var/uipp/storage/original/application/eac46ae8e554ec913d206818f33e57c0.pdf>
Consulté le 21/03/2009
88. MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PECHE
Arrêté du 13 mars 2006 relatif à l'utilisation des mélanges extemporanés de produits visés à l'article L. 253- 1 du code rural
Journal Officiel de la République Française n°0081 du 05 avril 2006
89. TASEI J.-N.
Impact des pesticides sur les abeilles et les autres pollinisateurs
Courier de l'environnement de l'INRA, 1996, 29, 9-18

90. DELORME R.
Les insecticides systémiques en protection des plantes.
In : Analyse des phénomènes d'affaiblissement des colonies d'abeilles/ ed. par l' Afssa
Paris : AFSSA, 2002.- 64-68
91. BONMATIN J.-M., MARCHAND P.-A., COTTE J.-F., et al
Les insecticides systémiques (imidaclopride et fipronil) atteignent le pollen. Une situation préoccupante pour les abeilles
In : Jean-Marie BARBANÇON et Monique L'HOSTIS/ ed., Journée Scientifique Apicole, Saint Avold, 26 février 2009.- p.57-65
92. BLOOMQUIST J.-R.
Pesticides : Chemistries and characteristics
Radcliffe National IPM text-book
En ligne: <http://ipmworld.umn.edu/chapters/bloomq.htm>
Consulté le 31/03/09
93. REGNAULT-ROGER C, PHILOGENE B
Evolution des insecticides organiques de synthèse
In : Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement/ ed. par Catherine REGNAULT-ROGER
Paris : Ed Tec & Doc, 2005.- p.19-43
94. GAUTHIER M., EL HASSANI A. K., ALIOUANE Y., et al
Effets du Fipronil à des doses sublétales sur le comportement de l'abeille
In : Jean-Marie BARBANÇON et Monique L'HOSTIS/ ed., Journée Scientifique Apicole, Saint Avold, 26 février 2009.- p.40-49
95. BOURG Sylvain
Abeille et Insecticides phytosanitaire.- 128f.
Th. : Vét. : Toulouse : 2006 ; 4057
96. COMMISSION DES COMMUNAUTES EUROPEENNES
Décision de la Commission du 10 avril 2008 concernant la non-inscription de la roténone, de l'extrait d'Equisetum et de l'hydrochlorure de quinine à l'annexe I de la directive 91/414/CEE du Conseil et le retrait des autorisations de produits phytopharmaceutiques contenant ces substances
Journal officiel de l'Union Européenne L108 du 18 avril 2008.- p.30-32
97. DECOUTYE A., TISSEUR M., TASEI J.-N., PHAM-DELEGUE M.-H.
Toxicité et risques liés à l'emploi de pesticides chez les pollinisateurs : le cas de l'abeille domestique
In : Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement/ ed. par Catherine REGNAULT-ROGER
Paris : Ed Tec & Doc, 2005.- p.225-241
98. COMMISSION EUROPEENNE.
Directive 96/12/CE du 8 mars 1996 modifiant la directive 91/414/CEE du Conseil concernant la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques.
Journal Officiel de l'Union Européenne L 065 du 15 mars 1996.- p.20-37

99. OEPP/EPPO
Guidelines for the efficacy evaluation of plant protection products Side-effects on honeybees
Bulletin OÉPP, 2001, 31, 2, 323-330
100. PHAM-DELÈGUE M.-H., DECOURTYE A., KAISER L., DEVILLERS J.
Behavioural methods to assess the effects of pesticides on honey bees
Apidologie, 2002, 33, 5, 425–432
101. DESNEUX N., DECOURTYE A., DELPUECH J.-M.
The Sublethal Effects of pesticides on Beneficial arthropods
Annu. Rev. Entomol., 2007. 52, 81–106
102. DOUCET-PERSONENI C., HALM M-P., TOUFFET F., RORTAIS A., ARNOLD G.
Comité Scientifique et Technique de l'étude multifactorielle des troubles des abeilles.
Imidaclopride utilisé en enrobage de semences (Gaucho®) et troubles des abeilles.
Rapport final.
Rapport remis au Ministère de l'Agriculture, de la Pêche et des Affaires Rurales
Paris : 2003.- 221 p.
En ligne: <http://www.agriculture.gouv.fr/spip/IMG/pdf/rapportfin.pdf>
Consulté le 25/09/2008
103. ALIOUANE Y., EL HASSANI A. K., GARY V., et al
Subchronic exposure of honeybees to sublethal doses of pesticides : effects on behavior
Environ. Toxicol. Chem., 2009, 28, 1, 113-122
104. HALM M.-P., RORTAIS A., ARNOLD G., et al
New risk assessment approach for systemic insecticides: the case of honey bees and imidacloprid (Gaucho)
Environ. Sci. Technol., 2006, 40, 7, 2448-2454
105. RORTAIS A., ARNOLD G., HALM M.-P., TOUFFET-BRIENS F.
Modes of honeybees exposure to systemic insecticides: estimated amounts of contaminated pollen and nectar consumed by different categories of bees.
Apidologie, 2005, 36, 1, 71-83
106. AFSSA
Base de donnée agritox
En ligne : <http://www.dive.afssa.fr/agritox/index.php>
Consulté le 15/04/2009
107. BONMATIN J.-M., MOINEAU I., LECOUBLET S., et al.
Neurotoxiques systémiques : biodisponibilité, toxicité, et risque pour les insectes pollinisateurs. « Le cas de l'imidaclopride »
In : Produits phytosanitaires : analyse, résidus, métabolites, écotoxicologie, modes d'action, transfert/ ed. par COUDERCHET M., EULAFFROY P., VERNET G.
Reims : Presses Universitaires de Reims, 2001.- 175-181

108. CURE G.
Le Gaucho et les abeilles : un point sur la situation
In : Analyse des phénomènes d'affaiblissement des colonies d'abeilles/ ed. par l' Afssa
Paris : AFSSA, 2002.- 31-34
109. COMMISSION D'ETUDE DE LA TOXICITE DES PRODUITS
ANTIPARASITAIRES A USAGE AGRICOLE et des PRODUITS ASSIMILÉS, des
MATIÈRES FERTILISANTES et des SUPPORTS DE CULTURE ; Groupe de
Travail ABEILLES
Compte rendu de la séance du 25/03/2004 présidée par Monsieur Jean- Noël Tasei
En ligne : <http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/gpeabeilles-2-2.pdf>
Consulté le 03/02/2009
110. COMMISSION EUROPÉENNE
Directive 2008/116/CE de la Commission du 15 décembre 2008 modifiant la directive
91/414/CEE du Conseil, en vue d'y inscrire les substances actives acclonifène,
imidacloprid et métazachlore
Journal Officiel de l'Union Européenne L337 du 16 décembre 2008.- p.86-91
111. MEDRZYCKI P., MONTANARI R., BORTOLOTTI L., et al
Effects of imidacloprid administered in sub-lethal doses on honey bee behaviour.
Laboratory tests.
Bull. Insectol, 2003, 56, 1, 59-62
112. BORTOLOTTI L., MONTANARI R., MARCELINO J., et al.
Effects of sub-lethal imidacloprid doses on the homing rate and foraging activity of
honey bees
Bull. Insectol, 2003, 56, 1, 63-67
113. YANG E. C., CHUANG Y. C., CHEN Y. L., CHANG L. H.
Abnormal foraging behavior induced by sublethal dosage of imidacloprid in the honey
bee (Hyenoptera: Apidae)
J. Econ. Entom., 2008, 101, 6, 1743-1748
114. HALM M.-P.
Comité Scientifique et Technique de l'étude multifactorielle des troubles des abeilles.
Fipronil utilisé en enrobage de semences (Régent TS ®) et troubles des abeilles.
Rapport décembre 2005.
Paris : 2005.- 100p.
En ligne : http://agriculture.gouv.fr/sections/publications/rapports/fipronil-utilise-en/downloadFile/FichierAttache_1_f0/080218_rapport_fiproniljuillet2006.pdf?nocache=1203426652.66
Consulté le 10/02/2009
115. HALPHERN N., FLALLO L.
Le gouvernement suspend le Régent
Les echos, 24/02/2004, 19101, p.21
En ligne : <http://archives.lesechos.fr/archives/2004/LesEchos/19101-87-ECH.htm>
Consulté le 26/03/2009

116. COMMISSION DES COMMUNAUTES EUROPEENNES
Directive 2007/52/CE de la Commission du 16 août 2007 modifiant la directive 91/414/CEE du Conseil en vue d'y inscrire les substances actives éthoprophos, pyrimiphos-méthyl et fipronil
Journal Officiel de l'Union Européenne L 214 du 17 août 2007.- p.0003-0008
117. NAUEN R., EBBINGHAUS-KINTSCHER U., SALGADO V. L., KAUSMANN M.
Thiamethoxam is a nicotinoid precursor converted to clothianidin in insects and plants
Pestic. Biochem. and Physiol., 2003, 76, 2, 55-69
118. MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PECHE
Lettre de décision du 17 décembre 2008
En ligne : http://e-phy.agriculture.gouv.fr/telechargement/cruiser_171208.pdf
Consulté le 25/03/2009
119. AFSSA
Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif à une demande d'autorisation de mise sur le marché de la préparation CRUISER à base de thiaméthoxam, de la société Syngenta Agro SAS, dans le cadre d'une procédure de reconnaissance mutuelle. 21 novembre 2007.- 15p.
En ligne : <http://www.afssa.fr/Documents/DIVE2007ha3845.pdf>
Consulté le 25/03/2009
120. AFSSA
Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif à une demande d'autorisation de mise sur le marché de la préparation PONCHO MAÏS à base de clothianidine, de la société Bayer Cropscience France, dans le cadre d'une procédure de reconnaissance mutuelle. 21 novembre 2007.- 14p.
En ligne : <http://www.afssa.fr/Documents/DIVE2007ha3841.pdf>
Consulté le 25/03/2009
121. BVL (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittel Sicherheit) (Office fédéral pour la protection de la consommation et la sécurité en matière d'alimentation)
BVL ordnet das Ruhen der Zulassung für Saatgutbehandlungsmittel an
Communiqué de presse du 16/5/2008
En ligne:
http://www.bvl.bund.de/cln_007/nm_491652/DE/08_PresseInfothek/01_InfosFuerPresse/01_PI_und_HGI/PSM/2008/PIZulassungRuhe.html
Consulté le 02/10/2008
122. MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PECHE
Michel Barnier a décidé de renouveler l'autorisation pour 2009 de la préparation CRUISER, insecticide utilisé en traitement des semences de maïs pour lutter contre le taupin
Communiqué de presse du 17/12/2008
En ligne : <http://agriculture.gouv.fr/sections/presse/communiques/michel-barnier-decide/>
Consulté le 25/03/2009

123. EL HASSANI A. K., DACHER M., GARY V., et al
Effets sublétaux de l'acétamipride et du thiaméthoxam sur le comportement de l'abeille (*Apis mellifera*)
In : Jean-Marie BARBANÇON et Monique L'HOSTIS/ ed., Journée Scientifique Apicole, Saint Avold, 26 février 2009.- p50-56
124. TOURTE Y.
Génie biologique et phytoprotection
In : Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement/ ed. par Catherine REGNAULT-ROGER
Paris : Ed Tec & Doc, 2005.- p.713-732
125. KEIL S., ROMEIS J., FLURI P., BIGLER F.
Les abeilles sont-elles menacées par l'utilisation de plantes transgéniques résistantes aux insectes ?
Agroscope Liebefeld-Posieux (ALP) Centre suisse de recherches apicoles, 2002.- 9p.
En ligne : <http://www.alp.admin.ch/aktuell/index.html?lang=fr>
Consulté le 13/03/2009
126. COUTY A., PIERRE J., PHAM-DELEGUE M.-H.
Effets non intentionnels des plantes transgéniques sur les insectes non-cibles
In : Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement/ ed. par Catherine REGNAULT-ROGER
Paris : Ed Tec & Doc, 2005.- p.761-783
127. BABENDREIER D., ROMEIS J., BIGLER F., FLURI P.
Nouvelles connaissances au sujet des effets du maïs Bt transgénique sur les abeilles
Agroscope Liebefeld-Posieux (ALP) Centre suisse de recherches apicoles, 2006.- 6p.
En ligne : <http://www.alp.admin.ch/aktuell/index.html?lang=fr>
Consulté le 13/03/2009
128. RAMIREZ-ROMERO R., DESNEUX N., DECOURTYE A., et al
Does Cry1Ab protein affect learning performances of the honey bee *Apis mellifera* L. (Hymenoptera, Apidae)?
Ecotoxicol. Environ. Saf., 2008, 70, 2, 327–333
129. BARNETT A.
GM genes « jump species barrier »
The Observer, 28/05/2000
En ligne : <http://www.guardian.co.uk/science/2000/may/28/gm.food>
Consulté le 28/03/2009
130. BOECKING O., SPIVAK M.
Behavioral defences of honey bees against *Varroa jacobsoni* Oud.
Apidologie, 1999, 30, 2-3, 141-158
131. OLIVIER V., RIBIERE M.
Les virus infectant l'abeille *Apis mellifera* : le point sur leur classification
Virologie, 2006, 10, 4, 267-278

132. CHEN Y., EVANS J., FELDLAUFER M.
Horizontal and vertical transmission of viruses in the honey bee, *Apis mellifera*
J Invertebr Pathol., 2006, 92, 3, 152-159
133. FAUCON J. P., BLANCHARD P., SCHURR F., et al
La maladie noire ou paralysie chronique de l'abeille
L'Abeille de France, 2007, 940
134. OIE
Loque américaine
In : Manuel terrestre de l'OIE 2005.- p1066-1074
En ligne :
http://www.oie.int/fr/normes/mmanual/pdf_fr/Chapitre%20final05%202.9.2_Loque%20Am.pdf
Consulté le 24/03/2009
135. VITA-SWARM
Test de détection Vita (loques américaine et européenne) " Mieux vaut prévenir que guérir "
En ligne : http://www.vita-swarm.com/fiche_kit.html
Consulté le 18/04/2009
136. DGAL, MINISTERE DE L'AGRICULTURE, DE L'ALIMENTATION, DE LA
PECHE, ET DE LA RURALITE
Note de service DGAL/SDSPA/N2005-8123 du 26/04/2005. Traitement des ruchers
atteints de loque américaine et de loque européenne
En ligne : <http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/dgaln20058123z.pdf>
Consulté le 06/08/2009
137. DELBAC F.,
Nosémose des abeilles : recherche de nouveaux moyens de lutte et comparaison de la
pathogénie des espèces *Nosema apis* et *Nosema ceranae*
In : Jean-Marie BARBANÇON et Monique L'HOSTIS/ ed., Journée Scientifique
Apicole, Saint Avold, 26 février 2009.- p.96-100
138. HIGES M., MARTÍN R., MEANA A.
Nosema ceranae, a new microsporidian parasite in honeybees in Europe
J. Invertebr. Pathol., 2006, 92, 2, 93-95
139. CHAUZAT M.P., HIGES M., MARTIN-HERNANDEZ R., et al
Presence of *Nosema ceranae* in French honey bee colonies.
J. Apicult. Res., 2007, 46, 2, 127-128
140. OIE
Nosémose des abeilles
In: Manuel terrestre de l'OIE 2005.- p.1079-1083
En ligne:
http://www.oie.int/fr/normes/mmanual/pdf_fr/Chapitre%20final05%202.9.4_Nos%C3%A9mosis.pdf
Consulté le 24/03/2009

141. KLEE J., BESANA A. M., GENERSCH E., et al
Widespread dispersal of the microsporidian *Nosema ceranae*, an emergent pathogen of the western honey bee, *Apis mellifera*
J. Invertebr. Pathol., 2007, 96, 1, 1-10
142. COLIN M.-E., GAUTHIER L., TOURNAIRE M.
L'opportunisme chez *Nosema ceranae*
Abeilles et Fleurs, 2008, 600, 30-33
143. HIGES M., GARCÍA-PALENCIA P., MARTÍN-HERNÁNDEZ R., MEANA A.
Experimental infection of *Apis mellifera* honeybees with the Microsporidia *Nosema ceranae*
J. Invertebr. Pathol., 2007, 94, 3, 211–217
144. HIGES M, MARTIN-HERNANDEZ R, BOTIAS C., et al
How natural infection by *Nosema ceranae* causes honeybee colony collapse
Environ. Microbiol., 2008, 10, 10, 2659-2669
145. MINISTERE DE L'EMPLOI ET DE LA SOLIDARITE
Avis relatifs à la suppression d'autorisations de mise sur le marché de médicaments vétérinaires
Journal Officiel de la République française n°74 du 28 mars2002
146. WILLIAMS G.R., SAMPSON M.A., SHUTLER D., ROGERS R.E.L.
Does fumagillin control the recently detected invasive parasite *Nosema ceranae* in western honey bee (*Apis mellifera*)?
J. Invertebr. Pathol., 2008, 99, 3, 342-344
147. ANDERSON D.L., TRUEMAN J.W.H.
Varroa jacobsoni (Acari: Varroidae) is more than one species
Exp. Appl. Acarol., 2000, 24, 3, 165-189
148. FERNANDEZ Nestor., COINEAU Yves.
Varroa, Tueur d'abeilles, bien le connaître pour mieux le combattre
Anglet : Atlantica, 2002.- 237p.
149. BOECKING O GENERSCH E
Varroosis-the Ongoing Crisis in Bee Keeping
J. Verbr. Lebensm., 2008, 3, 2, 221-228
150. KRALJ J., FUCHS S.
Parasitic *Varroa destructor* mites influence flight duration and homing ability of infested *Apis mellifera* foragers
Apidologie, 2006, 37, 5, 577–587
151. BOWEN-WALKER P.L., MARTIN S.J., GUNN A.
The transmission of deformed wing virus between honeybees (*Apis mellifera* L.) by the ectoparasitic mite *Varroa jacobsoni* Oud
J Invertebr Pathol., 1999, 73, 1, 101–106

152. TENTCHEVA D., GAUTHIER L., ZAPPULLA N., et al
Prevalence and seasonal variations of six bee viruses in *Apis mellifera* L and *Varroa destructor* mite populations in France
Appl. Environ. Microbiol., 2004, 70, 12, 7185–7191
153. CHEN Y.P., PETTIS J.S., EVANS J.D., et al
Transmission of Kashmir bee virus in honey bee colonies by ectoparasitic mite, *Varroa destructor*
Apidologie, 2004, 35, 4, 441–448
154. OIE
Varroase
In : Manuel terrestre de l'OIE 2005.- p.1084-1088
En ligne :
http://www.oie.int/fr/normes/mmanual/pdf_fr/Chapitre%20final05%202.9.5_Varroosis.pdf
Consulté le 24/03/2009
155. Site internet Vita-Swarm
En ligne : <http://www.vita-swarm.com/>
Consulté le 03/09/2009
156. Site internet Vetopharm
En ligne: <http://veterinaire.vetopharm.net/>
Consulté le 03/09/2009
157. IMDORF A., CHARRIERE J.-D., KILCHENMANN V., et al
Alternative strategy in central Europe for the control of *Varroa d.* in honey bee colonies
Apidacta, 2003, 38, 3, 258-285
158. VILLEMANT C., HAXAIRE J., STREITO J.-C.
La découverte du Frelon asiatique *Vespa velutina*, en France
Insectes, 2006, 143, 3-7
159. HAXAIRE J., BOUQUET J.-P., TAMISIER J.-P.
Vespa velutina Lepeletier, 1836, une redoutable nouveauté pour la faune de France (Hym., Vespidae)
Bulletin de la Société entomologique de France, 2006, 111, 2, 194-194
160. VILLEMANT C., HAXAIRE J., STREITO J.-C.
Premier bilan de l'invasion de *Vespa velutina* Lepeletier en France (Hymenoptera, Vespidae)
Bulletin de la Société entomologique de France, 2006, 111, 4, 535-538
161. DARCHEN B.
Eléments de la biologie de *Vespa velutina*
LSA, 2008, 228, 417-432

162. MOLLET, T., DE LA TORRE, C.
Fiche technique apicole *Vespa velutina*-frelon asiatique
Bull. Tech. Apic., 2006, 33, 4, 203-208
163. BLOT J.
Fiche technique apicole. Localisation et destruction des nids de frelons asiatiques.
Conception du réseau de signalement
Bull. Tech. Apic., 2008, 35, 2, 95-100
164. Site internet de l'Inventaire National du Patrimoine Naturel
En ligne : <http://inpn.mnhn.fr/isb/index.jsp>
Consulté le 02/09/2009
165. BLOT J.
Fiche technique apicole. Le frelon asiatique (*Vespa velutina*). Le piégeage des fondatrices
Bull. Tech. Apic., 2007, 34, 4, 201-204
166. DECOURTYE A., BERNARD J.-L., LECOMPTE P., VAISSIERE B.
Pour une gestion de l'aménagement rural alliée des abeilles
In : Abeilles et Agriculture, Académie d'Agriculture de France, séance du 14/06/2006
En ligne http://www.academie-agriculture.fr/detail-seance_143.html
Consulté le 29/03/2009
167. CONSEIL DES COMMUNAUTES EUROPEENNES
Règlement (CEE) ° 1765/92 de Conseil du 30 juin 1992 instituant un régime de soutien aux producteurs de certaines cultures arables
Journal Officiel de l'Union Européenne L181 du 1^{er} juillet 1992.- p.12-20
168. GADOUM S., TERZO M., RASMONT P.
Jachères apicoles et jachères fleuries : la biodiversité au menu de quelles abeilles ?
Courier de l'environnement de l'INRA, 2007, 54, 57-63
169. BERNARD J.-L., GRATADOU P., PINDON G., et al
Pour une gestion des espaces jachères et des MAE favorable à l'entomofaune pollinisatrice
Phytoma, 2006, 586, 10-16
170. LE CONSEIL DE L'UNION EUROPEENNE
Règlement (CE) n° 73/2009 du Conseil du 19 janvier 2009 établissant des règles communes pour les régimes de soutien direct en faveur des agriculteurs dans le cadre de la politique agricole commune et établissant certains régimes de soutien en faveur des agriculteurs, modifiant les règlements (CE) n° 1290/2005, (CE) n° 247/2006 et (CE) n° 378/2007, et abrogeant le règlement (CE) n° 1782/2003
Journal Officiel de l'Union Européenne L30 du 31 janvier 2009.- p.16-99
171. LESBROS Dominique
Paris mystérieux et insolite
Romagnat: De Borée, 2005.- p.329-334

172. LITZLER J.-B.
Les abeilles font leur miel de la ville
Le Figaro, 19/05/2009
173. Site internet d'Apimondia
En ligne : <http://www.apimondia2009.com/pages/?all=accueil&idl=21>
Consulté le 24/08/2009
174. Site internet de l'Afssa
<http://www.afssa.fr/>
Consulté le 24/08/2009
175. Site internet de l'OIE
En ligne : www.oie.int/fr/fr_index.htm
Consulté le 24/08/2009
176. EFSA
Bee Mortality and Bee Surveillance in Europe
The Efsa Journal, 2008, 154, 1-28
En ligne:
http://www.efsa.europa.eu/cs/BlobServer/Report/AMU_Technical_Report_Bees_EFS_A-Q-2008-428_20083007_final.0.pdf?ssbinary=true
Consulté le 01/09/2009
177. FAUCON J.P, CHAUZAT M. P.
Varroase et autres maladies des abeilles : causes majeures de mortalité des colonies en France
Bull. Acad. Vét. France, 2008, 161, 3, 257-263
178. AUBERT M., FAUCON J.P., CHAUZAT M.P.
Enquête prospective multifactorielle : influence des agents microbiens et parasitaires, et des résidus de pesticides sur le devenir de colonies d'abeilles domestiques en conditions naturelles.- 31p.
Sophia-Antipolis (2008)
En ligne : <http://www.afssa.fr/>
Consulté le 12/01/2009
179. FAUCON J.P., CLEMENT M.C., MARTEL A.C., et al
Mortalités de colonies d'abeilles (*Apis mellifera*) au cours de l'hiver 2005-2006 en France: enquête sur le plateau de Valensole et enquête sur 18 ruchers de différents départements.
Rapport FEOGA DPEI Ministère de l'Agriculture, 2007.- 18p.
En ligne : <http://www.afssa.fr/>
Consulté le 24/22/2008
180. Site internet de l'INRA
En ligne : <http://www.inra.fr/>
Consulté le 25/08/2009

181. ECOLE NATIONALE VETERINAIRE D'ALFORT
Formation continue et complémentaire, Formations diplômantes 2009
En ligne : http://www.vet-alfort.fr/pdf/bfc/2009/Plaqueette_diplomantes_2009.pdf
Consulté le 20/08/2009
182. L'HOSTIS M., BARBANCON J.-M.
Présentation de la journée
In : Jean-Marie BARBANÇON et Monique L'HOSTIS/ ed., Journée Scientifique Apicole, Saint-Avold, 26 février 2009
183. EFSA
L'EFSA lance un projet de recherche paneuropéen sur le déclin des populations d'abeilles
EFSA in Focus-Plants, 2009, 3, 3-3
En ligne :
http://www.efsa.europa.eu/cs/BlobServer/resource_EFSA/newsletters/plants/plants3fr.pdf?ssbinary=true
Consulté le 01/09/2009
184. Site internet réseau COLOSS
En ligne : <http://coloss.org/>
Consulté le 01/09/2009
185. MINISTERE DE L'ECOLOGIE, DU DEVELOPEMENT ET DE L'AMMENAGEMENT DURABLE
Dossier de presse du 06/07/2007, lancement du Grenelle de l'Environnement.- 11p.
En ligne : http://www.legrenelle-environnement.fr/IMG/pdf/Dossier_de_presse_grenelle.pdf
Consulté le 20/08/2009
186. GROUPE II
Rapport- Synthèse groupe II Préserver la biodiversité et les ressources naturelles, 27/09/2007.- 124p.
En ligne : http://www.legrenelle-environnement.fr/grenelle-environnement/IMG/pdf/G2_Synthese_Rapport.pdf
Consulté le 12/01/2009
187. SADDIER M.
Pour une filière apicole durable. Les abeilles et les pollinisateurs sauvages, octobre 2008.- 64p.
En ligne : http://agriculture.gouv.fr/sections/publications/rapports/pour-filiere-apicole/downloadFile/FichierAttache_1_f0/Rapport_SADDIER.pdf
Consulté le 18/11/2008

188. MINISTERE DE L'ALIMENTATION, DE L'AGRICULTURE ET DE LA PECHE
Note de service DGER/SDESR/N2009-2073 du 02/07/2009. Indications et
recommandations pour la mise en œuvre d'un Module d'initiative locale (MIL)
« apicole » dans les classes de Brevet de technicien supérieur agricole
En ligne : http://agriculture.gouv.fr/sections/publications/bulletin-officiel/2009/bo-n-26-du-03-07-09/note-service-dger-sdesr5621/downloadFile/FichierAttache_1_f0/DGERN20092073Z.pdf?nocache=1134040585.85
Consulté le 10/08/2009
- 189 BARBAULT Robert
Un éléphant dans un jeu de quilles ; L'homme dans la biodiversité
Paris : Ed du Seuil, 2006.- 265p.

DEMANDE D'IMPRIMATUR

Date de soutenance : 10 décembre 2009

DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR
EN PHARMACIE

présenté par Claire MACKOWIAK

Sujet :**Le déclin de l'abeille domestique *Apis mellifera*
en France**Jury :Président : M. Bertrand RIHN, Professeur
Faculté de Pharmacie de NancyJuges : Mme Christine PERDICAKIS, Maître de Conférences
Faculté de Pharmacie de Nancy
M. Alain LE FAOU, Professeur,
Faculté de Médecine de Nancy
M. Bernard ROVEL, Maître de Conférences Honoraire
INPL-ENSAIA
M. Paul SCHWEITZER, Président du Groupement de
Défense Sanitaire Apicole de Moselle et Directeur
du Laboratoire d'analyses et d'écologie apicole du
CETAM

Vu,

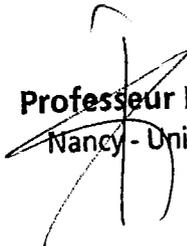
Nancy, le 9.11.2009

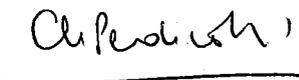
Le Président du Jury

Le Directeur de Thèse

M. RIHN

Mme PERDICAKIS


 Professeur B. RIHN
 Nancy - Université



Vu et approuvé,

Nancy, le 9 novembre 2009

Doyen de la Faculté de Pharmacie
de l'Université Henri Poincaré - Nancy 1,

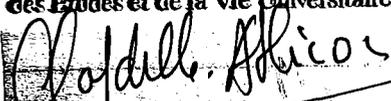
 Chantal FINANCE


Vu,

Nancy, le 13.11.2009.

Le Président de l'Université Henri Poincaré - Nancy 1,

 Pour le Président
 et par Délégation,
 La Vice-Présidente du Conseil
 des Etudes et de la Vie Universitaire,


 Jean-Pierre FINANCE
 C. CAPDEVILLE-ATKINSON

N° d'enregistrement : 3746.

N° d'identification :

TITRE

Le déclin de l'abeille domestique, *Apis mellifera* en France

Thèse soutenue le 10 décembre 2009

Par Claire MACKOWIAK

RESUME :

Depuis une dizaine d'années, les inquiétudes concernant l'avenir du cheptel apicole mondial ne cessent d'augmenter. « Le déclin des abeilles » est un sujet d'actualité très médiatisé par lequel tout un chacun est concerné, et les hypothèses avancées pour expliquer le phénomène sont nombreuses. Notre travail vise à dresser un état des lieux de la situation actuelle en France, de l'abeille domestique *Apis mellifera* Linne, 1758. A cet effet, il reprend les éléments principaux de la biologie de l'abeille, dont la connaissance est indispensable à la compréhension de son importance écologique et de l'impact de ses ennemis. Parmi eux, les produits phytosanitaires, les maladies et autres parasites, la diminution de ressources alimentaires et les facteurs climatiques sont les plus souvent incriminés, et il est admis aujourd'hui que l'origine des mortalités est multifactorielle. La filière apicole est très complexe et très hétérogène et la situation sanitaire de l'abeille domestique est fragile, principalement en raison du faible nombre de spécialistes en apiculture formés (y compris parmi les vétérinaires) et du peu de médicaments disposant d'une autorisation de mise sur le marché « Abeilles » disponibles. Pour faire face à cette crise, de nombreux projets sont initiés, à différentes échelles, et de nombreux acteurs, du grand public aux hommes politiques, se mobilisent afin de lutter pour la sauvegarde de ce précieux insecte.

MOTS CLES :

Abeille domestique – pollinisation - produits phytopharmaceutiques - maladies des abeilles – parasites – climat – biodiversité

| Directeur de thèse | Intitulé du laboratoire | Nature |
|------------------------------------|--------------------------------|--|
| <u>Christine PERDICAKIS</u> | <u>Chimie organique</u> | Expérimentale <input type="checkbox"/> Bibliographique <input checked="" type="checkbox"/> Thème 2 |

Thèmes

1 – Sciences fondamentales
3 – Médicament
5 - Biologie

2 – Hygiène/Environnement
4 – Alimentation – Nutrition
6 – Pratique professionnelle