



Open Archive TOULOUSE Archive Ouverte (OATAO)

OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible.

This is an author-deposited version published in : <http://oatao.univ-toulouse.fr/>
Eprints ID : 12208

To cite this version :

Aymé, Alizée. *Synthèse des connaissances sur l'apiculture réunionnaise et enjeux pour la filière*. Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - ENVT, 2014, 147 p.

Any correspondance concerning this service should be sent to the repository administrator: staff-oatao@inp-toulouse.fr.

SYNTHÈSE DES CONNAISSANCES SUR L'APICULTURE RÉUNIONNAISE ET ENJEUX POUR LA FILIÈRE

THESE
pour obtenir le grade de
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

*présentée et soutenue publiquement
devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse*

par

AYME Alizée

Née, le 8 juin 1988 à Nantes (44)

Directeur de thèse : M. Philippe JACQUIET

JURY

PRESIDENT :
M. Gérard CAMPISTRON

Professeur à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

ASSESEURS :
M. Philippe JACQUIET
M. Emmanuel LIENARD

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE
Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

Ministère de l'Agriculture de l'Agroalimentaire et de la Forêt
ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE

Directeur : M. Alain MILON

PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE

- M. **AUTEFAGE André**, *Pathologie chirurgicale*
- Mme **CLAUW Martine**, *Pharmacie-Toxicologie*
- M. **CONCORDET Didier**, *Mathématiques, Statistiques, Modélisation*
- M. **CORPET Denis**, *Science de l'Aliment et Technologies dans les Industries agro-alimentaires*
- M. **DELVERDIER Maxence**, *Anatomie Pathologique*
- M. **ENJALBERT Francis**, *Alimentation*
- M. **EUZEBY Jean**, *Pathologie générale, Microbiologie, Immunologie*
- M. **FRANC Michel**, *Parasitologie et Maladies parasitaires*
- M. **MARTINEAU Guy**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*
- M. **PETIT Claude**, *Pharmacie et Toxicologie*
- M. **REGNIER Alain**, *Physiopathologie oculaire*
- M. **SAUTET Jean**, *Anatomie*
- M. **SHELCHER François**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*

PROFESSEURS 1° CLASSE

- M. **BERTHELOT Xavier**, *Pathologie de la Reproduction*
- M. **BOUSQUET-MELOU Alain**, *Physiologie et Thérapeutique*
- M. **DUCOS Alain**, *Zootecnie*
- M. **FOUCRAS Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- M. **LEFEBVRE Hervé**, *Physiologie et Thérapeutique*

PROFESSEURS 2° CLASSE

- M. **BAILLY Jean-Denis**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*
- Mme **BENARD Geneviève**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*
- M. **BERTAGNOLI Stéphane**, *Pathologie infectieuse*
- M. **BRUGERE Hubert**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*
- Mme **CHASTANT-MAILLARD Sylvie**, *Pathologie de la Reproduction*
- M. **DUCOS DE LAHITTE Jacques**, *Parasitologie et Maladies parasitaires*
- Mme **GAYRARD-TROY Véronique**, *Physiologie de la Reproduction, Endocrinologie*
- M. **GUERRE Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*
- Mme **HAGEN-PICARD Nicole**, *Pathologie de la Reproduction*
- M. **JACQUIET Philippe**, *Parasitologie et Maladies Parasitaires*
- M. **LIGNEREUX Yves**, *Anatomie*
- M. **MEYER Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- M. **PICAVET Dominique**, *Pathologie infectieuse*
- M. **SANS Pierre**, *Productions animales*
- Mme **TRUMEL Catherine**, *Pathologie médicale des Equidés et Carnivores*

PROFESSEURS CERTIFIES DE L'ENSEIGNEMENT AGRICOLE

- Mme **MICHAUD Françoise**, *Professeur d'Anglais*
- M. **SEVERAC Benoît**, *Professeur d'Anglais*

MAITRES DE CONFERENCES HORS CLASSE

- M. **BERGONIER Dominique**, *Pathologie de la Reproduction*
- Mlle **BOULLIER Séverine**, *Immunologie générale et médicale*
- Mme **BOURGES-ABELLA Nathalie**, *Histologie, Anatomie pathologique*
- Mlle **DIQUELOU Armelle**, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*
- M. **JOUGLAR Jean-Yves**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*
- Mme **LETRON-RAYMOND Isabelle**, *Anatomie pathologique*
- M. **LYAZRHI Faouzi**, *Statistiques biologiques et Mathématiques*
- M. **MATHON Didier**, *Pathologie chirurgicale*
- Mme **PRIYMENKO Nathalie**, *Alimentation*

MAITRES DE CONFERENCES (classe normale)

- M. **ASIMUS Erik**, *Pathologie chirurgicale*
- Mme **BENNIS-BRET Lydie**, *Physique et Chimie biologiques et médicales*
- Mlle **BIBBAL Delphine**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*
- Mme **BOUCLAINVILLE-CAMUS Christelle**, *Biologie cellulaire et moléculaire*
- Mlle **CADIERGUES Marie-Christine**, *Dermatologie*
- M. **CONCHOU Fabrice**, *Imagerie médicale*
- M. **CORBIERE Fabien**, *Pathologie des ruminants*
- M. **CUEVAS RAMOS Gabriel**, *Chirurgie Equine*
- Mme **DANIELS Hélène**, *Microbiologie-Pathologie infectieuse*
- Mlle **DEVIERS Alexandra**, *Anatomie-Imagerie*
- M. **DOSSIN Olivier**, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*
- Mlle **FERRAN Aude**, *Physiologie*
- M. **GUERIN Jean-Luc**, *Elevage et Santé avicoles et cunicoles*
- M. **JAEG Jean-Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*
- Mlle **LACROUX Caroline**, *Anatomie Pathologique des animaux de rente*
- Mlle **LAVOUE Rachel**, *Médecine Interne*
- M. **LIENARD Emmanuel**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
- M. **MAILLARD Renaud**, *Pathologie des Ruminants*
- Mme **MEYNAUD-COLLARD Patricia**, *Pathologie Chirurgicale*
- M. **MOGICATO Giovanni**, *Anatomie, Imagerie médicale*
- M. **NOUVEL Laurent**, *Pathologie de la reproduction (en disponibilité)*
- Mlle **PALIERNE Sophie**, *Chirurgie des animaux de compagnie*
- Mlle **PAUL Mathilde**, *Epidémiologie, gestion de la santé des élevages avicoles et porcins*
- Mme **PRADIER Sophie**, *Médecine interne des équidés*
- M. **RABOISSON Didier**, *Productions animales (ruminants)*
- Mme **TROEGELER-MEYNADIER Annabelle**, *Alimentation*
- M. **VOLMER Romain**, *Microbiologie et Infectiologie (disponibilité à cpt du 01/09/10)*
- M. **VERWAERDE Patrick**, *Anesthésie, Réanimation*
- Mme **WARET-SZKUTA Agnès**, *Production et pathologie porcine*

MAITRES DE CONFERENCES et AGENTS CONTRACTUELS

- M. **BOURRET Vincent**, *Microbiologie et infectiologie*
- M. **DAHAN Julien**, *Médecine Interne*
- Mme **FERNANDEZ Laura**, *Pathologie de la reproduction*

ASSISTANTS D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE CONTRACTUELS

- M. **DOUET Jean-Yves**, *Ophthalmologie*

REMERCIEMENTS

A Monsieur le Professeur Gérard Campistron

Professeur des Universités

Praticien hospitalier

Physiologie-Hématologie

Qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de notre jury de thèse.

Hommages respectueux.

A Monsieur le Docteur Philippe Jacquet

Professeur de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

Parasitologie et Maladies parasitaires

Qui m'a permis de réaliser ce travail.

Hommages respectueux.

A Monsieur le Docteur Emmanuel Liénard

Maître de conférences de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

Parasitologie et Maladies parasitaires

Qui a accepté de faire partie de mon jury de thèse.

Hommages respectueux.

A tous ceux qui m'ont aidé dans la réalisation de ce travail :

A Olivier Esnault, qui m'a encadrée tout au long de ma thèse, relue et corrigée. Merci pour ta patience, tes conseils, ta disponibilité et ta babaiothérapie déstressante !

A Hélène Delatte, d'avoir bien voulu m'aider dans ma thèse.

A Nanard, pour m'avoir grandement aidé à poser les questionnaires. Merci à Julien Payet pour son aide également.

A Maëva Técher, pour tes explications de génétique.

A tous les apiculteurs, pour leur gentillesse, leur patience, et pour les miels dégustés.

Un énorme merci à **Eric Metas**, pour le temps qu'il m'a accordé et les précieux livres prêtés.

Un énorme merci également à **Macdi Friedman**, je te souhaite plein de bonnes années pour toi et tes abeilles, et pourquoi pas un peu de surf !

Merci à **François Payet** (président du Syndicat des Apiculteurs de la Réunion), de m'avoir accueilli chez lui et d'avoir répondu à mes questions.

Merci à **Frédéric Theys** pour sa formation très intéressante, qui m'a permis de découvrir l'apiculture à la Réunion.

Merci à **Eric Gentelet** de m'avoir fait partager son expérience.

Et plus personnellement :

A mes parents. Papa tu as toujours été un exemple pour moi. Depuis que je suis petite tu m'emmènes en visites avec toi, tu m'as transmis ta passion du monde vétérinaire, celle de la mer et ta connerie ! Maman merci de m'avoir soutenue et supportée pendant la rédaction de ma thèse. Merci pour votre amour, pour la qualité de vie que vous m'avez donnée, merci de m'avoir élevé à la Réunion...merci pour tout !

A Gene, merci d'avoir été là pour moi et pour papa.

A mes deux frères, Raphaël et Julien, pour l'enfance géniale que j'ai vécu à vos côtés. A Anne-Laure pour ses profils facebook qui me font mourir de rire mais surtout pour m'avoir donné les nièces les plus adorables au monde, Chloé et Anaïs !

A François, mon chéri, qui a toujours crû en moi, qui m'a donné la force de me battre en métropole.

A ma meilleure amie, Mémé qui m'a supportée, qui a su me remonter le moral avec ses paquets de Mms, qui me fait rire, que j'adore, et que je ne cesserai d'aimer ! A toto aussi, pour nos séances de « bière-télé-et ... »

A mes colocs, Popo, Amélie, Diane, Edwiwi, j'ai adoré la coloc avec vous, vous avez été une deuxième famille pour moi en métropole. Une pensée toute particulière à toi Popo, bats-toi, je serai toujours là pour toi.

A Marine, pour ta bonne humeur, toujours partante pour une soirée, et ton no stress légendaire !

Aux Harlin, pour s'être occupés de moi comme si j'étais votre deuxième fille. Et tout particulièrement à mon amie d'enfance Chloé.

A Yaya, ma « nénéne », qui compte énormément pour moi.

A Carole, Sandy, Aurélie et Jérémy, ma deuxième famille qui s'est toujours occupée de moi comme si j'étais l'une d'entre vous.

A Marion, ma « grande sœur » qui a été là au bon moment. Un clin d'œil à nos séances de bronzette à l'huile d'olive à défaut de monoï !

A Lilou, pour ton extrême gentillesse, ta joie de vivre, ta bonne humeur. Et aussi à Guillaume qui m'as toujours fait rire !

A Cynthia, pour ton extrême gentillesse et une superbe quatrième année passée ensemble (meilleur groupe ☺ avec Mémé et Amélie !)

A Maylis, Dodie, Manuréva, Marion, mes amies réunionnaises, pour ces années de prépa intenses, on y est arrivées !! Et à quand l'association ?!

A Juliette, pour ta gentillesse et tous ces moments si agréables passés ensemble.

A Florian et à Hugo, mes deux potes de la promo. Florian merci pour ta gentillesse, Hugo (mon « souffre-douleur »), merci pour ta patience...

A Claire, pour toutes ces sessions de surf !

A tout ceux qui m'ont formé :

Arnaud, merci pour ta patience pendant les cours de physique-chimie.

Franklin, merci de m'avoir accueillie chez toi, on s'est bien marrés !

Bernard et Tania (mes petits belges), merci de m'avoir accueillie chez vous, la Belgique il fait froid mais alors qu'est ce que vous êtes sympas et on mange trop bien !! Je vous attend à la Réunion maintenant !

Aux Deurveilher (éleveurs de la Plaine des Cafres), merci de m'avoir accueillie chez vous pour mon premier stage.

Et à tous ceux que je n'ai pas cité pas mais qui se reconnaîtront.

TABLE DES MATIERES

LISTE DES FIGURES.....	14
LISTE DES PHOTOGRAPHIES.....	15
LISTE DES TABLEAUX.....	16
LISTE DES GRAPHIQUES.....	17
LISTE DES ABRÉVIATIONS.....	18
INTRODUCTION.....	20

Première partie : Généralités sur l'abeille mellifère *Apis mellifera* (bibliographie)

1. Systématique de l'abeille mellifère <i>Apis mellifera</i>	22
2. Notions générales sur les abeilles.....	25
2.1. Anatomie externe et généralités.....	25
2.2. Biologie : les différents stades de développement.....	27
2.3. Les particularités des abeilles de chaque caste.....	28
2.4. Anatomie interne.....	30
2.4.1. Le système nerveux.....	30
2.4.2. Appareils respiratoire et circulatoire.....	30
2.4.3. Appareil digestif.....	31
2.4.4. Appareil reproducteur.....	32
3. Fonctionnement de la colonie.....	34
3.1. La reine, mère de la colonie.....	34
3.2. La place des faux-bourçons au sein de la colonie.....	35
3.3. La répartition des tâches entre les ouvrières.....	35
3.4. L'alimentation des larves.....	37
3.5. L'alimentation des adultes.....	37
3.6. Les glandes nourricières des ouvrières.....	37
3.7. Les systèmes de communication des abeilles.....	37
3.7.1. Une communication chimique à base de phéromones.....	38
3.7.2. Les danses des abeilles.....	40
4. Principes généraux de l'apiculture.....	41
4.1. Les principaux produits de l'apiculture.....	41
4.1.1. Le miel.....	41
4.1.2. Les autres produits de la ruche.....	42
4.1.2.1. Le pollen.....	42
4.1.2.2. La cire.....	43
4.1.2.3. La propolis.....	44
4.1.2.4. La gelée royale.....	44
4.1.2.5. Le venin.....	45
4.2. Les principaux types de ruches.....	45
4.2.1. La ruche Langstroth.....	47
4.2.2. La ruche Dadant.....	47

Deuxième partie : Particularités de l'apiculture réunionnaise (bibliographie)

1. Présentation de l'île de la Réunion.....	49
1.1. Géographie.....	49
1.2. Climat.....	50
1.3. Biodiversité, écosystèmes réunionnais.....	51
2. L'abeille réunionnaise.....	52
2.1. Histoire de l'apiculture réunionnaise.....	52
2.2. L'abeille réunionnaise : <i>Apis mellifera unicolor</i>	53
3. Structuration de la filière apicole réunionnaise.....	56
3.1. Les principaux organismes intervenant dans la filière apicole.....	56
3.2. Les principales aides à la filière apicole.....	57
4. Les miellées à la Réunion.....	58
4.1. Les principaux types de miels produits à la Réunion.....	59
4.2. Les principales espèces mellifères.....	62
4.2.1. Le baie rose <i>Schinus terebinthifolius</i>	62
4.2.2. Le letchi <i>Litchi chinensis</i>	62
4.2.3. Les autres espèces mellifères.....	63
4.3. Evolution de la production de miel au fil des années.....	64
5. Les ruches réunionnaises.....	66
5.1. Les anciennes ruches.....	66
5.2. La ruche à cadres locale : la Bourbon.....	66
6. Contexte sanitaire de la filière apicole réunionnaise.....	67
6.1. Bilan sanitaire de la filière apicole réunionnaise en 2012.....	67
6.2. Réglementation : les dangers sanitaires de première et de deuxième catégorie.....	69
6.3. Les principaux pathogènes détectés sur le territoire.....	70
6.3.1. La loque européenne.....	70
6.3.2. La nosérose à <i>Nosema apis</i> et <i>Nosema ceranae</i>	72
6.3.3. L'acariose des trachées.....	74
6.3.4. Les virus.....	76
6.3.4.1. Le virus de la cellule royale noire (BQCV).....	77
6.3.4.2. Le virus de la paralysie chronique (CBPV).....	77
6.3.5. La fausse teigne.....	79
6.3.6. Le sphinx tête de mort.....	80
6.4. Les autres pathogènes importants dans le Monde, non détectés sur le territoire.....	81
6.4.1. La varroose.....	81
6.4.1.1. Généralités.....	82
6.4.1.2. Le cas malgache.....	83
6.4.1.3. Evaluation de la capacité hygiénique des abeilles réunionnaises.....	85
6.4.1.4. Analyse de risque de l'introduction de <i>Varroa destructor</i> à la Réunion.....	86
6.4.2. La loque américaine.....	87
6.4.3. Le petit coléoptère des ruches.....	88
6.4.4. La tropilaeose.....	89
7. Les « crises » apicoles réunionnaises.....	91
7.1. Le chikungunya.....	91

7.1.1.	Eléments de l'épidémiologie du chikungunya	91
7.1.2.	Stratégie de lutte anti-vectorielle (LAV) contre le moustique <i>Aedes albopictus</i>	91
7.1.3.	La toxicité des insecticides pour les abeilles.....	92
7.1.3.1.	Les modes de contamination des abeilles.....	92
7.1.3.2.	Les symptômes d'une intoxication aux insecticides.....	92
7.1.3.3.	Evaluation de la toxicité des insecticides employés dans la LAV à la Réunion.....	93
7.1.3.3.1.	Les principales caractéristiques du fénitrothion et de la deltaméthrine.....	93
7.1.3.3.2.	Etude de toxicité à court terme sur les abeilles réunionnaises.....	94
7.1.4.	Mesures de protection des abeilles réunionnaises dans le cadre de la LAV....	95
7.1.4.1.	Protocole de protection des ruchers.....	95
7.1.4.2.	Une alternative aux insecticides : la TIS (Technique de l'Insecte Stérile).....	96
7.2.	La « mouche bleue ».....	96
7.2.1.	Le principe de la lutte biologique contre la vigne marronne <i>Rubus alceifolius</i>	97
7.2.1.1.	<i>Rubus alceifolius</i> , une espèce exotique très envahissante.....	97
7.2.1.2.	Présentation de l'agent de lutte biologique <i>Cibdela janthina</i>	97
7.2.2.	Les conséquences pour la filière apicole.....	98
7.2.2.1.	Disparition d'une espèce mellifère.....	98
7.2.2.2.	Possible compétition pour l'accès à la ressource.....	99
7.3.	La grayanotoxine.....	100

Troisième partie : Enquête sur l'apiculture réunionnaise (expérimentale)

1.	Objectifs.....	103
2.	Matériel et méthodes.....	103
2.1.	Méthodes d'enquête.....	103
2.2.	Le questionnaire.....	103
2.3.	Technique d'échantillonnage.....	104
3.	Résultats.....	104
3.1.	Les apiculteurs.....	104
3.2.	Les exploitations apicoles.....	105
3.2.1.	Les types de production.....	105
3.2.2.	Les ruches utilisées.....	106
3.2.3.	Les niveaux de production de miel déclarés.....	106
3.2.4.	Nombre de rucher(s) par apiculteur.....	107
3.2.5.	Transhumance.....	107
3.3.	La multiplication du cheptel.....	108
3.3.1.	Achat d'essaims.....	108
3.3.2.	Récupération d'essaims naturels.....	108
3.3.3.	Réalisation de l'essaimage artificiel.....	108
3.3.4.	Le renouvellement des reines.....	110
3.3.5.	L'élevage de reines.....	111
3.3.6.	Le rééquilibrage des cadres de couvain.....	111
3.3.7.	Réunion de ruches.....	111
3.4.	La récolte.....	111

3.5. Le nourrissage.....	112
3.5.1. Les types de nourrissage.....	112
3.5.2. Le matériel utilisé : les nourrisseurs.....	113
3.5.3. Les produits de nourrissage.....	113
3.5.4. Durées de nourrissage.....	114
3.5.5. Les carences en pollen.....	114
3.6. La sélection.....	115
3.7. Observation des colonies.....	115
3.8. Sanitaire.....	116
3.8.1. Les principales causes de mortalité.....	116
3.8.2. Périodes de mortalité	116
3.8.3. Niveau sanitaire du cheptel apicole réunionnais perçu par les apiculteurs ...	117
4. Discussion.....	117
4.1. Les problèmes rencontrés.....	117
4.2. Analyse et discussion des résultats.....	117
4.2.1. Une apiculture familiale prédominante.....	117
4.2.2. Une filière apicole vieillissante.....	118
4.2.3. Une sous-déclaration de la production de miel.....	118
4.2.4. Le problème du déficit de cire.....	119
4.2.5. Une situation sanitaire privilégiée à préserver.....	119
4.2.6. La diversité des pratiques selon les apiculteurs réunionnais.....	120
4.2.6.1. La ruche Bourbon prédominante.....	120
4.2.6.2. La transhumance.....	120
4.2.6.3. Les techniques de multiplication du cheptel.....	120
4.2.6.4. Des nourrissages anarchiques.....	121
4.2.7. Pistes d'amélioration de l'apiculture réunionnaise.....	122
 CONCLUSION GÉNÉRALE.....	 124
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	127
 ANNEXES.....	 140
Annexe 1 : Questionnaire posé aux apiculteurs réunionnais (2014).....	140
Annexe 2 : La technique de l'élevage de reines par « greffage ».....	147

Liste des figures

Figure 1 : Arbre phylogénétique des hyménoptères aculéates.....	22
Figure 2 : Répartition des espèces du genre <i>Apis</i> , avant l'intervention humaine.....	24
Figure 3 : Répartition originelle des cinq lignées évolutives de <i>Apis mellifera</i>	25
Figure 4 : Morphologie d'une ouvrière	25
Figure 5 : Vue de face de la tête d'une abeille, avec détail de l'appareil buccal	26
Figure 6 : Organisation segmentée d'une patte d'abeille, ici patte médiane d'une ouvrière ..	27
Figure 7 : Développement journalier du couvain d'ouvrière d' <i>Apis mellifera</i>	27
Figure 8 : Organisation des pattes (antérieure et postérieure) de l'ouvrière	29
Figure 9 : Système respiratoire de l'abeille	30
Figure 10 : Système circulatoire de l'abeille	31
Figure 11 : Système digestif et excréteur de l'abeille	32
Figure 12 : Appareil génital d'un faux-bourdon.....	33
Figure 13 : Appareil génital de la reine.....	33
Figure 14 : Polyéthisme d'âge des ouvrières.....	36
Figure 15 : Les 5 composés de la QMP.....	38
Figure 16 : Danse en 8 de la butineuse avec des recrues potentielles	41
Figure 17 : Transcription de l'angle de la ressource par rapport au soleil	41
Figure 18 : Organisation générale d'une ruche à cadres mobiles.....	46
Figure 19 : Localisation de la Réunion dans l'Océan Indien.....	49
Figure 20 : Carte topographique de l'île de la Réunion avec ses principaux sommets et ses 3 cirques.....	50
Figure 21 : Carte de pluviométrie moyenne annuelle à la Réunion.....	50
Figure 22 : Carte des températures moyennes annuelles à la Réunion.....	50
Figure 23 : Limites du Parc National de la Réunion.....	52
Figure 24 : Les dimensions de la ruche Bourbon	66
Figure 25 : Distribution géographique de la loque européenne sur la période de juillet à décembre 2013	71
Figure 26 : Cycle de développement des <i>Nosema</i>	73
Figure 27 : Carte de répartition mondiale de <i>Acarapis woodi</i>	75
Figure 28 : Micrographie électronique du CBPV.....	77
Figure 29 : Distribution mondiale du sphinx tête de mort.....	81
Figure 30 : Distribution géographique de <i>Varroa destructor</i> en 2010.....	82
Figure 31 : Distribution de <i>Varroa destructor</i> sur l'île de Madagascar en 2011-2012.....	84
Figure 32 : Répartition géographique de <i>T. clareae</i> en 1983.....	90
Figure 33 : Cycle biologique de <i>Cibdela janthina</i>	98
Figure 34 : Distribution de <i>Cibdela janthina</i> sur l'île en juillet 2012.....	99
Figure 35 : Niveau d'attaque de <i>Rubus alceifolius</i> sur l'île en juillet 2012.....	99

Liste des photographies

Photographie 1 : Illustration du couvain. De gauche à droite, des œufs, des larves et des nymphes (operculées).....	28
Photographie 2 : Les trois castes d'une colonie d'abeilles. De gauche à droite, la reine, l'ouvrière et le faux-bourdon.....	29
Photographie 3 : Détail de la brosse tarsale de la patte postérieure d'une ouvrière (face interne).....	29
Photographie 4 : Situation du couvain et des provisions sur un cadre.....	34
Photographie 5 : Cellule royale avec une nourrice.....	35
Photographie 6 : Essaim en grappe sur une branche.....	39
Photographie 7 : Position caractéristique prise par l'abeille lors de l'émission de phéromones de la glande de Nasonov.....	40
Photographie 8 : Jeune larve dans sa cellule royale (artificielle) remplie de gelée royale....	45
Photographie 9 : Fleurs de <i>Schinus terebinthifolius</i>	62
Photographie 10 : Baies de <i>Schinus terebinthifolius</i>	62
Photographie 11 : Fleur de letchi butinée par une abeille.....	63
Photographie 12 : Arbre de letchi avec ses fruits à maturité.....	63
Photographie 13 : Photo (LT-SEM micrograph) de l'intérieur d'une trachée renfermant un acarien femelle <i>Acarapis woodi</i> , des œufs et des débris.....	75
Photographie 14 : Abeille de droite présentant un tableau clinique de type 2 de CBPV.....	78
Photographie 15 : Adulte de <i>Achroia grisella</i>	79
Photographie 16 : Adulte de <i>Galleria mellonella</i>	79
Photographie 17 : Dégâts sur un rayon infesté par la fausse teigne.....	79
Photographie 18 : Le sphinx tête de mort.....	80
Photographie 19 : Femelle <i>Varroa destructor</i> sur une nymphe d'abeille, extraite de sa cellule.....	82
Photographie 20 : Destruction à l'azote liquide d'une zone de couvain operculé	85
Photographie 21 : Observation d'une zone de couvain détruite à l'azote liquide, à J+2.....	86
Photographie 22 : Illustration du test dit de « l'allumette ».....	87
Photographie 23 : Larve de <i>Aethina tumida</i>	89
Photographie 24 : Adulte de <i>Aethina tumida</i>	89
Photographie 25 : Vues dorsales de <i>Varroa destructor</i> à gauche et de <i>Tropilaelaps clareae</i> à droite.....	91
Photographie 26 : <i>T. clareae</i> sur des stades immatures d'abeilles.....	91
Photographie 27 : La vigne marronne, une espèce très envahissante.....	97
Photographie 28 : Interaction entre une abeille et une tenthrède sur une inflorescence de letchi.....	100
Photographie 29 : Inflorescence de bois de rempart.....	101

Liste des tableaux

Tableau 1 : Position de l'abeille au sein du règne animal.....	23
Tableau 2 : Comparaison des caractères entre ouvrières, reine et mâles.....	30
Tableau 3 : Analogies entre la colonie d'abeilles et un organisme pluri-cellulaire.....	36
Tableau 4 : Principales caractéristiques des principales races d'abeilles qui constituent l'abeille réunionnaise.....	55
Tableau 5 : Aides disponibles pour les apiculteurs réunionnais.....	58
Tableau 6 : Récapitulatif : calendrier des miellées à la Réunion.....	61
Tableau 7 : Evolution des rendements moyens par colonie depuis 2004.....	64
Tableau 8 : Principaux résultats du bilan sanitaire de la filière apicole réunionnaise réalisé en 2012.....	69
Tableau 9 : Evaluation comparée du fénitrothion et de la deltaméthrine.....	93
Tableau 10 : Conclusions de l'évaluation des risques pour l'environnement du fénitrothion et de la deltaméthrine.....	94
Tableau 11 : Caractéristiques des exploitations enquêtées.....	105
Tableau 12 : Les différentes techniques de multiplication du cheptel utilisées.....	108
Tableau 13 : Nombre d'apiculteurs récupérant des essaims naturels en fonction des régions de l'île et du moment de l'année.....	108
Tableau 14 : Nombre d'apiculteurs pratiquant l'essaimage artificiel en fonction des régions de l'île et du moment de l'année.....	109
Tableau 15 : Fréquence du renouvellement des reines.....	110
Tableau 16 : Techniques de remérage artificiel utilisées.....	110
Tableau 17 : Nombre d'apiculteurs réalisant l'élevage de reines en fonction de la période.....	111
Tableau 18 : Outils utilisés pour aider à récolter le miel.....	111
Tableau 19 : Caractéristiques du nourrissage effectué par les apiculteurs réunionnais.....	112
Tableau 20 : Espèces végétales riches en pollen (d'après les apiculteurs enquêtés).....	114
Tableau 21 : Caractères de sélection importants selon les apiculteurs interrogés.....	115
Tableau 22 : Les principales causes de mortalité des abeilles selon les apiculteurs enquêtés.....	116
Tableau 23 : Périodes où il y a le plus de mortalité observée.....	116

Liste des graphiques

Graphique 1 : Evolution de la production de miel par la Coopémiel depuis 2001, et du nombre de colonies en production depuis 2004.....	64
Graphique 2 : Evolution des productions de miel de baie rose, letchis et miel de forêt de 2001 à 2012.....	65
Graphique 3 : Pyramide des âges des apiculteurs réunionnais interrogés.....	105
Graphique 4 : Répartition des rendements moyens sur une année, toutes classes d'apiculteurs confondues.....	106
Graphique 5 : Répartition des rendements moyens sur une année, par classe d'apiculteur.....	107
Graphique 6 : Répartition du nombre de ruchers en fonction de la classe d'apiculteurs.....	107
Graphique 7 : Les différentes techniques utilisées pour l'essaimage artificiel.....	109
Graphique 8 : Temps moyen estimé nécessaire à la formation d'un essaim productif.....	110
Graphique 9 : Les types de nourrissage réalisés.....	113
Graphique 10 : Durées des deux types de nourrissage.....	114

Liste des abréviations

J : jour	°C : degré Celsius
mm : millimètre	Oct. : octobre
cm : centimètre	Nov. : novembre
µm : micromètre	Dec. : décembre
km : kilomètre	NSP : Ne Sait Pas
t° : température	NA : Non Available
mg : milligramme	kg : kilogramme
g : gramme	

ABPV : Acute Bee Paralysis Virus
ADAR : Association pour le Développement de l'Apiculture à la Réunion
ADN : Acide DésoxyriboNucléique
ARN : Acide RiboNucléique
AFSSET : Agence Française de Sécurité Sanitaire Et du Travail
AMEXA : Assurance Maladie des Exploitants Agricoles
AMM : Autorisation de Mise sur le Marché
ANSES : Agence Nationale chargée de la sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
ASA : Agent Sanitaire Apicole
BQCV : Black Queen Cell Virus
BVY : Bee Virus Y
CBPV : Chronic Bee Paralysis Virus
CCD : Colony Collapse Disorder
CIRAD : Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
CRVOI : Centre de Recherche et de Veille sur les maladies émergentes dans l'Océan Indien
CSRPN : Conseil Scientifique Régional du Patrimoine Naturel
DAAF Réunion : Direction de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt de la Réunion
DEAL : Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
DIREN : DIrection Régionale de l'ENvironnement
DGCCRF : Direction Générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des Fraudes
DOM : Département d'Outre-Mer
DRASS : Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales
DSV : Direction des Services Vétérinaires
DVAV : Dorso Ventral Abdominal Vibration
DWV : Deforming Wing Virus
FEADER : Fonds Européen Agricole pour le Développement Rural
GDS : Groupement de Défense Sanitaire
GEIR : Groupe Espèces Invasives de la Réunion
GMS : Grandes et Moyennes Surfaces
IAPV : Israeli Acute Paralysis Virus
IRD : Institut de Recherche pour le Développement
ISSG : Invasive Species Specialist Group
KBV : Kashmir Bee Virus
LAV : Lutte Anti-Vectorielle
LEADER : Liaison Entre Actions de Développement de l'Economie Rurale
MDO : Maladies à Déclaration Obligatoire
MRC : Maladies Réputées Contagieuses
NA : Non Available

ODEADOM : Office de Développement de l'Economie Agricole des Départements d'Outre-Mer.
OIE : Office International des Epizooties, aujourd'hui Organisation mondiale de la santé animale
ORSEC : Organisation de la Réponse de Sécurité Civile
PCR : Polymerase Chain Reaction
QMP : Queen Mandibular Pheromone
POSEI : Programme d'Options Spécifiques à l'Eloignement et à l'Insularité
RSA : Revenu de Solidarité Active
SAR : Syndicat Apicole de la Réunion
SBV : Sac Brood Virus
SPV : Slow Paralysis Virus
TIAC : Toxi-Infection Alimentaire Collective
TIS : Technique de l'Insecte Stérile
UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature
UNESCO : United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
VINIFLHOR : Office National Interprofessionnel des Fruits, des Légumes, des VINs et de l'HORTiculture
VSH : Varroa Sensitive Hygiene
ZNIEFF : Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique

INTRODUCTION

Depuis des millénaires, un peu partout sur la planète, l'homme travaille avec les abeilles, comme en témoignent des peintures et gravures datant de plus de 4000 ans avant Jésus-Christ montrant des hommes récoltant du miel dans la nature.

Avec le temps et à force d'observations, les humains ont compris le fonctionnement surprenant, et extrêmement organisé d'une colonie d'abeilles, à la manière d'une véritable société. Il est parvenu alors, en respectant leur fonctionnement, à les domestiquer et à les élever à son profit, c'est à dire à pratiquer l'apiculture.

Les abeilles l'ont suivi dans toutes ses grandes migrations, tant et si bien qu'aujourd'hui-même l'abeille domestique *Apis mellifera* se retrouve quasiment partout sur la planète au-delà même de sa zone d'origine géographique.

Pourtant, depuis quelques années, l'abeille et l'apiculture souffrent de nombreuses difficultés particulièrement en Europe et en Amérique du Nord. Entre les problématiques liées aux agents pathogènes, l'anthropisation des milieux et les modifications structurelles des paysages, des pratiques apicoles stressantes, la pollution liée aux insecticides, l'apiculture en général n'a jamais autant semblée menacée à l'échelle mondiale.

Néanmoins, dans d'autres parties du monde, les choses semblent se passer différemment. C'est notamment le cas sur l'île de la Réunion, où ces phénomènes de mortalités aiguës ne sont pas présents. L'apiculture réunionnaise bénéficie d'un fort ancrage dans la population de l'île, aussi bien culturellement qu'économiquement, et génère une forte activité.

Cependant, les pratiques apicoles sont différentes selon les régions et doivent être adaptées à l'espèce et même à la sous-espèce d'abeille, ainsi qu'à la flore et au climat.

Comme quasiment toutes les apicultures tropicales, celle-ci n'a pas fait l'objet d'études vraiment approfondies. Quelle est l'histoire de l'apiculture réunionnaise ? Quel est le type d'abeille présent sur l'île ? Quelles sont les pratiques des apiculteurs réunionnais ? Quelle est la productivité de la ruche réunionnaise ? ... Autant de questions sans réponse à l'heure actuelle.

Ce travail s'inscrit dans cette démarche de synthèse et de tenter d'établir un état des lieux aussi réaliste et exhaustif que possible de la situation apicole réunionnaise et des connaissances scientifiques acquises jusqu'à ce jour.

Une première partie introductive abordera la biologie de l'abeille *Apis mellifera* ainsi que le fonctionnement général d'une colonie d'abeilles. Cela est fondamental car la plupart des pratiques de l'apiculture en découlent. Il paraît nécessaire d'acquérir les notions de base en apiculture avant de s'intéresser à la filière apicole réunionnaise.

La deuxième partie, bibliographique, s'intéressera à l'histoire et aux spécificités de l'apiculture réunionnaise. Les documents sur l'apiculture réunionnaise sont rares. Seuls deux travaux abordent le sujet en général (*Douhet*, 1982 et *Megret*, 1986). De plus, ils datent de près de 30 ans et traitent majoritairement de l'aspect sanitaire.

Enfin, la troisième partie concernera la description de la filière apicole réunionnaise. Cette partie a fait l'objet d'une enquête auprès de 105 apiculteurs et permettra de dégager les chiffres-clés de la filière.

Première partie :

Généralités sur l'abeille mellifère *Apis mellifera* (bibliographie)

1. Systématique de l'abeille mellifère *Apis mellifera*

Deux espèces d'abeilles sont exploitées par l'homme pour la production de miel, dans des ruches modernes à cadres mobiles : l'abeille domestique *Apis mellifera*, et l'abeille orientale *Apis cerana*. Toutefois, l'abeille la plus intéressante d'un point de vue du rendement en miel est *Apis mellifera*. Absente naturellement du continent américain, de l'Est asiatique et en Océanie, elle y a été massivement importée et elle est maintenant présente sur quasiment toute la planète. Son aire d'expansion naturelle s'arrête à l'Europe du Nord (jusqu'à la Scandinavie incluse) (Winston, 1993), en raison de températures trop basses.

Une « apiculture » traditionnelle persiste, essentiellement en Asie, comme au Népal, en Malaisie, ou encore au Cambodge, et en Afrique, où des collecteurs de miel récupèrent le miel produit par des colonies d'abeilles sauvages : cette pratique est appelée la chasse au miel. Ces dernières sont essentiellement d'autres espèces d'abeilles en Asie, comme *Apis laboriosa* ou *Apis dorsata*, qui ne peuvent être domestiquées. C'est une activité couramment pratiquée dans les pays du Sud en voie de développement où les colonies sauvages d'abeilles sont encore abondantes. Cette pratique est très ancienne, une tradition qui est toutefois en voie de disparition (Bradbear, 2010).

C'est Linné qui décrit pour la première fois l'abeille occidentale *Apis mellifera* en 1758. *Mellifera* vient du latin « mellis » miel et « ferre » porter. Le terme *mellifica* serait plus approprié puisque l'abeille ne fait pas que transporter le miel mais elle le produit à partir du nectar des fleurs butinées. Cependant, l'usage veut que l'on garde sa première désignation : *Apis mellifera* Linnaeus (1758). Elle a d'abord été classée en 1802, par Kirby et Latreille, sur des critères morphologiques de longueur de langue (Latreille, 1802). Puis, suite aux nombreuses observations des abeilles, la classification a évolué et Michener propose en 1944, dans sa thèse de doctorat, la première classification moderne (classification phylogénétique). C'est avec le développement des techniques de biologie moléculaire que la classification des abeilles évolue (Leconte, 2002 et Michez, 2007). D'ailleurs, de récents travaux en génétique ont permis de comprendre un peu mieux la structuration des hyménoptères : les abeilles sont phylogénétiquement beaucoup plus proches des fourmis que des guêpes (fig.1) (Johnson et al., 2013).

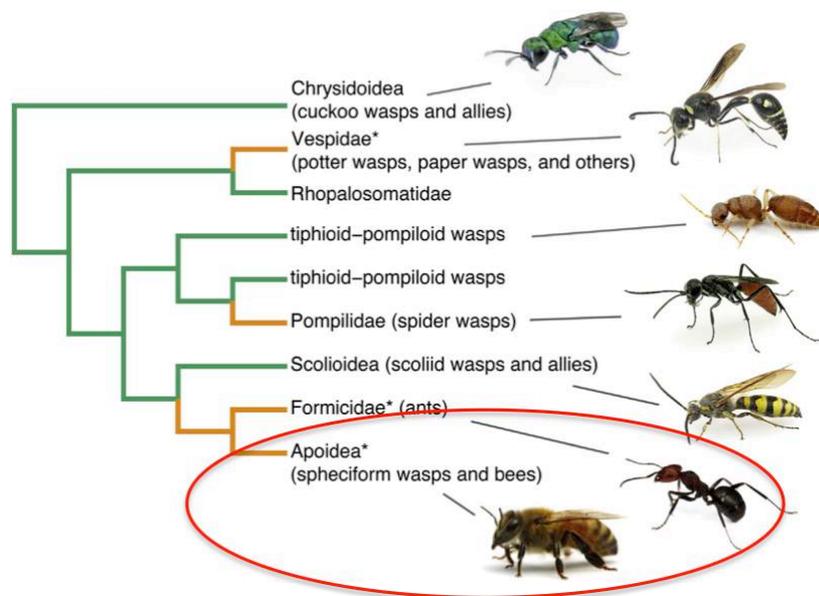


Figure 1 : Arbre phylogénétique des hyménoptères aculéates (Johnson et al., 2013)

Remarque : les branches vertes représentent les espèces qui ont un mode de vie parasitaire, les branches oranges celles qui ont un mode de vie basé sur la construction de nids et la prédation. Les astérisques désignent des lignées contenant des espèces eusociales (qui ont un

mode d'organisation sociale évolué, avec des groupes d'individus divisés en castes d'individus fertiles et non fertiles).

Le tableau 1 suivant résume la classification actuelle de l'abeille au sein du règne animal.

Classification	Taxon	Caractéristiques, exemples
Embranchement	Arthropode	Exosquelette chitineux Pourvus d'appendices locomoteurs <i>Ex : Arachnides (araignées, acariens), Crustacés, Myriapodes (scolopendres)</i>
Sous-embranchement	Antennate ou Mandibulate	Présence d'antennes et de mandibules
Classe	Insecte	3 paires de pattes Corps divisé en 3 segments (tête, thorax, abdomen) Respiration trachéenne <i>Ex : hannetons, pucerons, puces, papillons</i>
Ordre	Hyménoptère	2 paires d'ailes membraneuses Pièces buccales de type broyeur-lécheur Larve à métamorphose complète Métathorax soudé au 1 ^{er} segment abdominal <i>Ex : guêpes, bourdons</i>
Sous-ordre	Apocrite	Etranglement marqué entre le thorax et l'abdomen « taille de guêpe »
Infra-ordre	Aculéate	Dard venimeux chez les femelles <i>Ex : fourmis, guêpes, frelons</i>
Super-famille	Apoïdea	Adaptation au régime alimentaire (nectar et pollen) : appareil de récolte du pollen, corps couvert de poils
Famille	Apidae supérieur	Insectes sociaux Sécrétion de cire
Sous-famille	Apinae	
Tribu	Apini	Abeilles mellifères
Genre	Apis	Abeille sociale qui établit des colonies permanentes
Espèce	<i>Apis mellifera</i> L.	9 espèces d'abeilles* : <i>Apis mellifera</i> , <i>Apis florea</i> , <i>Apis andreniformis</i> , <i>Apis cerana</i> , <i>Apis koschevnikovi</i> , <i>Apis nigrocincta</i> , <i>Apis nuluensis</i> , <i>Apis laboriosa</i> , <i>Apis dorsata</i>
Sous-espèces géographiques	<i>mellifera carnica ligustica...</i>	Différences morphologiques, comportementales, génétiques et écologiques

Tableau 1 : Position de l'abeille au sein du règne animal (Adam, 2010a, inspiré du tableau « Position de l'abeille chez les êtres vivants »)

* Le nombre total d'espèces d'abeilles diffère selon les auteurs. Traditionnellement, 4 espèces d'abeilles étaient décrites : les abeilles asiatiques *Apis florea* (abeille naine), *Apis dorsata* (abeille géante), *Apis cerana* (abeille orientale) et l'abeille occidentale *Apis mellifera*.

Aujourd'hui, la plupart des scientifiques admettent qu'il existe plutôt 9 espèces d'abeilles réparties en 3 grands groupes (Leconte, 2002 et Hardy, 2012) :

- Les abeilles « naines » : *Apis florea* et *Apis andreniformis*
- Les abeilles « géantes » : *Apis dorsata* et *Apis laboriosa*, (*Apis binghami* et *Apis breviligula* seraient des sous-espèces de *Apis dorsata*)
- Les abeilles « cavitaires » : *Apis mellifera*, *Apis cerana*, *Apis koschevnikovi*, *Apis nuluensis*, *Apis nigrocincta*

Toutes ces abeilles vivent exclusivement en Asie sauf *Apis mellifera*, dont l'aire de répartition est bien plus étendue (fig. 2).

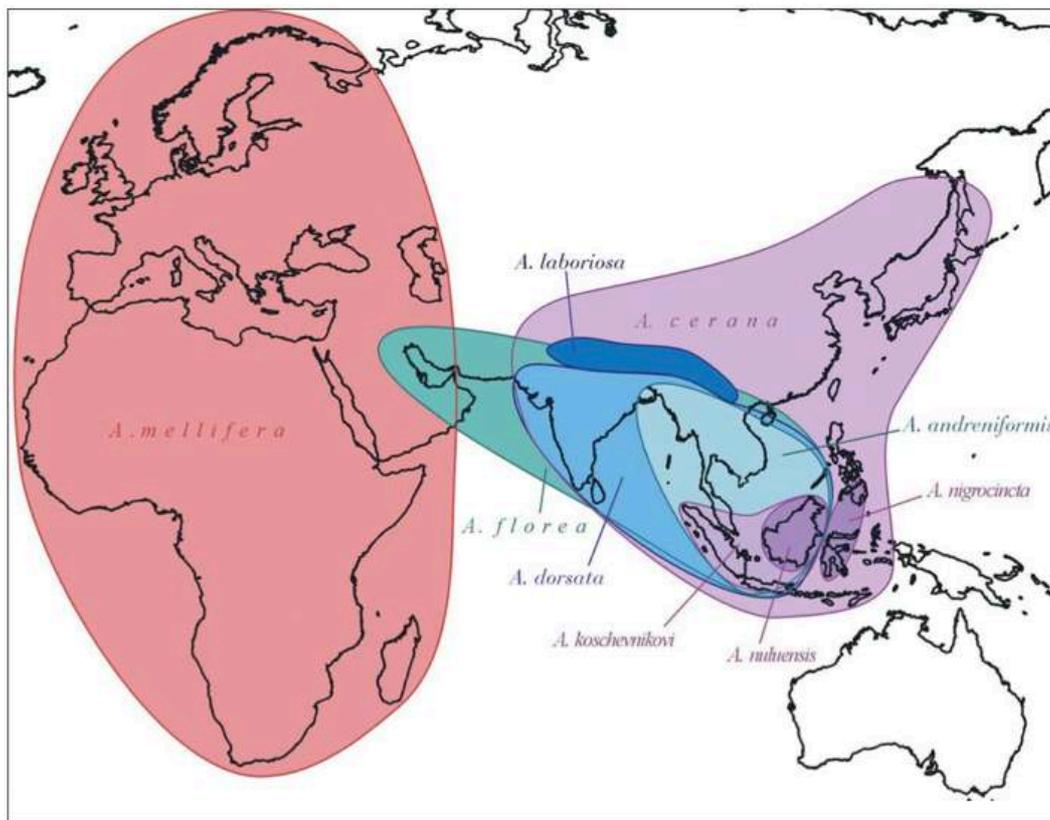


Figure 2 : Répartition des espèces du genre *Apis*, avant l'intervention humaine (Franck et al., 2000 et Le Conte et Navajas, 2008)

Remarques :

- Une nouvelle sous-espèce endémique des montagnes du Tien Shan, en Asie centrale, *Apis mellifera pomonella* (Sheppard et Meixner, 2003), étend la distribution originelle de *Apis mellifera* jusqu'à 2000 km à l'Est, ce qui ne figure pas sur cette carte.
- L'Océanie et l'Amérique sont absents de la carte. En effet, en Amérique, les abeilles du genre *Apis* y étaient absentes à l'origine même si d'autres tribus y existaient, comme les mélipones (abeilles sans dard). Pour des soucis de productivité, l'abeille domestique *Apis mellifera* y a été importée par des colons européens à partir du XVII^e siècle. Et en 1956, quelques reines d'*Apis mellifera scutellata*, d'origine africaine, ont été importées au Brésil. Ces dernières se sont très bien acclimatées au climat tropical, et ont colonisé progressivement le continent, jusqu'aux Etats-Unis, mais leurs croisements avec les abeilles européennes ont engendré des hybrides très agressifs, appelés « abeilles africanisées » ou « abeilles tueuses ».

Avec le séquençage récent de l'intégralité du génome de l'abeille, en 2006, de nouveaux marqueurs de l'ADN génomique ont été identifiés (Lavend'Homme, 2006), et ont permis d'émettre une nouvelle hypothèse selon laquelle *Apis mellifera* serait originaire d'Afrique (Whitfield et al., 2006), puis que trois lignées évolutives se seraient mises en place vers l'Eurasie, à partir de cette lignée A (Africaine), en au moins deux vagues de migration : une migration via le détroit de Gibraltar, à l'origine de la lignée M (Ouest Européenne), et une ou plusieurs migration(s) vers l'Est, à l'origine des lignées C (Nord Méditerranéenne) et O (Orientale). Aujourd'hui, cinq lignées évolutives sont répertoriées (fig. 3), avec une nouvelle lignée : la lignée Y décrite par Franck et al. en 2000, en étudiant des microsatellites de l'ADN

mitochondrial, qui ne comprend que la sous-espèce *Apis mellifera yemenitica*. En 1988, sur la base de critères morphologiques, Ruttner décrivait déjà 4 lignées évolutives.



Figure 3 : Répartition originelle des cinq lignées évolutives de *Apis mellifera* (Garnery sur mellifica.be)

Ces différentes lignées se sont ensuite adaptées à leurs milieux : les abeilles ont subi des pressions de sélection différentes (conditions climatiques, agents pathogènes, prédateurs, parasites), qui ont conduit à une adaptation des espèces et à l'apparition de sous-espèces. Celles-ci ont une variabilité génétique mais peuvent se reproduire entre elles et ainsi se métisser entre sous-espèces (Toullec, 2008 et Hardy, 2012).

2. Notions générales sur les abeilles

2.1. Anatomie externe et généralités

Pour rappel (cf. tab. 1), les abeilles font partie de la classe des Insectes. Elles ont donc les caractéristiques de cette classe. Leur corps est divisé en trois segments : la tête, le thorax et l'abdomen (fig. 4), et est enveloppé d'une cuticule faite de chitine, qui assure un exosquelette rigide.

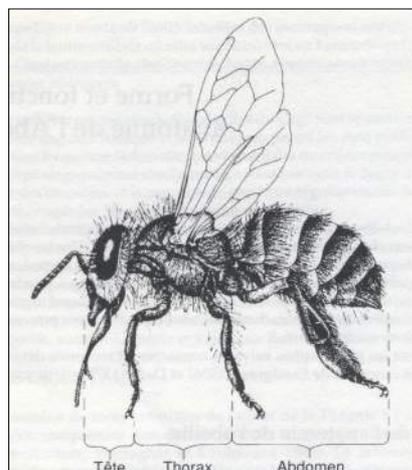


Figure 4 : Morphologie d'une ouvrière (Winston, 1993)

Leur vision est assurée par cinq yeux situés sur la tête. Deux gros yeux composés (4000 à 6000 ommatidies ou facettes hexagonales) assurent la vision au loin et l'orientation du vol par rapport au soleil. En plus, trois yeux simples ou ocelles, situés au sommet de la tête, leur permettent de percevoir, entre autres, les changements de luminosité (*Jean-Prost, 2005*).

Les yeux composés de l'abeille distinguent bien les couleurs sauf le rouge (cela a été découvert par le professeur de zoologie Karl von Frisch, qui a reçu un prix Nobel de physiologie ou médecine en 1973 pour ses cinquantes ans de travaux sur les abeilles). Ils détectent un spectre légèrement différent de celui de l'œil humain allant de 300 nanomètres (ultraviolet) à 650 nanomètres (orange-rouge).

La majorité de leur sens est perçue grâce à leurs deux antennes. Ce sont de véritables organes sensoriels qui assurent entre autres l'ouïe et l'odorat. Ces dernières, composées de 11 articles chez le mâle, 10 chez l'ouvrière, captent les variations d'humidité, de température, ou encore le niveau de CO₂ (*Jean-Prost, 2005*).

Les abeilles ont un appareil buccal de type broyeur-lécheur. Elles possèdent deux puissantes mandibules, qui servent à réaliser de nombreuses tâches comme malaxer la cire, ou encore mordre les ennemis. Une trompe, constituée de cinq pièces buccales (fig. 5) : la langue ou glosse, deux palpes labiaux, deux palpes maxillaires, leur permet d'aspirer le nectar des fleurs.

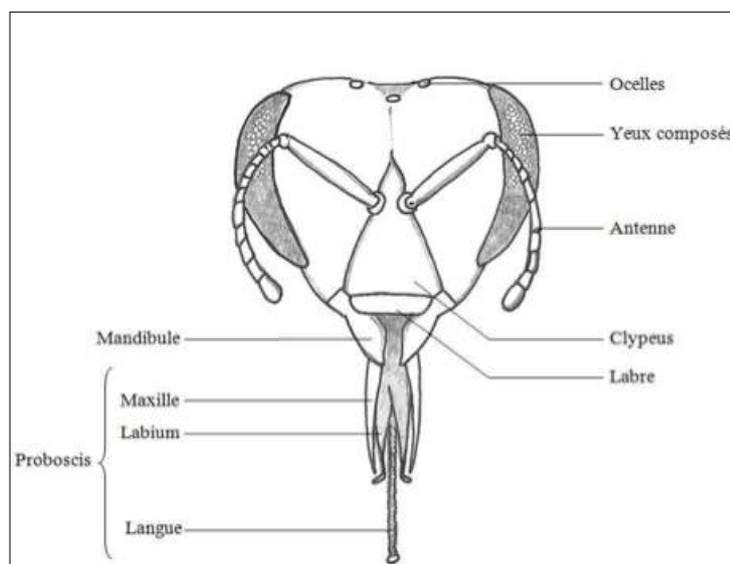


Figure 5 : Vue de face de la tête d'une abeille, avec détail de l'appareil buccal (*Lequet, 2010*)

Le thorax est composé de trois segments soudés, chacun portant une paire de pattes. Chaque patte a la même organisation fondamentale : elle est constituée de plusieurs articles, nommés ainsi, du corps vers l'extrémité de la patte, coxa (ou hanche), trochanter, fémur, tibia et tarse, lui-même divisé en cinq articles (fig. 6).

Les deux paires d'ailes sont portées par les deux derniers segments du thorax. Une vingtaine de crochets (ou hamuli), situés sur le bord de l'aile postérieure, les rendent solidaires pendant le vol.

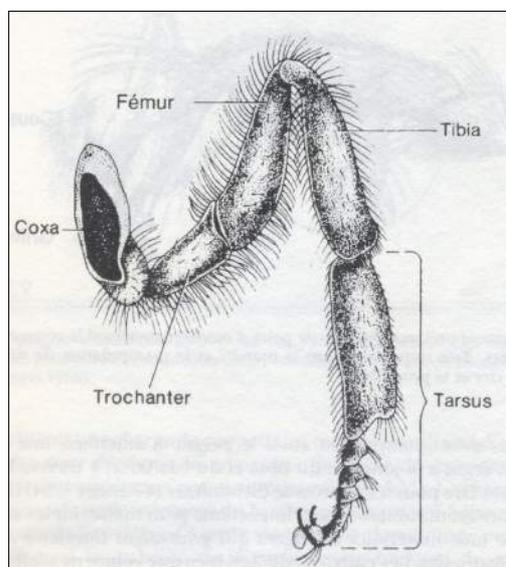


Figure 6 : Organisation segmentée d'une patte d'abeille, ici patte médiane d'une ouvrière (Winston, 1993)

L'abdomen se divise en sept segments chez la femelle, huit chez le mâle, dont le premier est uni au thorax (Sous-ordre des Apocrites).

2.2. Biologie : les différents stades de développement

Au sein des abeilles, il faut différencier trois individus, encore appelés castes : la reine, les ouvrières et les mâles ou faux-bourdon.

Leur cycle de développement est identique mais les durées de développement sont variables. Ainsi, la reine a le cycle le plus court, d'une durée moyenne de 16 jours, alors que les mâles ont le cycle le plus long : environ 24 jours. Le cycle des ouvrières est intermédiaire, avec une durée d'environ 21 jours (Jean-Prost, 2005).

Ces durées sont des moyennes, puisque celles-ci sont différentes en fonction des sous-espèces d'abeilles. Elles varient également en fonction de facteurs environnementaux comme la température, l'humidité, et la nutrition du couvain (Winston, 1993). La température idéale du nid pour le développement du couvain est de 35 degrés Celsius.

Les durées seront données dans l'ordre suivant : reine-ouvrière-faux-bourdon. Les abeilles ont quatre stades de développement : dans l'ordre l'œuf, la larve, la nymphe et l'adulte. Les trois premiers stades constituent ce qu'on appelle le couvain.

(jours 1 à 3 : stade œuf, jours 4 à 8 : stades 1, 2, 3, 4 et stade larvaire 5 non operculé, jours 9 à 10 : stade larvaire 5 operculé avant et pendant le tissage du cocon, jours 11 à 12 : stade larvaire 5 operculé après le tissage du cocon ou stade prénymphe, jours 13 à 20 : stade nymphal, jour 21 : stade imago et émergence).

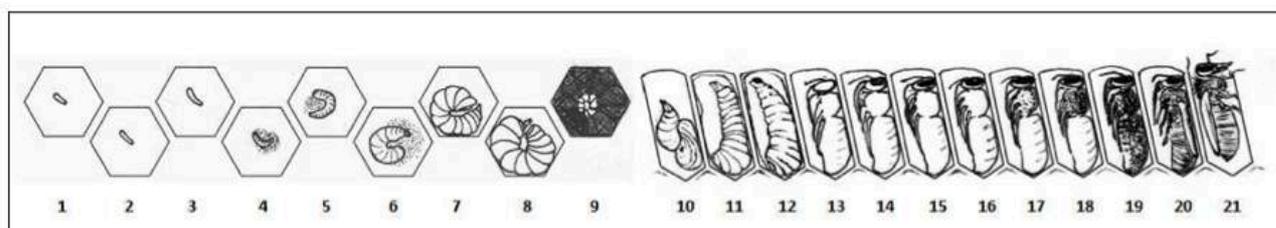
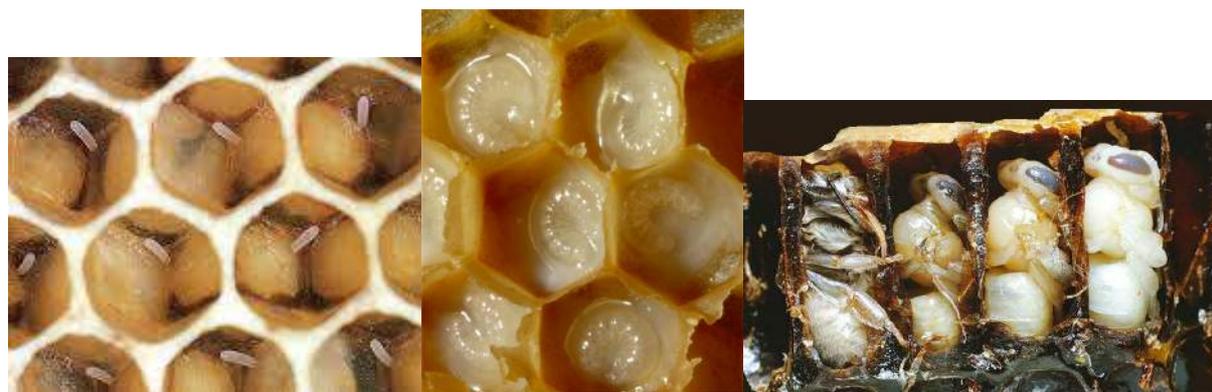


Figure 7 : Développement journalier du couvain d'ouvrière d'*Apis mellifera* (Wendling, 2012)

L'œuf (petit bâtonnet blanc d'environ 1,5 mm de long et de 0,3 mm de diamètre) est disposé de manière verticale au fond d'une alvéole. Pendant la période d'incubation, d'une durée de 3

jours, ce dernier va s'incliner progressivement pour finir en position horizontale avant l'éclosion. L'œuf se transforme en larve : elle ressemble à un ver annelé de couleur blanchâtre, qui n'a ni pattes ni yeux (photo.1). Elle a une forme de croissant de lune (photo. 1) et ses deux extrémités se rejoignent au bout de 3 jours. Son appareil buccal, simple, est nécessaire pour ingérer la grande quantité de nourriture distribuée par les ouvrières.

Au bout de la cinquième mue après 5,5-6-6,5 jours, les ouvrières operculent la cellule et la larve (L5) va former un cocon pour se transformer en une nymphe immobile (après une mue nymphale). On parle alors de couvain fermé ou operculé en opposition au couvain ouvert des premiers stades larvaires. Cette dernière ressemble à l'abeille adulte (photo. 1) : son corps est segmenté et elle est munie d'antennes, d'yeux et de trois paires de pattes. Pendant cette nymphose, elle ne s'alimente pas. Ses yeux, initialement blancs, passeront du rose au pourpre, pour devenir définitivement marrons foncés. Parallèlement, le thorax prendra une coloration foncée au fur et à mesure. Cette dernière émergera 7,5-12-14,5 jours plus tard, après avoir rongé l'opercule de sa cellule, et deviendra un imago ou adulte.



Photographie 1 : Illustration du couvain. De gauche à droite, des œufs, des larves et des nymphes (operculées) (<http://apiculture-populaire.com/couvain.html> et <http://www.ac-grenoble.fr/ecoles/smh/IMG/didapages/abeilles/lecteur.swf> pour l'illustration du milieu)

Remarque : les parois latérales des alvéoles ont été retirées pour mieux visualiser les œufs et les larves.

2.3. Les particularités des abeilles de chaque caste

Il est facile de distinguer morphologiquement les trois castes d'abeilles, que sont la reine, les ouvrières et les mâles ou faux-bourçons (photo. 2).

La reine est l'individu le plus grand de la ruche. Elle a un corps longiligne, avec un abdomen bien développé, plus long que les ailes, en raison de ses organes reproducteurs très développés.

Les mâles, eux, sont plus trapus. Leur abdomen, volumineux à cause de la présence de testicules bien développés, ne dépasse pas des ailes. Contrairement aux femelles, leurs yeux sont quasiment jointifs sur le dessus de la tête et leur langue est courte.

Seules les femelles ont un appareil venimeux. Le dard des ouvrières est barbelé : lorsqu'elles piquent, il reste généralement ancré dans la peau de leur ennemi et elles meurent. Au contraire, celui de la reine est lisse et peut ainsi servir plusieurs fois (*Jean-Prost, 2005*).



Photographie 2 : Les trois castes d'une colonie d'abeilles. De gauche à droite, la reine, l'ouvrière et le faux-bourdon (Adam, 2010b)

Les ouvrières sont les plus petites abeilles de la ruche. Leurs ailes sont de même longueur que leur abdomen. Elles présentent des adaptations anatomiques en relation avec leurs activités. Leurs trois paires de pattes (antérieures, médianes et postérieures) possèdent de véritables outils, leur permettant de récolter le pollen entre autres (ou encore la propolis). Les pattes antérieures sont munies d'un éperon tibial et d'un peigne antennaire tarsal (fig.8). Sur les pattes médianes et postérieures, des brosses sont présentes (photo. 3), face interne du premier article tarsal. Mais la paire de pattes la plus spécialisée est la dernière paire (fig. 8), avec notamment une corbeille à pollen, située face externe du tibia, bordée de soies raides : le peigne, qui maintient la pelote de pollen dans la corbeille à pollen.

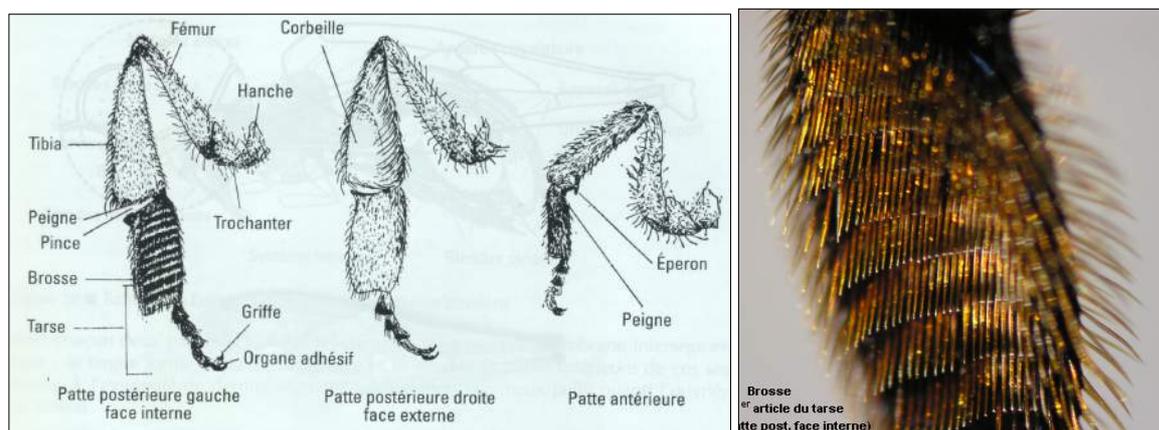


Figure 8 (à gauche) : Organisation des pattes (antérieure et postérieure) de l'ouvrière (Jean-Prost, 2005)

Photographie 3 (à droite) : Détail de la brosse tarsale de la patte postérieure d'une ouvrière (face interne) (site Sciences de la vie et de la terre au Lycée)

Le fonctionnement de la confection des pelotes de pollen est complexe. Lorsqu'elles butinent les fleurs, les abeilles récoltent du pollen dans leurs poils, grâce à leur pilosité très développée. En cours de vol, le peigne antennaire d'une patte antérieure récupère le matériel piégé au niveau des antennes alors que les brosses récoltent le pollen, préalablement humecté, sur l'ensemble de la toison. Ces dernières sont alors frottées contre les peignes des pattes controlatérales, qui récupèrent ainsi le pollen. Enfin, il est placé dans les corbeilles à pollen, via la pince tibio-tarsienne des troisièmes paires de pattes.

Les ouvrières sont les seules à posséder un appareil cirier leur permettant de bâtir les rayons de la ruche. Il est constitué de huit glandes au niveau de la partie interne des quatre derniers sternites, du 4^{ème} au 7^{ème} segment abdominal. Ces glandes ne sont pas fonctionnelles dès leur émergence : leur activité est maximale entre 13 et 18 jours (Adam, 2010a).

Le tableau 2 suivant donne un récapitulatif des principales différences entre les trois castes.

	Ouvrière	Reine	Mâle
Longueur du corps	le plus court	le plus long	intermédiaire
Largeur du thorax	le plus fin	intermédiaire	le plus trapus
Nombre d'articles des antennes	10	10	11
Position des yeux composés	séparés	séparés	contigus
Nombre d'ommatidies	4000 à 6000	3000-4000	Jusqu'à 8500
Longueur de la langue	5-7 mm	courte	très courte
Pattes	avec outils	sans outils	sans outils
Aiguillon	présent, barbelé	présent, lisse	absent
Durée du développement (en jours)	21	16	24
Glandes cirières	présentes	absentes	absentes

Tableau 2 : Comparaison des caractères entre ouvrières, reine et mâles (*Jean-Prost, 2005 et Aymé*)

2.4. Anatomie interne

2.4.1. Le système nerveux

Le système nerveux des abeilles est simple. Il est constitué d'un cerveau dans la tête, qui se prolonge d'une chaîne ganglionnaire ventrale de sept ganglions (2 dans le thorax, 5 dans l'abdomen).

2.4.2. Appareils respiratoire et circulatoire

Chez les insectes, les systèmes respiratoire et circulatoire sont séparés. Le « sang » ou plus exactement l'hémolymphe n'a pas pour fonction le transport de l'oxygène. Les abeilles ont un appareil respiratoire trachéen : l'air entre par les stigmates (petits orifices dans la cuticule) et est distribué jusqu'aux organes et aux muscles via de tous petits tubes trachéaux (fig. 9). Il existe une paire de stigmates sur chaque segment du thorax et de l'abdomen (3 stigmates thoraciques, 7 stigmates abdominaux chez l'ouvrière). Des sacs aériens, répartis dans tout le corps de l'abeille, y compris dans les pattes, permettent de stocker l'air. Les échanges gazeux se font par diffusion (*Winston, 1993*).

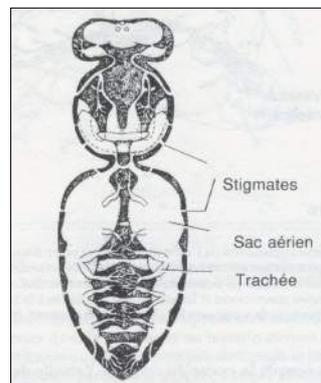


Figure 9 : Système respiratoire de l'abeille (*Winston, 1993*)

Les nutriments sont distribués à l'organisme via l'hémolymphe, le « sang » de l'abeille (qui ne contient pas de globules rouges). Le système circulatoire des abeilles, comme celui de tous les insectes, est ouvert : il n'y a pas de vaisseaux qui irriguent chaque organe, ces derniers baignant directement dans l'hémolymphe. Seuls un cœur tubulaire, le vaisseau dorsal (cf. ventricules sur la fig. 10) et une aorte mettent en circulation l'hémolymphe de l'abdomen vers la tête. La contraction des muscles permet ensuite de ramener l'hémolymphe vers l'abdomen, afin qu'il puisse être pompé de nouveau par le cœur dorsal (*Adam, 2010a*).

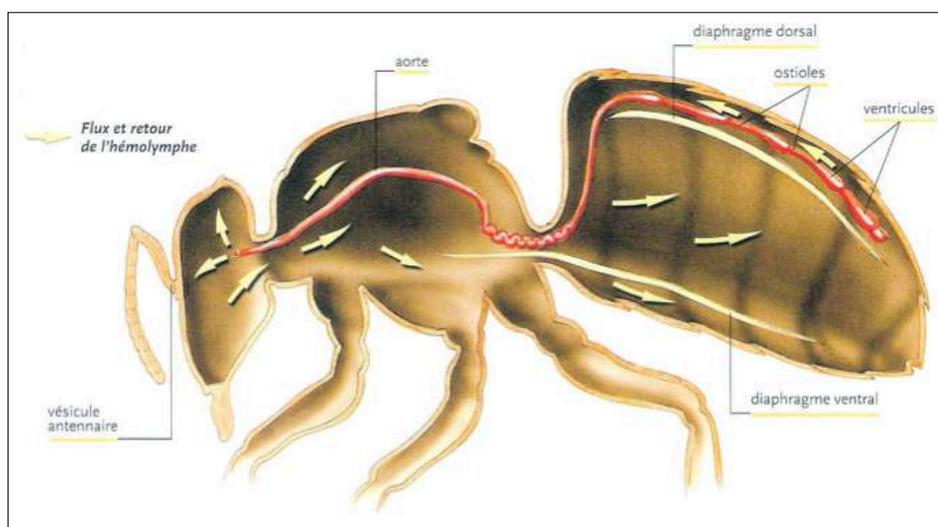


Figure 10 : Système circulatoire de l'abeille (*Adam, 2010a*)

2.4.3. Appareil digestif

Le système digestif de l'abeille se compose de trois parties : l'intestin antérieur, l'intestin moyen et l'intestin postérieur (fig. 11) (*Adam, 2010a*).

L'œsophage traverse le thorax pour arriver dans le jabot (« poche à miel »), au niveau de l'abdomen. C'est une poche expansible dans laquelle les abeilles stockent le nectar, le miel ou l'eau. Il est fermé par la valve proventriculaire, qui ne laisse passer qu'une petite partie du liquide et les particules solides comme les grains de pollen (*Winston, 1993*).

L'intestin moyen ou ventricule est l'équivalent de l'estomac puisqu'il assure la digestion, et la plus grande partie de l'absorption (*Winston, 1993*).

Celui-ci est suivi de l'intestin postérieur composé du duodénum et du rectum. Le rectum est également extensible pour pouvoir stocker les excréments, les abeilles ne déféquant pas dans la ruche mais à l'extérieur, lors d'un vol de propreté (*Winston, 1993*).

Le système excréteur de l'abeille n'est pas composé de reins, mais de tubes de Malpighi annexés au niveau du pylore. Une centaine de filaments baigne dans l'hémolymphe et récupère les déchets métaboliques, principalement l'acide urique, pour les excréter via l'intestin (*Winston, 1993*).

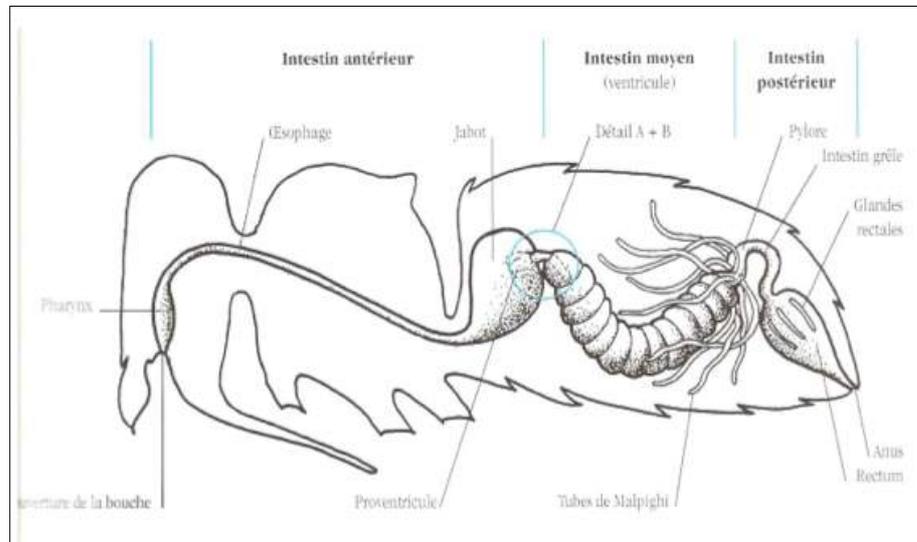


Figure 11 : Système digestif et excréteur de l'abeille (Adam, 2010a)

2.4.4. Appareil reproducteur

La fonction principale des faux-bourçons est de féconder la reine afin de perpétuer la colonie. Ils ont donc un appareil génital développé, mais leur maturité sexuelle n'est atteinte qu'à partir d'une dizaine de jours après leur naissance (Adam, 2010a).

Ils produisent des spermatozoïdes au niveau de leurs deux testicules. Ils sont ensuite acheminés dans les vésicules séminales via un canal déférent (fig. 12), dans lesquelles ils sont stockés. Deux grosses glandes à mucus accessoires sont annexées au système reproducteur, elles ont pour fonction de protéger le sperme autour de la copulation (Adam, 2010b). Leur appareil copulateur est constitué d'un endophallus, à usage unique. En effet, lorsqu'un mâle « féconde » la reine, il meurt assez rapidement puisque ses organes copulateurs restent ancrés dans les voies génitales de celle-ci.

On a longtemps pensé que le vol nuptial était unique, ce qui est remis en cause aujourd'hui : la reine peut réaliser plusieurs vols nuptiaux (jusqu'à 3) à partir d'une semaine environ (Adam, 2010b) après son émergence.

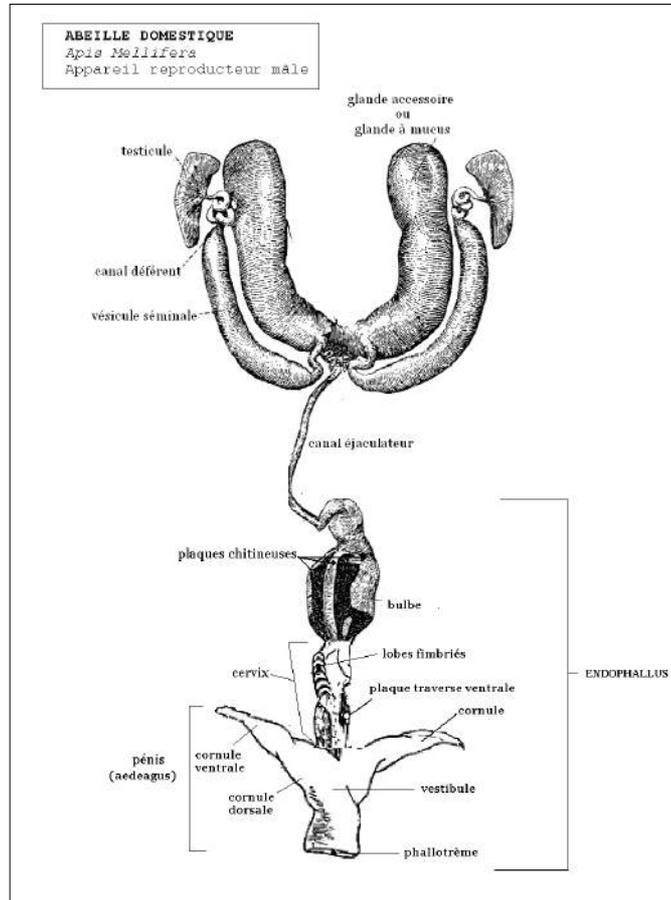


Figure 12 : Appareil génital d'un faux-bourdon (*site encyclopédie de la langue française*)

L'appareil génital de la reine occupe une grande partie de la cavité abdominale. Il est formé de deux ovaires très volumineux qui produisent les « œufs » (non fécondés), en un nombre illimité (*Winston, 1993*). Ils sont conduits par deux oviductes jusqu'au vagin, auquel est annexé une spermathèque (fig. 13). La spermathèque est une véritable banque de spermatozoïdes, qui permettra à la reine de produire des œufs fécondés diploïdes (*Daouar et Mekraï, 2010*).

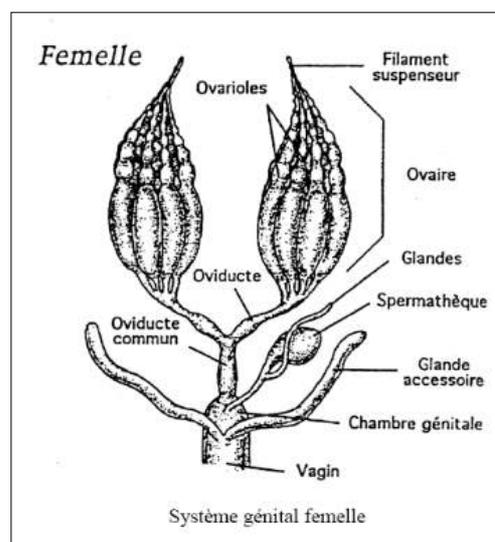


Figure 13 : Appareil génital de la reine (*Raccaud et Schoeller, 1980*)

Quant à l'appareil génital des ouvrières, il est atrophié : la reine secrète des phéromones (cf. chapitre 3.1.7.1) qui inhibent leur développement.

3. Fonctionnement de la colonie

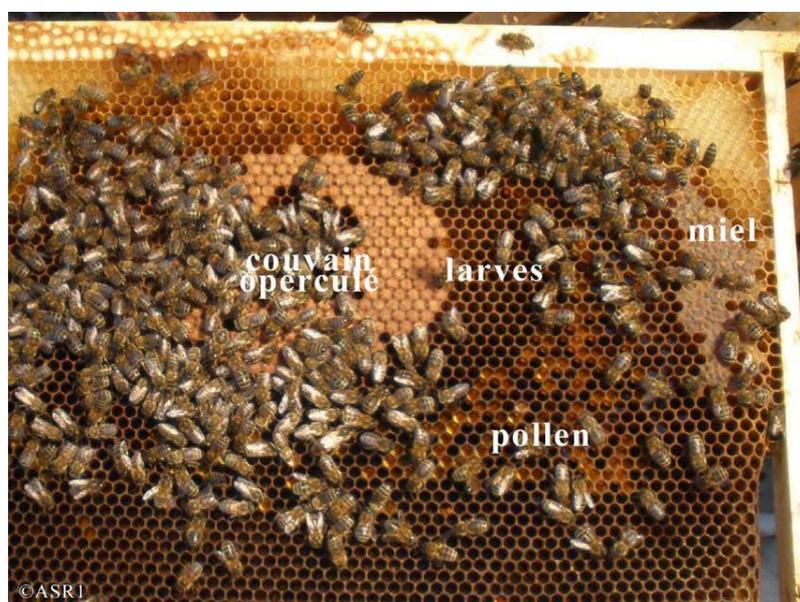
La colonie fonctionne comme un véritable individu collectif. Une grosse colonie peut atteindre jusqu'à 80 000 individus (Adam, 2010b).

3.1. La reine, mère de la colonie

Il y a en principe une seule reine par ruche. C'est la mère de toute la colonie. En effet, elle est la seule à pondre des œufs : entre 1000 et 4000 par jour. Le nombre d'œufs pondus par jour augmente avec la température, l'âge, et la disponibilité de pollen ; en France métropolitaine, il est maximal au bout de la deuxième année de ponte : il est ainsi conseillé de changer de reine au bout de deux ans.

Elle commence par pondre au centre de la colonie, puis continue de manière centrifuge.

Ainsi, le couvain est protégé au centre de la colonie alors que les provisions, miel et pollen, sont stockées en périphérie (photo. 4).



Photographie 4 : Situation du couvain et des provisions sur un cadre
(<http://abeillegourmande.blogspot.fr>)

Ce sont les ouvrières qui construisent les cellules (puisqu'elles sont les seules à posséder des glandes cirières). Les cellules de mâles, plus larges, sont situées à l'extérieur du couvain (Adam, 2010b). Elles se reconnaissent aisément à la forme bombée de leur opercule. Les cellules royales, construites en périphérie du nid, se reconnaissent à leur forme particulière allongée, et sont orientées vers le bas (photo. 5).



Photographie 5 : Cellule royale avec une nourrice (photographie de *Eric Tournernet*)

La reine reconnaît les différents types de cellules, mâle ou femelle, à l'aide de ses pattes antérieures (*Winston, 1993*), et pond en conséquence. Si c'est une cellule de femelle (reine ou ouvrière), elle contracte sa spermathèque et pond un œuf diploïde ($2n=32$). Au contraire, lorsque c'est une alvéole de faux-bourdon, plus large, elle ne contracte pas sa spermathèque et pond un « œuf » haploïde ($n=16$), qui est en réalité un ovule puisque non fécondé par un spermatozoïde. Cela engendrera un mâle par parthénogenèse (*Adam, 2010b, Jean-Prost, 2005*).

3.2. La place des faux-bourdons au sein de la colonie

Leur rôle le plus fondamental est de féconder la reine. Ils participeraient également à la thermorégulation de la ruche : de par leur présence ils produisent de la chaleur et aident à réchauffer le couvain (*Jean-Prost, 2005*). Ils participeraient aussi à la fabrication du miel en échangeant le nectar avec les ouvrières.

Ils sont environ plusieurs centaines par ruche (*Paterson, 2008*). Ils sont généralement nourris par leurs sœurs et ne butinent pas (langue courte et jabot réduit). Contrairement aux ouvrières, ils peuvent aller de ruche en ruche sans être chassés. En milieu tempéré, ils ne vivent dans la ruche que pendant la belle saison puis sont chassés par les ouvrières car ils représentent des bouches supplémentaires à nourrir. Leur durée de vie est d'environ 50 jours (*Jean-Prost, 2005*).

3.3. La répartition des tâches entre les ouvrières

Les ouvrières sont le cœur de la colonie. Elles sont à la base du fonctionnement de la ruche puisque ce sont elles qui assurent toutes les tâches de la colonie, exception faite de la ponte. Toutefois, il y a une véritable répartition du travail en fonction de leur âge, c'est le polyéthisme d'âge. Celui-ci est nettement conditionné par le fonctionnement des différentes glandes des abeilles. On comprend bien que pour que l'abeille puisse construire des rayons, il faut que ses glandes cirières soient fonctionnelles par exemple.

Ainsi, au début de leur vie, elles sont orientées vers les activités domestiques à l'intérieur de la ruche puis finissent par le butinage : elles vont chercher nectar, miellat (définition cf. chapitre 4.1.1), pollen, eau, et propolis. On peut diviser les activités des ouvrières en quatre grands groupes (fig. 14) (*Leoncini et al, 2002*) :

- nettoyage des cellules et operculation
- soins à la reine et au couvain
- construction des rayons, nettoyage, manipulation de nourriture (magasinières)
- garde et butinage

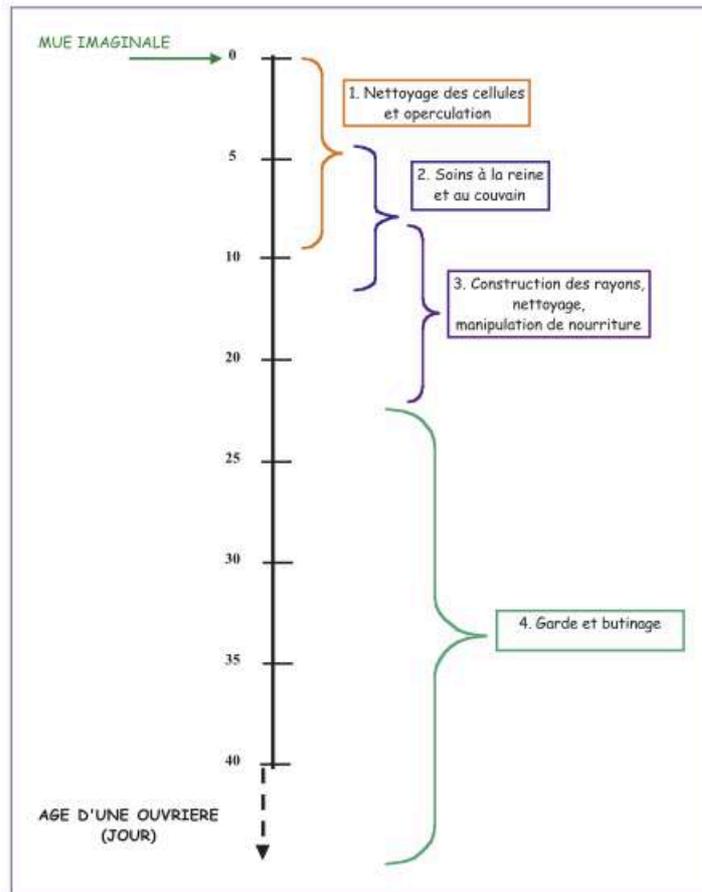


Figure 14 : Polyéthisme d'âge des ouvrières (d'après *Abeilles et Fleurs* n°631)

Mais bien que leurs activités soient définies en fonction de leur âge, les besoins de la colonie permettent une certaine adaptation des ouvrières. Par exemple, en cas d'essaimage (définition cf. chapitre 3.7.1), certaines ouvrières peuvent redévelopper leurs glandes cirières pour aider à la construction des rayons.

Le fonctionnement de la colonie est donc très organisé, avec une coopération telle entre chaque individu qu'une analogie entre la colonie et un organisme pluricellulaire pourrait être faite. Une abeille peut être considérée comme une cellule et un groupe d'abeilles, spécialisé dans une tâche bien précise, comme un organe (cf tab. 3 ci-dessous). « La colonie fonctionne comme un super-organisme » (Adam, 2010b).

Organe ou Fonction	Ouvrière
REIN <i>Elimination des toxines du sang</i>	NETTOYEUSE <i>Elimination des déchets de la ruche</i>
SANG <i>Distribution des nutriments aux cellules</i>	NOURRICES <i>Distribution de la nourriture au couvain</i>
OS	BÂTISSEUSES
HOMÉOTHERMIE	VENTILEUSES
DÉFENSES IMMUNITAIRES	GARDIENNES

Tableau 3 : Analogies entre la colonie d'abeilles et un organisme pluri-cellulaire (Aymé)

3.4. L'alimentation des larves

Toutes les larves reçoivent de la gelée royale (cf. chapitre 4.1.2.4) pendant leurs trois premiers jours. Toutefois, il existe déjà des inégalités entre les larves d'ouvrières et les larves royales qui sont nourries en plus grande abondance (*Jean-Prost, 2005*). Puis, le régime alimentaire des larves d'ouvrières change : on parle de gelée nourricière ou « pain d'abeille » qui est constituée d'un mélange de pain de pollen, de miel et d'eau, alors que les larves royales recevront de la gelée royale pendant toute la durée de leur développement.

Le pain de pollen est le pollen mélangé aux sécrétions des glandes hypopharyngiennes et mandibulaires des nourrices : il a subi une fermentation lactique (en relation avec le développement d'une flore bactérienne spécifique : *Pseudomonas*, *Lactobacillus* et *Saccharomyces*), ce qui assurera une meilleure conservation et facilitera sa digestion par les abeilles. C'est l'unique source de protéines des abeilles.

L'alimentation, et l'hormone juvénile sont des facteurs clés qui oriente le déterminisme des castes (entre ouvrière et reine). Mais le mécanisme de la différenciation des larves en reine ou en ouvrière n'est pas encore totalement bien compris. Ce que l'on sait, c'est que la qualité et la quantité de nourriture donnée aux larves sont des facteurs déterminants. Une différence dans la proportion de certains sucres (glucose et fructose) serait impliquée avec une concentration plus élevée dans la nourriture des reines (*Le Conte, 2005*).

3.5. L'alimentation des adultes

Le régime alimentaire des adultes est à base de miel, de pollen et d'eau. La nourriture destinée aux jeunes ouvrières est différente de celle destinée aux ouvrières plus âgées (*Jean-Prost, 2005*) : la jeune ouvrière (et les nourrices) consomme(nt) plus de pollen afin de terminer son (leur) développement (*Adam, 2010a*) alors que les plus vieilles s'alimentent principalement de nectar et de miel. Le miel, source de glucides, fournit l'énergie aux abeilles alors que le pollen est, pour rappel, la source protéique (et lipidique).

La reine peut se nourrir d'elle-même mais elle est principalement nourrie par des ouvrières, en fonction de son activité de ponte, d'un mélange de miel et de gelée royale.

3.6. Les glandes nourricières des ouvrières (*Adam, 2010a*)

Chez les ouvrières, certaines glandes interviennent dans la préparation de la nourriture distribuée à leurs congénères :

- les glandes hypopharyngiennes : seules les ouvrières possèdent ces glandes, situées dans leur tête. Elles permettent l'élaboration de la gelée royale. Leur activité est maximale chez les nourrices, entre le sixième et le douzième jour environ après l'émergence. Moins développées chez les butineuses, elles persistent pour la synthèse d'enzymes nécessaires à la formation du miel, comme l'invertase.
- les glandes mandibulaires : elles interviennent dans la sécrétion d'une fraction de la gelée royale. Par ailleurs, ces glandes sont très développées chez la reine mais assurent un rôle totalement différent : celui de la sécrétion des phéromones royales, assurant l'unité de la colonie (cf. chap. 3.1.7.1 suivant).
- les glandes labiales sont des glandes salivaires, localisées dans la tête et le thorax, le long de l'œsophage. Elles permettent entre autres la dissolution du sucre cristallisé.

3.7. Les systèmes de communication des abeilles

Le système de communication des abeilles est perfectionné. La communication se fait essentiellement par la transmission de messagers chimiques, les phéromones, et par des danses.

3.7.1. Une communication chimique à base de phéromones (d'après *Trhlin et Rajchard, 2011 et Kievits, 2003*)

Les phéromones existent dans une grande partie du règne animal, et même chez certains végétaux.

Elles ont été définies par Karlson et Lüscher en 1959, comme étant des « substances sécrétées par des individus et qui, reçues par d'autres individus de la même espèce, provoquent une réaction spécifique, un comportement ou une modification biologique. » Ainsi, les phéromones sont classées en deux catégories : les phéromones incitatrices qui ont un effet quasiment immédiat sur le comportement, et les phéromones modificatrices qui ont des répercussions sur la physiologie des individus destinataires, et qui agissent donc à plus long terme.

Tous les individus de la colonie secrètent des phéromones, que ce soit la reine, les ouvrières, les faux-bourdon et même le couvain. Elles sont nécessaires à la transmission d'informations entre congénères. Selon la phéromone émise, des réactions d'alarme, de défense, de reconnaissance, d'orientation, de rappel, d'essaimage, de marquage des fleurs visitées et bien d'autres sont engendrées au sein de la colonie.

Elles sont transmises à l'ensemble des individus de la colonie par contact, léchage, ou encore par trophallaxie. Des récepteurs au niveau des antennes des abeilles perçoivent les phéromones. Par ailleurs, les battements d'ailes, outre l'aération de la ruche, peuvent servir à la dissémination de phéromones au sein de celle-ci.

Les phéromones sont fondamentales au bon fonctionnement de la colonie. La reine sécrète des phéromones royales par différentes glandes : mandibulaires, tarsales ou au niveau des tergites. La phéromone royale la plus importante est la phéromone mandibulaire (ou QMP Queen Mandibular Pheromone), sécrétée par ses glandes mandibulaires hypertrophiées. Elle est constituée de cinq composés (fig. 15).

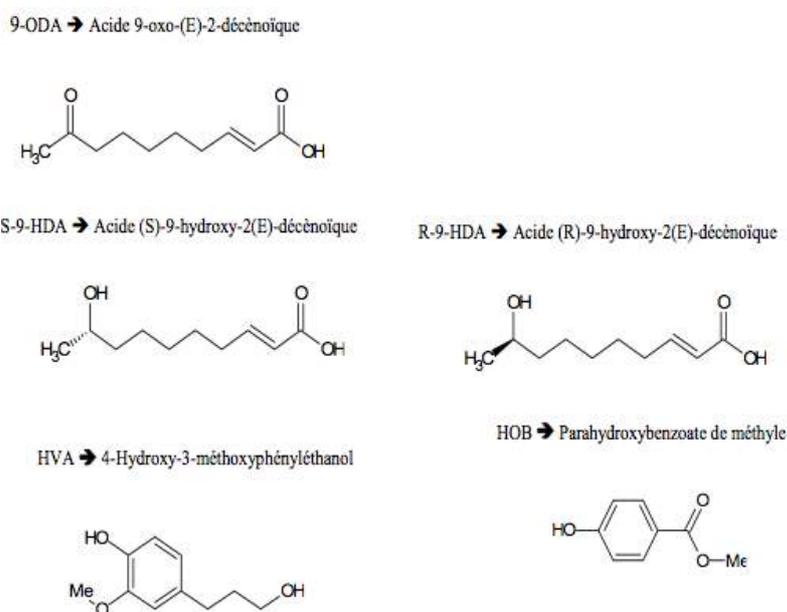


Figure 15 : Les 5 composés de la QMP (*Maisonnasse, 2010*)

Ses effets sont nombreux. En voici les principaux : cohésion de la ruche, attraction d'ouvrières auprès de la reine (« cour royale »), inhibition du développement de l'appareil génital des ouvrières, inhibition de la construction de cellules royales, phéromones sexuelles

lors du vol de fécondation, stimulation du comportement de butinage, recrutement des ouvrières dans l'essaimage.

En cas de mort ou de baisse de performance (reine âgée) de la reine, l'absence ou la diminution des phéromones royales incite les ouvrières à construire des cellules royales en vue de son remplacement. Si l'élevage d'une reine n'est pas possible (couvain de plus de 3 jours), sans phéromones royales, l'appareil génital des ouvrières deviendra fonctionnel et elles pourront se mettre à pondre. Mais, n'ayant pas été fécondées, elles ne peuvent engendrer que des mâles, et la ruche deviendra bourdonneuse à terme. Elle finira par mourir, à moins que l'apiculteur n'y introduise une nouvelle reine.

De la même manière, dans le cas d'une ruche trop peuplée, les individus les plus éloignés de la reine ressentent moins l'influence de ses phéromones et construisent de nouvelles cellules royales. La vieille reine partira alors avec une partie de ses abeilles (de la moitié aux 2/3 de la population d'origine), gorgées de miel, pour aller fonder une autre colonie : c'est l'essaimage.

L'essaim rassemblé, s'envole à la recherche d'un nouvel emplacement pour former la colonie. Ce sont des ouvrières éclaireuses qui vont chercher un nouveau nid, l'essaim attendant perché à une branche sous forme de grappe d'abeilles (photo. 6). Ces dernières émettent des phéromones via leur glande de Nasonov pour réunir et orienter l'essaim vers le nouveau nid.



Photographie 6 : Essaim en grappe sur une branche (<http://anc74.pagesperso-orange.fr/HTML/frame.html>, site Abeille noire clusienne, Rucher école de Cluse (74))

Remarque : L'essaimage est un moyen de reproduction de la colonie. Il existe un autre mode de reproduction, sans essaimage : la supersédure. Elle consiste au remplacement de la reine âgée (ou blessée ou encore malade) par une nouvelle reine, sans essaimage. Les tendances à essaimer ou à la supersédure sont héréditaires et variables en fonction des sous-espèces d'abeilles (*Jean-Prost, 2005*).

Hors contexte d'essaimage, les phéromones émises par cette glande servent aussi à localisation de la ruche par les butineuses. Les ouvrières le font dans une position caractéristique, tête en bas et abdomen relevé, en agitant leurs ailes et en exposant le canal odoriférant relié à la glande de Nasonov, située sous le dernier tergite (photo. 7).



Photographie 7 : Position caractéristique prise par l'abeille lors de l'émission de phéromones de la glande de Nasonov (Le Musée du miel <http://musee-du-miel.com/>)

Les ouvrières produisent d'autres phéromones, essentiellement des phéromones d'alerte et de reconnaissance. Quant au couvain, ce sont les larves qui émettent des phéromones à l'attention des ouvrières. Ces phéromones de couvain sont essentielles pour que les ouvrières puissent s'occuper au mieux de leurs frères et sœurs. Par exemple, elles entraînent une augmentation de l'activité des glandes hypopharyngiennes des nourrices et leur permettent d'adapter la quantité de nourriture à distribuer en fonction de leurs besoins. De plus, elles stimulent la récolte de pollen par les butineuses et participent à l'inhibition du développement des ovaires des ouvrières.

3.7.2. Les danses des abeilles (Winston, 1993)

Les abeilles mellifères utilisent un autre mode de communication pour indiquer l'emplacement de ressources intéressantes (nectar, pollen, eau et propolis) à leurs congénères : des danses effectuées à la surface des rayons. C'est l'autrichien Karl Von Frisch qui a découvert ce langage en 1920 mais il ne le décrypta que plus tard.

Selon l'éloignement de la source, différents types de danse sont réalisés :

- des danses en rond pour des sources proches de la ruche (distance variable selon les sous-espèces : moins de 15 mètres pour *Apis mellifera carnica*, moins de 8 mètres pour *Apis mellifera ligustica*).
- des danses en huit pour des sources éloignées (plus de 100 mètres). Cette danse sert aussi à indiquer l'emplacement d'un nouveau site pour un nid.
- des danses de transition complexes pour des distances intermédiaires.

La nature de la source décrite est identifiée grâce aux contacts antennaires des recrues et par trophallaxie.

La danse en rond est la plus simple, elle permet seulement d'informer de la présence d'une ressource dans l'environnement immédiat de la ruche.

Les danses en huit, plus sophistiquées, précisent même la distance et la direction à prendre pour que les nouvelles recrues puissent retrouver facilement la source décrite. La danseuse décrit un 8 (fig. 16) : elle commence par avancer sur une ligne droite, tout en oscillant l'abdomen (cette danse est aussi appelée danse oscillante), elle continue ensuite sur un demi arc de cercle en revenant au point de départ, traverse de nouveau le diamètre, puis elle refait un arc de cercle dans l'autre sens pour rejoindre une nouvelle fois le point initial. Elle réalise cette danse plusieurs fois.

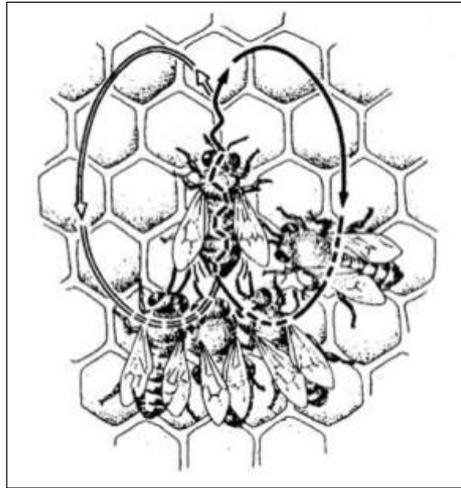


Figure 16 : Danse en 8 de la butineuse avec des recrues potentielles (*Winston, 1993*)

Sur un plan horizontal, la direction de la ligne droite indique la direction à prendre pour retrouver la source de nourriture. Sur un plan vertical, l'angle entre la verticale et l'axe de la ligne droite correspond à l'angle « soleil-ruche-source » (fig. 17).

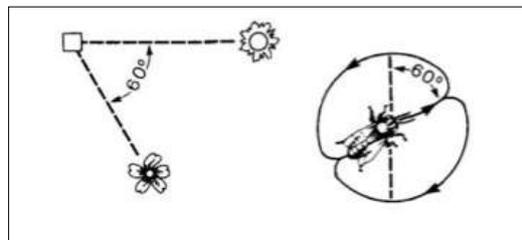


Figure 17 : Transcription de l'angle de la ressource par rapport au soleil (*Winston, 1993*)

La distance de la source est indiquée par plusieurs paramètres de la course droite : sa longueur, la durée de l'oscillation et du bourdonnement. Pour simplifier, la source est d'autant plus lointaine que cette phase est longue (en durée et en longueur). Ces mêmes éléments renseignent également sur la qualité de la ressource.

Ces danses sont donc assez complexes et sophistiquées. D'autres danses, comme la DVAV (Dorso Ventral Abdominal Vibration) interviennent dans la régulation du butinage et de l'essaimage.

4. Principes généraux de l'apiculture

4.1. Les principaux produits de l'apiculture

4.1.1. Le miel

Le miel est produit par les abeilles mellifères à partir du nectar floral ou du miellat (produit sucré, reliquat de la digestion des insectes piqueurs parasites des végétaux) qu'elles récoltent. Le miel de miellat est un type important de miel dans les zones de forêts de conifères en Europe centrale et de l'Est (*Bradbear, 2010*).

La définition légale du miel est énoncée dans le décret n°2003-587 du 30 juin 2003, qui a transcrit en droit français la directive européenne n°2011/110/CE du Conseil du 20 décembre 2011 : c'est une « substance sucrée naturelle produite par les abeilles de l'espèce *Apis*

mellifera à partir du nectar de plantes ou des sécrétions provenant de parties vivantes des plantes ou des excréments laissés sur celles-ci par des insectes suceurs, qu'elles butinent, transforment, en les combinant avec des matières spécifiques propres, déposent, déshydratent, entreposent et laissent mûrir dans les rayons de la ruche ».

A partir de cette matière première sucrée (nectar ou miellat), les abeilles obtiennent du miel grâce à une transformation des sucres et à une réduction de la teneur en eau d'approximativement 80% à environ 18% (*Lequet, 2010*).

Lorsque les abeilles butinent les fleurs, elles aspirent le nectar et le stockent dans leur jabot. Cette « poche à miel » contient des enzymes, dont l'invertase ou saccharase qui réalise l'hydrolyse du saccharose en glucose et fructose.

Une fois rentrées à la ruche, elles l'échangent avec de nombreuses autres abeilles. Ce comportement de trophallaxie continue le processus d'hydrolyse (par ajout d'enzymes) et contribue à la déshydratation du liquide. Lorsque le miel atteint un certain seuil de teneur en eau (aux alentours de 40 à 50%), il est déposé dans une alvéole (*Jean-Prost, 2005*).

La température élevée de la ruche (aux alentours de 35°C), son faible degré d'humidité et la ventilation assurée par des ventileuses terminent le processus d'évaporation.

Le miel fin prêt est alors recouvert d'un opercule de cire, ce qui assure une conservation plus longue.

Le miel représente la principale réserve énergétique des abeilles pour l'hiver. Dans les pays tropicaux, c'est une ressource utilisée par les abeilles lors des périodes défavorables (sécheresse, pluie, absence de ressource mellifère...) (*Bradbear, 2010*).

Il est composé majoritairement de sucres et principalement d'hexoses, qui peuvent représenter jusqu'à 80% de la substance sèche (*Mackowiak, 2009*).

Sa faible teneur en eau, en général de moins de 20% (*Lequet, 2010*), permet d'éviter les phénomènes de fermentation.

Le miel a un intérêt nutritionnel qui découle du fait qu'il est constitué d'une grande quantité d'éléments secondaires : minéraux, vitamines, protéines, enzymes..., bien que présents en très faibles quantités.

La composition du miel est très variable d'une année à l'autre, et selon les ressources mellifères exploitées.

4.1.2. Les autres produits de la ruche

La production de la ruche ne se résume pas à la seule production de miel. Elle offre d'autres produits très intéressants comme la cire, le pollen, la propolis, la gelée royale et même le venin des ouvrières.

4.1.2.1. Le pollen

Le pollen, contenu dans les anthères situés à l'extrémité des étamines, est l'appareil sexuel mâle des fleurs. C'est une matière première fondamentale pour les abeilles, mais aussi un produit de la ruche. Une colonie en récolte environ 20 à 40 kg par an (*Bradbear, 2010*).

L'anatomie des abeilles est particulièrement adaptée à sa récolte (nombreux poils, corbeilles à pollen). Les butineuses ramènent à la ruche un chargement de 10 à 20 mg à chaque voyage (*Toullec, 2008*). Le pollen récolté est mélangé à des sécrétions salivaires pour en faire des pelotes. Ce pollen amassé contient différentes sécrétions apiaires, qui, contiennent des lactoferments nécessaires à la formation ultérieure du pain de pollen (comme expliqué précédemment dans le chap. 3.1.4). Les pelotes de pollen sont réceptionnées par des ouvrières

qui se chargent de le stocker dans des alvéoles : elles le tassent au fond d'une cellule et rajoutent une fine couche de propolis. Parfois, le pain d'abeille peut être operculé.

En observant des rayons dans lesquels sont stockés du pollen, on constate qu'il y a de nombreuses couleurs différentes : cela montre que les abeilles d'une colonie récoltent le pollen de différents espèces de plantes (même si une abeille se concentre sur un type de fleurs) (*Bradbear*, 2010). Cela participe à la variété du régime alimentaire des abeilles. En effet, la composition du pollen varie en fonction de son origine florale. C'est l'unique source protéique (20 à 35% de la matière sèche) et la principale source de vitamines, de lipides et de sels minéraux (essentiellement potassium, phosphore, fer, manganèse, zinc et cuivre) des abeilles (*Adam G.*, 2011). Il contient également des glucides, de l'eau, des lipides, des enzymes, des antibiotiques, des anti-oxydants et des ferments.

C'est un aliment clé du développement des larves. Ce sont les nourrices qui en consomment le plus (vers 9-10 jours), afin de produire la gelée royale. En milieu tempéré, les besoins varient en fonction de la saison : en hiver, il n'y a quasiment pas de couvain ce qui entraîne des consommations moindres en pollen (*Adam*, 2011).

De par sa forte proportion de protéines avec tous les acides aminés essentiels, le pollen est un complément alimentaire intéressant pour les humains. 100 g de pollen contiennent la même quantité de protéines que 7 œufs ou 400 g de viande bovine (*Toullec*, 2008). Il contient tous les acides aminés essentiels. Il possède également des propriétés thérapeutiques : il est utilisé par exemple comme anti-anémique ou comme régulateur de transit (en cas de diarrhée ou de constipation) (*Jean-Prost*, 2005).

Pour le récupérer, l'apiculteur peut installer des trappes à pollen. Toutefois, elles ne doivent être mises en place que pendant de courtes périodes, et sur des colonies fortes. Il ne faut prélever qu'une partie du pollen pour ne pas trop ralentir le développement de la colonie (*Segeren et al.*, 2004). Le pollen doit être récupéré presque tous les jours, car il est très sensible à l'humidité. Il doit donc être conservé dans un endroit sec, après séchage ou congélation (moins de pertes de ses propriétés).

4.1.2.2. La cire

La cire est le matériau utilisé par les abeilles pour construire leur nid. Elle sert également à operculer des alvéoles (contenant par exemple des larves ou du miel).

Les abeilles construisent des rayons du haut vers le bas. Pour se faire, elles se suspendent et forment une chaîne d'abeilles. Pour rappel, la cire est produite au niveau des glandes cirières des jeunes ouvrières, sous forme d'écailles transparentes de 1,5 mm de long sur 1 mm de large environ (*Jean-Prost*, 2005). Lorsqu'une abeille a produit une écaille, elle remonte sur le lieu de la construction pour y ajouter sa cire (*Bradbear*, 2010). L'écaille formée est récupérée par les pattes postérieures et emmenée à la bouche. Avec ses mandibules, l'abeille malaxe la cire et y ajoute des sécrétions salivaires.

La cire nouvelle est blanche puis devient jaune en raison de la présence de pigments caroténoïdes liposolubles provenant du pollen (*Winston*, 1993). Avec le temps, la cire deviendra brune et de plus en plus foncée, à cause des cocons filés par les larves à la mue imaginaire et de leurs excréments.

La construction de rayons est très coûteuse en énergie pour l'abeille, puisqu'il faut environ 10 à 20 kg de miel et 1 kg de pollen pour fabriquer 1 kg de cire (*Gharbi*, 2011).

C'est pour cela que dans les ruches modernes à cadres mobiles, l'apiculteur fournit des rayons préfabriqués à ses abeilles : la cire gaufrée. Elles pourront ainsi se consacrer au maximum à la production de miel.

Les pays africains produisent des quantités importantes de cire d'abeille. Cela est dû au fait qu'ils pratiquent encore la chasse au miel ou l'apiculture à rayons fixes, où l'extraction manuelle du miel entraîne la destruction des rayons (*Bradbear, 2010*). Ces derniers ne peuvent être remis dans la ruche et la cire est alors récupérée.

Cependant, les cires synthétiques lui font concurrence sur le marché mondial (*Jean-Prost, 2005*).

D'un point de vue de sa composition, la cire contient plus de 300 composés, dont les principaux sont des esters d'acides gras et d'alcool, ainsi qu'une petite fraction de pollen et de propolis. La cire se ramollit quand la température de la ruche dépasse les 35°C, d'où les nombreux efforts des abeilles pour maintenir la température de la ruche constante.

La cire d'abeille est utilisée dans de nombreux domaines : en cosmétique (40%), dans l'industrie pharmaceutique (30%) pour ses propriétés antibiotiques et anti-inflammatoires entre-autres, ou encore pour faire des bougies (20%) (*Bradbear, 2010*). Aujourd'hui, le problème des contaminants se pose. A la manière d'une éponge, la cire accumule les pesticides ou résidus de médicaments employés pour lutter contre les maladies apiaires, et notamment les acaricides (*Jean-Prost, 2005*).

4.1.2.3. La propolis

Les butineuses récoltent une substance gommeuse, collante, sur les bourgeons de plantes ou la résine des conifères. Cette dernière est transportée sous forme de gouttelettes dans les corbeilles à pollen. Elle est ensuite amalgamée à leur salive, puis mélangée à de la cire pour former de la propolis (50% de résine, 30% de cire) (*Mackowiack, 2009*).

Les abeilles l'utilisent pour :

- colmater les trous
- réduire les espaces, ce qui facilite la thermorégulation de la colonie
- souder la cire aux parois ou souder les rayons entre eux
- envelopper les prédateurs morts (souris, frelons...), trop lourds pour être évacués à l'extérieur de la ruche
- l'étanchéité du nid. Elles en appliquent à l'intérieur de la ruche.

La propolis a de nombreuses propriétés, entre autres antiseptiques, cicatrisantes, et antibiotiques. C'est un produit de la ruche à la fois intéressant et potentiellement gênant pour l'apiculteur. En effet, les abeilles vont combler tous les espaces trop petits ou trop grands, et si les dimensions de la ruche à cadres mobiles ne sont pas exactes, les abeilles peuvent souder les éléments et il devient très difficile de les mobiliser.

Il peut en récolter en grattant des cadres ou de manière plus spécifique, en plaçant une grille dans la ruche, dont les espaces libres vont être bouchés par de la propolis (*Jean-Prost, 2005*).

4.1.2.4. La gelée royale (d'après *Jean-Prost, 2005* et *Gharbi, 2011*)

La gelée royale est la substance produite par les nourrices pour alimenter les larves de moins de 3 jours (ouvrières et faux-bourçons y compris), les larves royales et la reine. Toutefois, sa composition diffère selon les castes et l'âge des larves. Elle contient beaucoup d'eau (50 à 70%), des protides, (11-14%), des glucides (11-23%), des lipides (3-5%) dont un acide gras particulier : l'acide 10-hydroxy-trans-2-décénoïque (10H2DA), des vitamines, des minéraux et d'autres substances pas encore identifiées. C'est une sorte de bouillie épaisse, de couleur blanchâtre. Elle est produite par les ouvrières à partir des glandes hypopharyngiennes (sécrétion claire), et une petite fraction à partir des glandes mandibulaires (sécrétion blanche),

de J6 à J12 environ. Les glandes labiales seraient impliquées dans l'élaboration de la gelée royale.

Elle permet une croissance exceptionnelle des larves, avec un poids multiplié par 1800 en 5 jours.

La méthode de production de gelée royale la plus utilisée est celle de la ruche orpheline. Les abeilles élèveront alors de nouvelles reines. L'apiculteur récolte la gelée royale directement dans les cellules royales (naturelles ou artificielles) sur des larves âgées de 2 à 3 jours, là où la quantité de gelée royale est maximale (photo. 8).



Photographie 8 : Jeune larve dans sa cellule royale (artificielle) remplie de gelée royale
(photographie de *Tourneret*)

C'est un produit de la ruche très prisé pour ses nombreuses propriétés thérapeutiques : action revitalisante sur le métabolisme, action antioxydante, immunostimulante, antibactérienne, antivirale, antifongique...

4.1.2.5. Le venin

C'est un produit mineur de la ruche. En effet, il faut environ 10 000 abeilles pour récolter 1 gramme de venin (*Bradbear, 2010*). Il est produit au niveau de la glande acide de l'appareil vulnérant. La glande alcaline ou glande de Dufour jouerait un rôle dans la production de venin (*Jean-Prost, 2005*). Pour rappel, les faux-bourçons ne sont pas munis de dard.

Le venin d'abeille est majoritairement constitué d'eau (85% environ). Il contient de nombreux autres composés dont certains sont volatils (phéromone d'alarme). Une piqûre d'abeille entraîne en général une atteinte locale : douleur, démangeaison, œdème local, et peut être à l'origine d'une toxicité générale, quelques heures à quelques mois après la piqûre. C'est donc une substance potentiellement dangereuse, notamment en cas de réaction allergique.

Il est utilisé dans le traitement des rhumatismes, des arthrites et pour la désensibilisation des allergiques aux piqûres d'abeilles.

4.2. Les principaux types de ruches

La ruche est l'habitat de la colonie. Dans la nature, les abeilles construisent leur nid dans des cavités formées par des troncs d'arbres creux, dans des fissures (*Segeren et al., 2004*)... En apiculture moderne, les ruches les plus utilisées sont des ruches à cadres mobiles. Elles permettent à l'apiculteur d'inspecter et de manipuler ses colonies. L'avantage majeur réside dans la possibilité de récolter le miel sans détruire les rayons et de pouvoir les réutiliser (*Paterson, 2008*). Ainsi, les abeilles n'ont pas à reconstruire des rayons et économisent de l'énergie pour se concentrer sur la production de miel. Ce sont les ruches les plus productives mais les dimensions doivent être exactes. En effet, il faut respecter la notion de « passage d'abeilles » (*site ruche ComprendreChoisir.com*) : ces dernières comblent les espaces trop

petits avec de la propolis, ou trop grands avec de la cire. L'espace entre deux rayons doit faire entre 6 et 8 mm (*Jean-Prost, 2005*).

Les ruches sont généralement faites en bois. La ruche est constituée de plusieurs sous-unités distinctes, du bas vers le haut (fig. 18) :

- le corps de la ruche, dans lequel vit la colonie avec la reine. Il contient les cadres qui supportent les rayons. C'est dans ce compartiment qu'il y a du couvain (puisque la reine y pond). Quant aux butineuses, elles se posent sur la planche d'envol et pénètrent dans la ruche par le trou de vol. Généralement, l'apiculteur ne prélève pas le miel dans le corps.
- une grille à reine, facultative. Elle empêche la reine de passer et facilitera la récolte de miel, qui ne sera pas mélangée au couvain.
- la hausse, placée en période de miellée. Les abeilles y stockent leurs provisions (pollen et miel). Selon l'efficacité de la colonie et l'abondance du nectar, l'apiculteur peut rajouter plusieurs hausses.
- le couvre-cadre ferme la partie haute de la hausse. Généralement, il a de petites ouvertures pour que les abeilles puissent patrouiller au dessus contre le toit et pour améliorer la ventilation.
- le toit, qui ferme la ruche et qui la protège de la pluie ou du soleil.

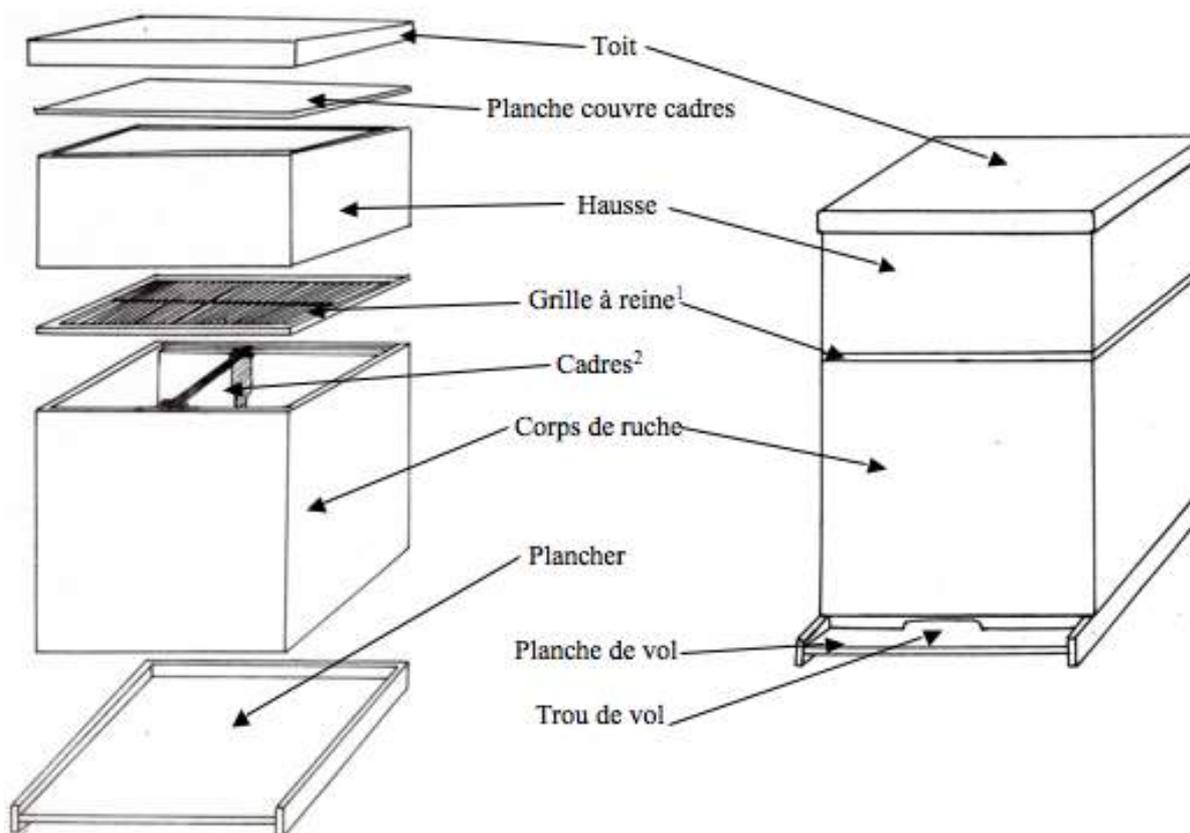


Figure 18 : Organisation générale d'une ruche à cadres mobiles (source : cours ENVT)

Il existe de nombreux systèmes de ruches (qui portent le nom de leur inventeur) comme les ruches Dadant, Langstroth, Voirnot, Layens, Warre et bien d'autres encore. Les deux modèles les plus courants dans le monde sont la ruche Langstroth et la ruche Dadant, détaillées ci-dessous.

4.2.1. La ruche Langstroth

C'est la première ruche à cadres mobiles, dont le corps contient 10 cadres. Elle a été mise au point par le révérend Langstroth en 1851. C'est une ruche dite divisible car le corps et la hausse sont identiques (même hauteur) et sont par conséquent interchangeables.

En France, les dimensions d'un cadre Langstroth sont : 43 cm*20 cm (*Jean-Prost, 2005*).

On peut mettre 10 ou 9 cadres dans la hausse. La hauteur de ses cadres n'étant pas très importante, cela oblige « la reine à étendre sa ponte latéralement » (*Jean-Prost, 2005*).

4.2.2. La ruche Dadant

La ruche Dadant est une ruche à cadres mobiles à 12 cadres ou 10 cadres. Son corps et sa hausse ne sont pas identiques : la hauteur du corps est deux fois plus grande que la hauteur de la hausse. La hausse est ainsi moins lourde à manipuler mais n'est pas intervertible. Par contre, le corps est plus lourd qu'une Langstroth (moins adapté pour faire de la transhumance par exemple). Un cadre (dans le corps) mesure 42 cm* 27 cm (*Jean-Prost, 2005*).

Le corps, plus volumineux que la Langstroth, laisse à la reine la place pour pondre. Le risque d'essaimage est ainsi moindre. De plus, ses grandes dimensions permet aux abeilles de stocker des provisions importantes, facilitant le passage des hivers vigoureux, même si elles dépensent également plus d'énergie pour chauffer la ruche. Les ruches Dadant seraient donc plus adaptées en milieu tempéré.

Deuxième partie :

Particularités de l'apiculture réunionnaise (bibliographie)

1. Présentation de l'île de la Réunion

1.1. Géographie

Située dans le sud-ouest de l'Océan Indien, l'île de la Réunion est une île volcanique tropicale, jeune d'environ 3 millions d'années. Elle se trouve entre Madagascar à 780 km à l'Ouest, et Maurice à 210 km à l'Est (fig. 19).

Avec les îles Maurice (la plus proche) et Rodrigues, elle forme l'archipel des Mascareignes. L'île de la Réunion a une superficie de 2512 km².



Figure 19 : Localisation de la Réunion dans l'Océan Indien
(<http://www.runisland.com/oceanindien.html>)

Ses reliefs sont très escarpés, formés par deux massifs volcaniques juxtaposés : le Piton des Neiges et le Piton de la Fournaise. Son plus haut sommet, le Piton des Neiges, culmine à 3071 mètres au nord-ouest de l'île. Quant au second volcan, le Piton de la Fournaise, situé au sud-est de l'île, il est le seul encore actif et atteint 2632 mètres. L'érosion a profondément entaillé le Piton des Neiges dans sa région centrale et a ainsi créé trois cirques (excavations d'effondrement) : les cirques de Cilaos, Mafate et Salazie. Ses flancs sont constitués de planèzes inclinées vers l'océan en pentes de 10 à 30%. Entre ces deux volcans, un effondrement a donné lieu à deux plaines d'altitude : la plaine des Cafres et la plaine des Palmistes (fig. 20).



Figure 20 : Carte topographique de l'île de la Réunion avec ses principaux sommets et ses 3 cirques (adapté par Aymé de Wikipédia)

1.2. Climat

La Réunion est soumise à un climat tropical humide. Il y a principalement deux saisons : l'été austral de novembre à avril, suivi de l'hiver austral.

L'été austral, plus communément appelé saison des pluies, est caractérisé par un climat chaud et humide : les précipitations sont intenses et des cyclones peuvent se former pendant cette saison, pouvant occasionner des dommages considérables sur les abeilles.

L'hiver austral est une période plus sèche. La présence de l'anticyclone de l'Océan Indien est à l'origine d'un régime d'alizés, avec des vents d'Est dominants. Les précipitations sont très variables spatio-temporellement sur l'île (fig. 21).

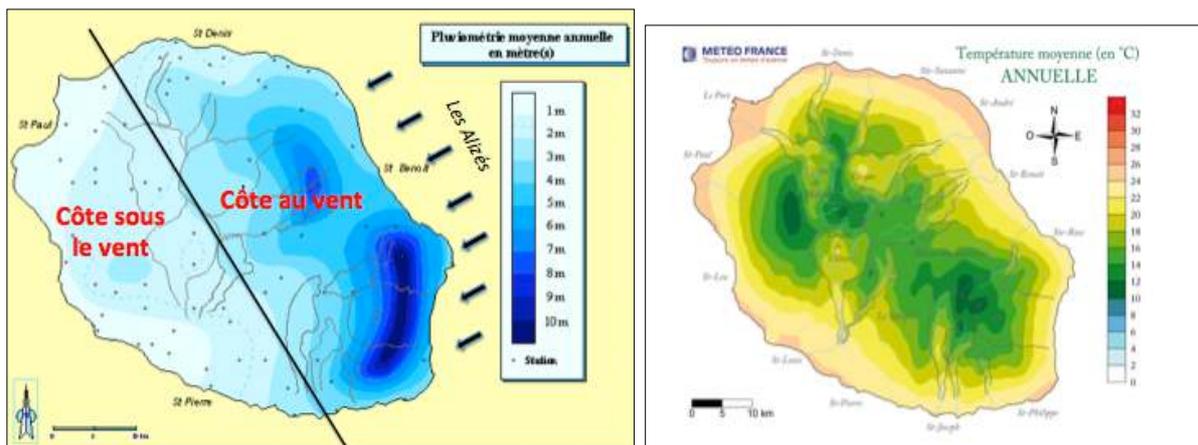


Figure 21 (à gauche) : Carte de pluviométrie moyenne annuelle à la Réunion (<http://radiatamania.bestcheapforum.com/t138-la-pluviometrie-a-la-reunion> et Aymé)

Figure 22 (à droite) : Carte des températures moyennes annuelles à la Réunion (Météo France)

La carte des isohyètes montre une dissymétrie frappante entre l'Est -la côte au vent, beaucoup plus humide tout au long de l'année et soumise aux alizés- et l'Ouest - la côte sous le vent, protégée par les massifs montagneux du centre de l'île (fig. 21).

Les températures moyennes annuelles sont assez élevées sur le littoral avec une moyenne d'environ 25 degrés. La température diminue avec l'altitude (fig. 22). Il peut y avoir des grands écarts de température en altitude, entre la nuit et la journée. En effet, en hiver, la température peut même être négative dans les Hauts la nuit.

1.3. Biodiversité, écosystèmes réunionnais

L'île comptait 840 974 habitants au 1^{er} janvier 2013 (*chiffres Insee*). Les pressions anthropiques sur le milieu naturel sont donc très fortes.

La végétation est structurée selon des gradients d'altitude et de précipitations (*Cadet, 1980*). La biodiversité réunionnaise est exceptionnelle avec un taux d'endémisme très élevé : 850 espèces végétales indigènes de la flore vasculaire, 237 endémiques de la Réunion (*site parc national*). Mais 3500 espèces de plantes ont été introduites, et une cinquantaine sont devenues des espèces envahissantes majeures. Les forêts primaires, spécifiques des DOM, sont des réservoirs de biodiversité.

La dégradation de l'habitat par les espèces exotiques envahissantes est actuellement la principale menace de la biodiversité originelle (*Thebaud et Strasberg, 1991*).

La Réunion est un hotspot de biodiversité majeur dans le monde parmi les 34 hotspots établis par l'UICN (*Mittermeier et al., 2005*), qui regroupent 75% des espèces (mammifères, amphibiens, oiseaux, poissons d'eau douce) les plus menacées sur seulement 2,3% de la surface de la planète. Avec Madagascar, Maurice, Rodrigues et les Seychelles, elle constitue le hotspot de Madagascar. Un hotspot est un concept qui définit une région du monde désignée comme telle car elle possède un degré d'endémisme élevé (le seuil retenu est de 1500 espèces de plantes endémiques ou 0,5% des espèces végétales sur les 300 000 sur Terre) (*Prance et al., 2000*) et une menace de destruction de l'habitat, avec moins de 30% de sa végétation primaire. Ce sont des zones prioritaires dans lesquelles des efforts de conservation doivent être effectués.

Le hotspot de Madagascar est l'un des cinq hotspots les plus riches en terme de biodiversité. C'est un des cinq « supers hotspots » qui détiennent plus de 2% de la biodiversité mondiale (plantes vasculaires et 4 groupes de vertébrés), avec 20% de toutes les espèces endémiques de la planète, 16% de toutes les espèces de vertébrés endémiques en seulement 0,4% de la surface terrestre de la planète (*Myers, 2001*).

Dans une logique de conservation, le parc national de la Réunion (le neuvième français), a été créé le 5 mars 2007. Il englobe 40% de la surface de l'île (fig. 23) : c'est une zone réglementée qui comprend 94% des habitats primaires préservés de l'île, dont l'objectif principal est de protéger ces écosystèmes (*site parc national*). Les « Pitons, cirques et remparts de la Réunion » sont mêmes inscrits au patrimoine mondial de l'UNESCO depuis le 1^{er} août 2010.

Ces efforts de préservation de la nature et de sa biodiversité ne peuvent être que bénéfiques pour les abeilles, leur laissant un choix diversifié de plantes à butiner.

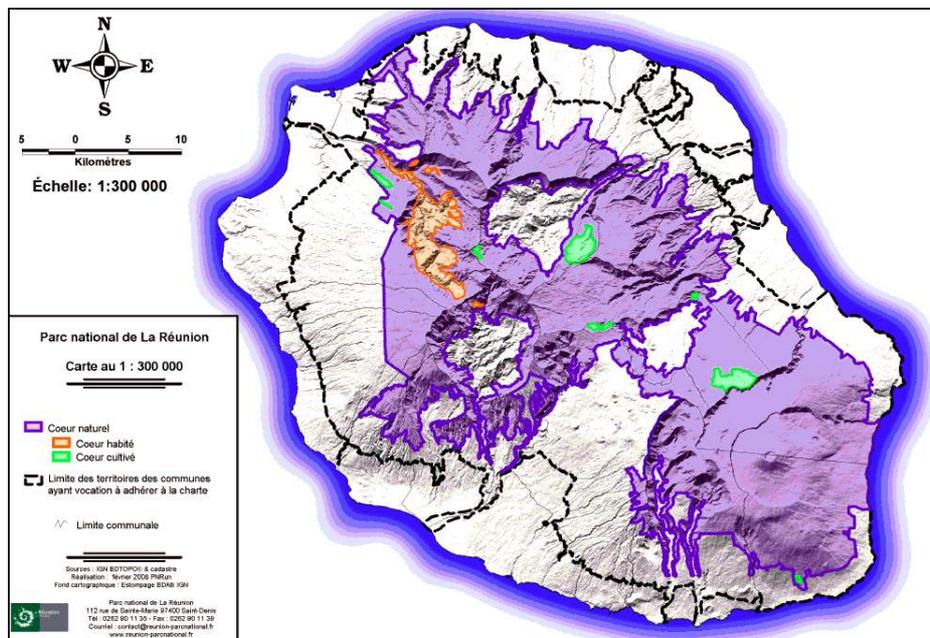


Figure 23 : Limites du Parc National de la Réunion (en mauve) (site Parc National de la Réunion)

2. L'abeille réunionnaise

2.1. Histoire de l'apiculture réunionnaise (Megret, 1986 ; Schneider, 1989 ; Lacombled, 1996)

La colonisation de l'île de la Réunion commence en 1664. La question est de savoir si les abeilles réunionnaises étaient présentes avant l'arrivée de l'homme ou si elles y ont été introduites par ce dernier. Les avis de plusieurs auteurs diffèrent sur le sujet.

Du Bois (1672) affirme que les abeilles auraient été introduites en 1664 de Madagascar. Au contraire, Hermann (1920) pense que les abeilles étaient présentes sur l'île avant l'arrivée de l'homme, puisque douze mutins de Fort Dauphin, exilés à la Réunion pendant près de trois ans en 1646, ont rapporté qu'ils auraient vécu de gibier et de miel : « Je donne comme certain que nos abeilles sont indigènes » (Hermann, 1920).

Au départ, les premiers hommes sur l'île pratiquent la chasse au miel : la récolte du miel est une activité de cueillette, dans des ruches naturelles formées par exemple par des troncs d'arbres creux. Le miel servait de sucre avant le développement de la culture de la canne à sucre, et à la fabrication de vin (hydromel).

Une volonté d'élevage des abeilles se met en place assez rapidement. Dès 1674, Jacob de la Haye, vice-roi des Indes, rédige la première constitution de l'île Bourbon (ancien nom de l'île de la Réunion) pour réglementer la production et interdit cette pratique de chasse au miel : d'après l'article 15 de l'ordonnance, « ne détruiront les mouches à miel, ni n'en prendront sans permission sous peine de 12 livres d'amende. Ou bien leur sera permis d'en prendre pour les nourrir et élever dans des ruches et à la mode de France, dont ils se serviront à leur usage. »

Le Gouverneur de Bourbon Drouillard incite également à cette modernisation de l'apiculture avec son ordonnance du 15 janvier 1687 « ils pourront aussy faire du miel et de la cire sans détruire les mouches à miel et en apporteront le huitième au magasin (...). » (extrait de Lacombled, 1996)

Mais l'apiculture réunionnaise reste archaïque, les essais de domestication des abeilles se soldent par des échecs de par leur caractère sauvage, comme en témoigne A. Boucher en 1710

« Le Miel, qui est sur l'île de Bourbon est tout sauvage, les mouches le forment dans des arbres creux, ou elles trouvent à se nicher (...) Plusieurs habitants ont voulu élever des mouches à Miel dans des ruches, mais ils n'ont pu en venir à bout, parce qu'elles sont toujours sauvages, quelques précautions que l'on prenne pour les apprivoiser. »

Progressivement, les habitants de l'île arrivent à élever leurs abeilles dans des ruches primitives, les bombardes (cf. chapitre 5.1). Puis vient l'idée d'importer d'autres sous-espèces d'abeilles, européennes, mais elle se heurte au départ au long trajet depuis la métropole, en bateau, qui met en cause la survie des essaims. Puis, avec la percée du Canal de Suez et l'avènement de la marine à vapeur, en 1894, la Chambre d'Agriculture importe des reines italiennes *Apis mellifera ligustica* sur l'île. Assez rapidement (début du XX^e), des reines européennes *Apis mellifera mellifera* sont ramenées par les soldats réunionnais de la première guerre mondiale et des reines caroliennes *Apis mellifera carnica*, caucasiennes *Apis mellifera caucasia*, et caucasites (hybrides italo-caucasiques) seront également rapportées sur l'île (Megret, 1986). Mais les résultats ne sont encourageants que sur les reines ou les hybrides de première voire de deuxième génération. Ensuite, une baisse de performance suit rapidement. Et malheureusement, l'importation de ces abeilles sans le moindre contrôle est à l'origine de l'arrivée de maladies apiaires sur l'île, et notamment l'acariose des trachées à *Acarapis sp.*, qui décime le cheptel réunionnais. Les cyclones, et particulièrement le cyclone dévastateur de 1948, participent à l'effondrement des colonies réunionnaises.

L'apiculture réunionnaise sera relancée à partir de la deuxième moitié du XX^e siècle avec la création de structures d'encadrement de cette filière. La première section apicole est créée au Tampon en 1964 : le Centre de Vulgarisation Apicole. Elle va encourager l'installation de ruches à cadres mobiles, et créer un programme de lutte contre l'acariose.

Une structure d'extraction du miel, la Coopémiel, est créée en 1967. Ses adhérents bénéficient de subventions pour s'équiper en ruches à cadres, au prorata de la livraison de miel (Lacombed, 1996).

Mais face aux problèmes sanitaires grandissants (acariose et nosérose (1978)) : la gestion sanitaire de la filière apicole réunionnaise est confiée à l'ex-DSV (aujourd'hui DAAF Réunion) : un service apiculture voit le jour en 1976. Pour lutter contre ces maladies apiaires, l'utilisation des ruches à cadres mobiles est encouragée (par le biais de subventions pour tous les apiculteurs), afin que des traitements curatifs et prophylactiques puissent être réalisés, ce qui n'était pas le cas dans les ruches traditionnelles.

L'apparition de la nosérose dans le département, en 1978, met un terme à l'importation d'abeilles sur l'île par arrêté préfectoral 2010/ SGAE/DP1 du 27 mai 1982. L'importation d'abeilles, de produits et de matériel apicole (comme les cadres) est définitivement interdite.

En 1981, un vétérinaire expert, Mr Douhet (spécialiste des maladies des abeilles et de l'apiculture en milieu tropical), arrive sur l'île pour mettre en place un plan de lutte contre ces deux maladies, qui sera assez efficace.

Grâce à ces mesures et cet effort de structuration de la filière apicole réunionnaise, cette dernière réussit finalement à se moderniser et à se développer peu à peu. L'apiculture moderne est née à la Réunion, et la production passe de 25 tonnes à 150 tonnes de miel par an.

Finalement, la filière apicole réunionnaise moderne dans des ruches à cadres mobiles, est encore très jeune puisqu'elle n'a que 50 ans.

2.2. L'abeille réunionnaise : *Apis mellifera unicolor*

Le premier travail de recensement des races d'abeilles réunionnaises a été réalisé en 1989, par Schneider, sur l'analyse de six paramètres biométriques, que sont la coloration (largeur de la bande jaune mesurée sur le 2^{ème} tergite abdominal), la pilosité (longueur des poils sur le 5^{ème} tergite abdominal), la longueur de la langue, le tomentum (largeur de la bande de poils la plus

dense sur le 4^{ème} tergite abdominal) et les composants A et B de l'index cubital (mesures de 2 nervures (délimitent des cellules) au niveau de la 3^{ème} cellule cubitale de l'aile antérieure droite).

Il les a comparé aux paramètres biométriques des abeilles qui ont été importées par le passé sur l'île : *Apis mellifera ligustica*, *Apis mellifera carnica*, *Apis mellifera mellifera*, *Apis mellifera caucasica*, ainsi qu'à *Apis mellifera adansoni*, qui est la plus rencontrée en Afrique (Schneider, 1989) et qu'à *Apis mellifera unicolor*, endémique de l'île voisine de Madagascar.

L'abeille locale est un mélange entre les abeilles africaines (*unicolor* et *adansoni*) et les races européennes (*ligustica*, *carnica*, *iberica*). Il n'a pas retrouvé les sous-espèces d'abeilles *Apis mellifera mellifera* et *Apis mellifera caucasica*, qui, bien qu'importées, n'ont certainement pas su s'acclimater. La présence d'*Apis mellifera iberica* (de la péninsule ibérique : Espagne et Portugal) est inattendue car aucune introduction n'est rapportée.

Les lignées européennes proviennent d'importations mais l'origine des lignées africaines est inconnue, et on ne sait pas si on a à faire à une abeille indigène ou exotique.

Ce n'est que très récemment que l'abeille réunionnaise a été étudiée d'un point de vue génétique. Ainsi, en 2010, une première étude, utilisant la méthode de l'ADN microsatellite, a été menée afin d'évaluer le niveau de polyandrie des colonies réunionnaises. La polyandrie est une stratégie reproductrice caractérisée par des accouplements multiples de la reine avec des mâles. Au total, 28 colonies ont été échantillonnées (12 sauvages et 16 exploitées) dans 19 sites différents sur l'île.

Elle a montré que les colonies réunionnaises sont polyandres avec un nombre de faux-bourçons détectés par reine entre 11 et 25, sans différences entre les colonies sauvages et les colonies exploitées.

Cette étude a également donné une estimation de la diversité génétique des abeilles réunionnaises avec 5 à 11 allèles par locus et par colonie en moyenne (Techer et Sadeyen, 2011).

Ce travail a été complété par une autre étude sur l'origine génétique de l'abeille réunionnaise (Techer, 2012). L'objectif principal était de compléter le travail de Schneider en précisant les sous-espèces d'abeilles présentes à la Réunion, cette fois ci par des analyses génétiques. Le marqueur mitochondrial de la région intergénique tRNA-leu-COII (Garnery et al., 1993) a été utilisé sur pas moins de 1881 colonies échantillonnées sur 110 sites, provenant de 104 ruchers chez 51 apiculteurs et 15 colonies sauvages.

Quatre lignées évolutives (maternelles) sont présentes à la Réunion avec une large prédominance de la race *Apis mellifera unicolor* (95%), sous-espèce endémique de Madagascar et indigène de la région Océan Indien. *Apis mellifera carnica* a été détectée dans environ 4% des cas, et les sous-espèces *A. m. scutellata* et *A. m. mellifera* ont également été détectées de manière plus minoritaire (Techer, personal comm.).

Si l'on compare aux résultats de Schneider en 1989, basés sur des critères morphologiques, on retrouve *Apis mellifera unicolor* et *Apis mellifera carnica*. Par contre, les sous-espèces *A. m. adansoni*, *A. m. ligustica*, et *A. m. iberica* détectées par Schneider ne sont pas retrouvées par les analyses génétiques. Mais son travail date de plus de 30 ans et probablement que ces dernières n'ont pas su s'acclimater. De plus, les analyses biométriques sont certainement moins fiables de par le fait que les sous-espèces s'hybrident entre elles et que par conséquent, les paramètres morphométriques sont modifiés par rapport à des lignées pures. Par ailleurs, la sous-espèce *Apis mellifera scutellata* a été mise en évidence pour la première fois sur le territoire réunionnais, et les importations passées de *A. m. mellifera* sont confirmées.

On pense que la colonisation de la Réunion par la sous-espèce *unicolor* est antérieure aux autres lignées car elle est distribuée sur toute l'île, d'où une très forte hypothèse d'indigénat. De plus, de récents résultats montrent que l'abeille réunionnaise (95% *unicolor*) se différencie génétiquement de la population malgache (Techer et al., Unpublished data).

Le tableau 4 suivant résume les principales caractéristiques des sous-espèces d'abeilles retrouvées sur l'île de la Réunion.

	Lignée	Principales caractéristiques Morphologie	Avantages	Inconvénients
<i>Apis mellifera unicolor</i>	Lignée A Sous-espèce africaine, de Madagascar	- couleur noire uniforme - proboscis court - ailes antérieures longues - faible pilosité - petite taille (ouvrières)	- peu agressive Un écotype (situé dans les montagnes) de caractère doux, facile à élever, sans tendance à l'essaimage	Un écotype (situé sur les côtes) : forte tendance à l'essaimage
<i>Apis mellifera carnica</i> (abeille carnolienne)	Lignée C Sous-espèce européenne	- couleur foncée (brune ou grise) - langue longue - index cubital élevé bien spécifique - grande taille - abeille velue	- abeille douce, docilité - langue longue → butineuse efficace - résistante à l'hiver - se développe rapidement au printemps - consomme peu - peu sensible aux maladies du couvain - propolise peu	- essaimeuse - lente à construire les rayons, mauvaise bâtisseuse - sensible à la nosébose et à l'acariose
<i>Apis mellifera scutellata</i>	Lignée A Sous-espèce africaine	- couleur jaune - petite taille - langue longue	- nidifie dans des sites très variés - vit jusqu'à 2400 m d'altitude - mieux adaptée au climat tropical	- essaimeuse - très agressive
<i>Apis mellifera iberiensis</i>	Lignée M Sous-espèce européenne (Espagne, Portugal)	- couleur brun foncé - faible pilosité	- résiste à des hivers longs et froids, active à des t° basses - prolifique	- essaimeuse - agressive - propolis bcp utilisée

Tableau 4 : Principales caractéristiques des principales races d'abeilles qui constituent l'abeille réunionnaise (adapté du traité Rustica de l'apiculture, *Clement*, 2006)

Enfin, une forte diversité génétique globale existe chez les abeilles réunionnaises puisqu'elles ont 12,81 +/- 5,37 allèles en moyenne par locus, ce qui est supérieur à ce qui a été observé sur les mêmes locus, par exemple sur les îles Baléares ou Canaries (*Techer*, 2012).

3. Structuration de la filière apicole réunionnaise

3.1. Les principaux organismes intervenant dans la filière apicole

Aujourd'hui, la filière apicole réunionnaise s'organise essentiellement autour de quatre organismes. Elle structure et encadre les apiculteurs réunionnais, qu'ils soient professionnels, semi-professionnels et même apiculteurs de loisir. Ces statuts sont définis différemment qu'en métropole. En effet, d'après l'Union Européenne, un apiculteur devient professionnel à partir de 150 ruches. A la Réunion, les critères sont différents (d'après la DAAF) :

- apiculteur professionnel : il tire exclusivement ses revenus de cette activité
- apiculteur semi-professionnel : il a une autre activité en parallèle, et il possède plus de 60 ruches
- apiculteur de loisir : il possède moins de 60 ruches.

Légalement, tous les apiculteurs doivent avoir un numéro appelé NUMAGRIT, obtenu par demande au GDS qui lui même contacte la DAAF. Et en cas de vente ou de cession du miel à un tiers, un autre numéro est obligatoire : le numéro de SIRET. Il est obtenu auprès de la Chambre d'Agriculture Départementale.

La **Coopémiel** (déjà évoquée précédemment, créée en 1967) est une structure d'extraction du miel et de sa commercialisation, principalement dans les GMS. Elle met à disposition ses locaux à ses adhérents qui assurent eux-même l'extraction de leur miel. Elle est basée dans le Sud de l'île, à Saint-Joseph. Elle compte seulement 47 adhérents en 2013 (45 adhérents en 2012 qui ont produit 50 tonnes de miel, soit environ 20% de la production locale, avec 3000 ruches).

L'encadrement de la filière apicole réunionnaise est très récent. Il existe trois structures d'encadrement :

- le **SAR** (Syndicat Apicole de la Réunion), créé en 1996. En 2012, il compte 150 adhérents possédant 6000 ruches. Il défend les intérêts des apiculteurs et les représente face aux pouvoirs publics. Il a par ailleurs un rôle de promotion de l'abeille et des produits de la ruche, de communication et de pédagogie. Il essaye d'organiser un voyage apicole tous les ans et fait venir sur l'île un spécialiste apicole chaque année.
- l'**ADAR** (Association pour le Développement de l'Apiculture à la Réunion), qui ne concerne que les apiculteurs professionnels ou semi-professionnels. Elle n'existe que depuis 7 ans (créée en 2007). En janvier 2013, elle compte 70 adhérents qui possèdent 8200 ruches soit 58% du cheptel déclaré en 2012. Sa principale mission est de représenter la filière professionnelle auprès des instances départementales, régionales, et nationales. Elle assure un appui technique aux apiculteurs, avec en moyenne une formation par an, dans tous les domaines excepté le sanitaire (effectué par le GDS). Elle s'occupe de monter les dossiers de financement pour les apiculteurs. Cependant, en l'absence de locaux, son existence est précaire et difficile. Heureusement, elle possède le soutien financier de la Chambre d'Agriculture qui lui met à disposition un technicien apicole.
- le **GDS** (Groupement de Défense Sanitaire) : il s'occupe de la filière apicole depuis 2010 d'un point de vue réglementaire et sanitaire. Ses actions sont multiples. Il enregistre les déclarations de ruchers (identification de ruchers) : depuis le 1^{er} janvier 2010, tout propriétaire de ruche(s) doit faire une déclaration annuelle de rucher, y compris les apiculteurs de loisir. Elle doit être faite entre le 1^{er} novembre de l'année n-1 et le 1^{er} mars de l'année n. Après la première déclaration effectuée, un numéro sera communiqué à l'apiculteur pour faciliter les déclarations ultérieures : le NAPI ou numéro d'apiculteur. Il doit être obligatoirement inscrit dans le rucher. Par ailleurs, le GDS s'occupe du suivi sanitaire du cheptel apicole réunionnais en effectuant des missions d'épidémiologie-surveillance avec un vétérinaire et un technicien. A la demande,

il se déplace dans les exploitations dans lesquelles des problèmes sont signalés. Il peut effectuer des prélèvements afin de rechercher un éventuel agent pathogène en cause. Enfin, il a un rôle de formation et de conseils. En 2013, il compte 274 apiculteurs déclarés.

D'autres organismes interviennent de près ou de loin, au sein de la filière apicole, comme la DAAF, la Chambre d'Agriculture, le CIRAD (recherches génétiques sur l'abeille réunionnaise entre autres), ou encore l'ONF (transhumance des apiculteurs).

3.2. Les principales aides à la filière apicole

Il existe plusieurs aides disponibles pour les apiculteurs réunionnais. Pour en bénéficier, ils doivent être agriculteurs inscrits à l'AMEXA, à titre principal ou secondaire. Ces aides sont détaillées dans le tableau ci-dessous (tab. 5).

Aides	Bâtiment d'élevage : ruche (FEADER)	Maintien en bon état sanitaire des colonies (POSEI-ODEADOM)	Diversification agricole (LEADER)
Détails de l'aide	La ruche est considérée comme un bâtiment d'élevage	Aide au nourrissage	Pour l'achat de matériel, miellerie, chambre froide
Montant	- Apiculteur individuel : 25% - Apiculteur adhérent à l'ADAR : 50% - Projet agriculture biologique : 70% <i>* plafond de 188 €/ruche</i>	8 €/ruche	50% voire plus si projet innovant <i>*plafond 80 000 €</i>
Conditions particulières	Autorisation d'exploiter obligatoire	Adhérent ADAR	Zone des Hauts <i>* altitude variable selon les communes</i>

Aides	Transhumance (VINIFLHOR)	MAE apicole	Commercialisation (POSEI-ODEADOM)
Détails de l'aide	Aide à l'achat de plateau véhicule, grues, palettes, filets...	Amélioration du potentiel pollinisateur des abeilles domestiques pour la préservation de la biodiversité	Pour faciliter l'approvisionnement des marchés en quantité, en qualité et en régularité, et ainsi diminuer l'importation de miels étrangers
Montant	40%	34 €/ruche et par an pendant 5 ans <i>* Plafond 7600 € (223 ruches)</i>	2 €/kg/an
Conditions particulières	Minimum de 70 ruches <i>* Plafond de 4 600 € de 70 à 150 ruches et de 23 000 € > 150 ruches</i>	- min. 60 ruches -min. 20 colonies par emplacement - ruches situées en ZNIEFF, réserves naturelles, Parc National, espaces boisés, forêts domaniales	Coopérative Groupements de producteurs agréés → aide disponible uniquement pour la Coopémiel

Tableau 5 : Aides disponibles pour les apiculteurs réunionnais (ADAR et Aymé)

Remarque : L'aide à la transhumance semble peu adaptée aux conditions locales réunionnaises. En effet, le terrain réunionnais est très accidenté et il n'est pas possible par exemple d'utiliser des grues pour placer les ruches. D'ailleurs, aucune demande n'a été faite en 2013.

4. Les miellées à la Réunion

L'île de la Réunion présente une biodiversité végétale immense avec un degré d'endémisme élevé. Toutefois, parmi toutes ces espèces végétales, seules certaines sont mellifères, c'est à dire qu'elles présentent un intérêt pour les abeilles, en leur fournissant l'un ou plusieurs des

éléments suivants : du nectar, du pollen, de la propolis ou encore du miellat. Elles répondent à l'ensemble des critères suivants (Triolo, 2009 ; Batsch, 2010) :

- plantes abondantes et présentes sur de grandes surfaces
- elles produisent un nectar de qualité et en grandes quantités
- elles possèdent une floraison de longue durée

Remarque : Au sens strict, les plantes mellifères correspondent aux plantes nectarifères. Mais communément, on englobe dans les plantes mellifères les plantes pollinifères et celles qui fournissent de la propolis et du miellat. Il serait plus juste de parler de plantes d'intérêt apicole.

A la Réunion, les connaissances sur les plantes mellifères sont très récentes.

Un travail de recensement de ces plantes en domaine forestier (forêts publiques et leur périphérie) a été réalisé par l'ONF et le CIRAD en 2009. En croisant les déclarations des apiculteurs, des observations sur le terrain et des recherches bibliographiques, 321 espèces mellifères ont pu être identifiées dont 110 espèces indigènes et 211 espèces exotiques (Triolo, 2009). Cet inventaire n'est certainement pas exhaustif. Il est à prendre avec précaution car il se base sur des déclarations d'apiculteurs. Il faudrait que ce travail soit complété par des analyses des miels produits à la Réunion, pour avoir une certitude quant à leurs origines florales.

4.1. Les principaux types de miels produits à la Réunion

Malgré une ressource mellifère assez conséquente, les abeilles réunionnaises produisent essentiellement trois types de miels : le miel de baie rose, le miel de letchi, et le miel de forêt. On peut également trouver sur le marché réunionnais du miel « toutes fleurs » et des miels monofloraux. Il faut savoir qu'il est quasiment impossible d'avoir du miel monofloral, à partir d'une seule espèce végétale, mais il est appelé comme cela car il y a une nette prédominance d'une espèce végétale. Pour obtenir ce genre de miel, l'apiculteur installe la hausse au début de la miellée du végétal concerné, et la retire dès la fin de celle-ci, la ruche étant à proximité d'une zone où le végétal en question prédomine sur les autres espèces végétales.

Remarque : il existe un miel réunionnais produit à partir de miellat : ce miel est assez foncé et a un goût prononcé (M. Friedman, apiculteur professionnel, personal comm.).

A lui seul, le miel de baie rose représente près de 70% du marché local (chiffres ADAR). Il est suivi par le miel de letchi et le miel de forêt, qui représentent chacun environ 10% de la production totale. Enfin, les 10% restants sont du miel « toutes fleurs », produit plutôt à basse altitude. Toutefois, la production de miel réunionnaise est très irrégulière selon les années, étroitement reliée aux aléas climatiques et aux alternances de floraisons.

Les miels de letchi et de baie rose sont mondialement reconnus avec des médailles d'or obtenues respectivement au Salon de l'Agriculture à Paris en 2009 et à Apimondia en 2010.

Il est intéressant de remarquer que ce sont principalement des plantes exotiques, comme le baie rose *Schinus terebinthifolius* ou le letchi *Litchi chinensis*, qui permettent de produire du miel à la Réunion.

Les réunionnais consomment environ 350 à 400 tonnes de miel par an mais n'en produisent que la moitié environ sur le territoire. Ils en importent donc de 150 à 200 tonnes par an, d'Europe, d'Argentine ou encore de Hongrie (SAR).

D'un point de vue chronologique, dans les Bas, la miellée la plus importante est la miellée de baie rose de mars à mai. La deuxième miellée importante est la miellée de letchi. Pour celle-ci, la plupart des apiculteurs déplacent leur ruche vers les vergers de letchis, principalement dans l'Est et le Sud-Est, voire même au Nord de l'île, d'août à début octobre (Triolo, 2009).

C'est la transhumance. Et entre ces deux miellées, les abeilles butinent différentes fleurs selon les régions : fleurs de forêt, plantes d'ornement, cultures vivrières et maraîchères (tab. 6) (*Douhet, 1982*). Par exemple, dans le Sud, la forêt de bois de couleur constitue une grande ressource mellifère.

Remarque : les apiculteurs sont essentiellement localisés dans les Bas pour deux raisons :

- meilleures conditions pour les abeilles
- héritage du passé, avant il y avait beaucoup de vols de production (miel) et de ruches dans les Hauts de l'île (*Douhet, 1982*)

Altitudes	Périodes de floraison	Espèces (noms locaux ou vernaculaires)	Observations
Basse altitude jusqu'à 800 m	De janvier à mars	Plantes d'ornement, cultures vivrières et maraîchères <i>Rubus rosaefolius</i> (frambois marronne) <i>Rubus alceifolius</i> (vigne marronne)	Période cyclonique et pluviale. Provisions insuffisantes, visite sanitaire, surveillance.
	De mars à mai	<i>Schinus terebinthifolius</i> (baie rose)	Arbuste très mellifère - pas de surpâturage et pas de mauvais temps - récolte variable 40-50 kg/ruche. Essaimage artificiel +++ Elevage des reines +++
	De mai à juillet	Plantes d'ornement, cultures vivrières et maraîchères, <i>Antigonum leptopus</i> (antigone), <i>Cordia ampelifolia</i> (teck), <i>Syzygium cumini</i> (jamblon), eucalyptus	« Hivernage » dépopulation de printemps - contrôle provisions - surveillance – nourrissements spéculatifs... Moyenne miellée
	De juillet à septembre	Arbres fruitiers (letchis , manguiers, avocatiers...). Agrumes divers	Moyenne récolte, variable selon les zones (10-40 kg/ruche)
	De septembre à décembre	Plantes d'ornement, cultures vivrières et maraîchères (toute l'année). <i>Antigonum leptopus</i> (antigone), <i>grevillea</i> , <i>Michelia champaca</i> (cham-pack), <i>Albizia lebbek</i> (bois noir), <i>Agave vera cruz</i> (choca bleu), <i>Hyptage benghalensis</i> (liane papillon)...	Petites miellées : petites récoltes dans certains secteurs de St-Denis, L'Etang Salé et St-Philippe (10-20 kg/ruche). NB : à St-Philippe, petite miellée de <i>Mimusop labourdonnaisia</i> (petit et grand Nattes)
Moyenne altitude	De janvier à juin	<i>Rubus alceifolius</i> (vigne marronne), <i>Syzygium jambos</i> (jam rosat), <i>Hedychium gardnerianum</i> (longose), <i>Aphloia theaeformis</i> (goyave marron), <i>Euchsia</i> (clochette), <i>Senecio ambavilla</i> (ambreville), <i>Acanthophoenix</i> (palmistes), <i>Antirrhoea verticillata</i> (Bois d'osto)...	Sainte-Rose, Salazie ; certains secteurs de St-Denis, Plaine des Palmistes – bonne miellée variable entre 10 à 20 kg/ruche, récolte au mois d'avril. NB : il n'est pas possible de faire une estimation de récolte en ces zones qui ne sont peuplées que de ruches vulgaires (bombardes ou caisses de savon)
	De juin à décembre	<i>Rubus alceifolius</i> (vigne marronne), <i>Hedychium gardnerianum</i> (longose), <i>Hypericum lanceolatum</i> (fleur jaune), <i>Weinmannia tinctoria</i> (tan rouge), <i>Acacia decurrens</i> (Acacia), <i>Acanthophoenix</i> (palmistes), <i>Syzygium jambos</i> (jam rosat), <i>Nuxia verticillata</i> (bois maigre), <i>Mimusops</i> et <i>Labourdonnaisia</i> (bois nattes), <i>Sideroxylon</i> (bois de fer), ... NB : l'ensemble de ces arbres se nomme forêt de bois de couleur .	Miellées variables selon les zones. Par ex., à St-Philippe : ruches modernes (20 à 40 kg/ruche)

Tableau 6 : Récapitulatif : calendrier des miellées à la Réunion (d'après Douhet, 1982)

Remarque : « Les renseignements sont pris et vérifiés sur le terrain auprès des apiculteurs possédant des ruches divisibles à fortes colonies saines. Bien entendu par beau temps et pas en surnombre (surpâturage). On peut estimer que la récolte moyenne annuelle varie entre 30 à 40 kg de miel par ruche dans les conditions citées ci-dessus.

De la moyenne supérieure à la haute altitude, il n'existe presque pas d'apiculture rationnelle – motifs = vol de production, de ruches allant même jusqu'à la destruction complète des ruches » (Douhet, 1982).

4.2. Les principales espèces mellifères

4.2.1. Le baie rose *Schinus terebinthifolius*

Le baie rose (*Schinus terebinthifolius* Raddi), encore appelé faux poivrier ou encens est un arbre ou arbuste de la famille des *Anacardiaceae*. Originaire du Brésil, il a été introduit dans l'île en 1843. C'est une peste végétale : il fait partie des 100 espèces exotiques les plus envahissantes du monde d'après l'ISSG (Invasive Species Specialist Group), et le GEIR (Groupe Espèces Invasives de la Réunion) l'a classé parmi les 32 plantes les plus invasives de la Réunion. Pourtant, c'est la plante la plus intéressante d'un point de vue apicole. Cette espèce exotique est nectarifère, pollinifère et fournit également de la propolis. Les abeilles sont très attirées par ses fleurs, de couleur blanchâtre (photo. 9), mesurant de 1 à 3 mm de diamètre.

Il est très présent dans l'Ouest et le Sud de l'île, à basse altitude (jusqu'à 600 mètres environ), notamment dans des zones difficiles d'accès (remparts, grandes ravines). Il forme de vastes fourrés monospécifiques (Triolo, 2009).

Cet arbuste peut atteindre 7 m de hauteur. Ses fruits sont des baies d'environ 5 mm de diamètre de couleur rougeâtre (photo. 10), utilisés comme épices (site GEIR).



Photographie 9 (à gauche) : Fleurs de *Schinus terebinthifolius* (wikipédia)

Photographie 10 (à droite) : Baies de *Schinus terebinthifolius*

(<http://wildlifeofhawaii.com/flowers/698/schinus-terebinthifolius-brazilian-peppertree/>)

4.2.2. Le letchi *Litchi chinensis*

Le letchi (*Litchi chinensis*) est une espèce d'arbre tropical de la famille des *Sapindaceae*. Il est originaire de Chine et a été introduit sur l'île en 1764. Il est cultivé pour ses fruits rouges très appréciés (photo. 12). Ses principaux vergers sont situés dans l'Est et le Sud-Est de l'île où ils occupent de grandes surfaces.

L'installation de ruchers à proximité de ces vergers permet, en plus de récolter un miel, d'améliorer la production fruitière grâce à la pollinisation réalisée par les abeilles. Toutefois, ce sont les apiculteurs qui payent les agriculteurs pour pouvoir y installer leurs ruches, le plus souvent en miel.



Photographie 11 (à gauche) : Fleur de litchi butinée par une abeille (<http://www.mi-aime-a-ou.com>)

Photographie 12 (à droite) : Arbre de litchi avec ses fruits à maturité (<http://www.mi-aime-a-ou.com>)

4.2.3. Les autres espèces mellifères

Après la miellée de litchis, certains apiculteurs transhument pour pouvoir réaliser cette troisième miellée dans les forêts. Les emplacements sont délivrés par l'ONF. Ce déplacement est aussi réalisé dans un but d'amélioration de l'état général des colonies car la miellée de litchi est peu pollinifère. Elle a lieu globalement d'octobre à février (Triolo, 2009). Le miel de « forêt » peut être « monofloral » ou polyfloral.

Les miels « monofloraux » sont, d'après les dires des apiculteurs, essentiellement des miels de raisin marron *Rubus alceifolius* ou de jamrosat *Syzygium jambos*. Cela s'explique par le fait que ce sont des plantes exotiques invasives largement présentes dans les forêts réunionnaises. D'autres espèces permettraient également à elles seules la production d'un miel, mais de manière plus anecdotique. C'est le cas des espèces exotiques comme le Caliphon (*Strobilanthes hamiltonianus*), la Longose (*Hedychium gardnerianum*), ou encore l'Ortochifon (*Ageratina riparia*). Certaines espèces indigènes ou endémiques sont citées comme pouvant être à l'origine d'un miel unifloral : Tan rouge (*Weinmannia tinctoria*) (« miel vert »*), Fleur Jaune (*Hypericum lanceolatum*), Petit Natte (*Labourdonnaisia calophylloides*), Grand Natte (*Mimusops maxima*), Benjoin (*Terminalia bentzoë*), Mahots, Change écorce (*Aphloia theiformis*), Bois de pomme (*Syzygium borbonicum*), Bois de joli cœur (*Pittosporum senacia*), Corce blanc (*Homalium paniculatum*) (Triolo, 2009).

* *Le Tan rouge est une espèce très mellifère, très abondante dans les forêts indigènes de moyenne altitude et de montagne* (Triolo, 2009). *D'ailleurs, cet arbre est aussi connu sous le nom d'arbre à miel. Son miel a des reflets verts : c'est pour cela qu'il est appelé « miel vert » à la Réunion. Il a donné son nom à une des manifestations agricoles les plus importantes de l'île, qui a lieu chaque début d'année à la plaine des Cafres depuis 30 ans* (Bruneau, 2008).

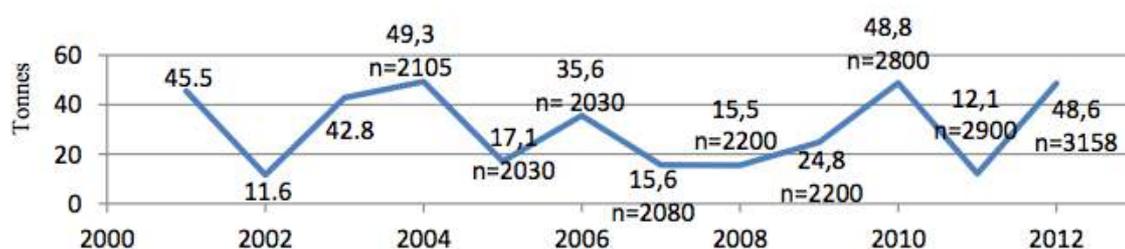
Quant au miel « toutes fleurs », il est le plus souvent produit dans l'Ouest de l'île, à partir de différentes espèces végétales, sans qu'il n'y ait de prédominance. Dans les Bas, ce miel serait produit à partir d'un mélange de Tamarin de l'Inde (*Pithecellobium dulce*), de cocotier, et de la liane antigone (*Antigonon leptopus*). Alors qu'un peu plus haut, sur les mi-pentes, les espèces du genre Eucalyptus et la Rose des bois (*Merremia tuberosa*) seraient prédominantes dans la constitution de ce miel « toutes fleurs ».

On constate qu'un grand nombre de plantes mellifères existe dans les forêts réunionnaises : elles représentent un potentiel mellifère important, encore sous-exploité.

Enfin, à l'extérieur du domaine forestier, d'autres plantes seraient suffisamment mellifères pour permettre la production de miels « unifloraux ». En voici quelques exemples : la Rose des bois (*Merremia tuberosa*), le Cocotier (*Coco nucifera*), le Longani (*Dimocarpus longan*), le Café (*Coffea sp.*), le Chouchou (*Sechium edule*), ou encore la prune malgache (*Flacourtia indica*).

4.3. Evolution de la production de miel au fil des années (source Coopémiel)

Il est difficile d'avoir des chiffres fiables de la production de miel totale sur l'île car beaucoup d'apiculteurs ne déclarent pas leurs ruches ou ne veulent pas dévoiler leurs réels niveaux de production, par peur des impôts. Les seuls chiffres dont nous disposons sont les chiffres de la Coopémiel, qui a pu fournir les chiffres de sa production depuis 2001, ainsi que le nombre de colonies en production depuis 2004.



Graphique 1 : Evolution de la production de miel par la Coopémiel depuis 2001 (en tonnes), et du nombre de colonies en production depuis 2004

D'après le graphique 1 ci-dessus, la production totale de miel de la Coopémiel est très irrégulière selon les années. Les amplitudes sont très fortes avec un minimum recensé en 2002 de 11,6 tonnes de production et un maximum en 2004 de 49,3 tonnes. On remarque également une certaine variabilité du nombre de colonies en production selon les années, avec un minimum de 2030 ruches en production pour les années 2005 et 2006 et un maximum avec 3158 colonies en 2012.

Il faut ramener ces chiffres de production annuelle de miel au nombre de colonies en production. Ainsi, on calcule le rendement moyen, c'est à dire la quantité moyenne de miel produite par colonie (tab. 7).

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Production totale de miel (tonnes)	49,3	17,1	35,6	15,6	15,6	24,8	48,8	12,1	49
Nb. colonies en production	2105	2030	2030	2080	2200	2200	2800	2900	3158
Rendement moyen (kg/ruche)	23,4	8,42	17,54	7,5	7,09	11,27	17,43	4,17	15,52
Observations particulières		Fortes pluies	Cyclone Diwa (mars) Démoustication	Cyclone Gamède (février) Démoustication Tenthède	Tenthède			Sécheresse (de oct. 2010 à mars 2011)	

Tableau 7 : Evolution des rendements moyens par colonie depuis 2004

Les rendements les plus faibles sont observés pour les années 2005, 2007, 2008 et 2011, avec des rendements moyens ne dépassant pas les 8,5 tonnes. Le rendement moyen le plus faible est de 4,17 kg/ruche en 2011. Il peut s'expliquer en partie par une sécheresse importante cet

été (d'octobre 2010 à mars 2011). Le plus souvent, ces mauvais rendements peuvent être associés à des mauvaises conditions climatiques, ou à des événements particuliers (sans pour autant que le lien entre ces événements et les mauvais rendements soit prouvé).

Pour essayer de faire un lien entre des événements particuliers et ces mauvais rendements, il faut détailler la production de miel sur l'année (graph. 2).



Graphique 2 : Evolution des productions de miel de baie rose, letchis et miel de forêt de 2001 à 2012

La Coopémiel produit environ 20 à 25% de la production totale de l'île, avec essentiellement trois types de miel : majoritairement du baie rose, puis du miel de letchi et du miel de forêt en plus petites quantités.

D'autres miels comme le miel de bibasse, de longani, d'eucalyptus, de jamrosat, de vigne marronne, de longose ou de coco y sont également produits, mais de façon plus anecdotique (*Coopémiel*).

Les quantités de miel de baie rose produites sont extrêmement variables d'une année à l'autre. Sur ces trois dernières années, la production passe de 32,2 tonnes en 2010 à 7,9 tonnes (diminution d'un facteur 4,1) pour atteindre un niveau de production équivalent en 2012 (32,9 tonnes).

La seconde production est le miel de letchi. Les tonnages sont beaucoup moins importants que pour le miel de baie rose. Les niveaux de production semblent encore plus irréguliers que pour ce dernier avec des années particulièrement peu propices (2005 à 2009) où même le miel de forêt a réussi à dépasser le miel de letchi en termes de production.

Néanmoins, la production de miel de forêt est anecdotique en regard des deux autres miellées et semble être en légère progression ces dernières années (passage de 0,7 tonne en 2010 à 2,4 tonnes en 2012). Ces niveaux faibles pour cette miellée peuvent s'expliquer par un très faible intérêt de ces miellées intermédiaires de la part des apiculteurs livrant à la coopérative. Les miels de forêt sont beaucoup mieux valorisés en vente au détail qu'en gros à la coopérative.

L'hétérogénéité des rendements peut s'expliquer en partie par des facteurs climatiques (sécheresse, pluviométrie importante, cyclones) et par la force de la colonie au moment des miellées (dépend des pratiques : nourrissage, état sanitaire...).

5. Les ruches réunionnaises (Megret, 1986 ; Lacombled, 1996)

5.1. Les anciennes ruches

Avec la modernisation de l'apiculture réunionnaise, les apiculteurs réunionnais sont passés progressivement d'une cueillette du miel en pleine nature, à un élevage des abeilles dans des ruches.

Au départ, ils utilisaient des ruches traditionnelles : des bombardes ou des caisses.

Les bombardes sont des troncs d'arbres creux, principalement de choka bleu l'Agave vera-cruz, de fanjan *Cyathea borbonica* ou de bois maigre *Nuxia verticillata*. Ce type de ruche est similaire à ce qui est utilisé habituellement dans de nombreux pays africains (Douhet, 1982). Leurs dimensions moyennes étaient de 50 à 120 cm de long, 25 à 50 cm de large, et 20 à 40 cm de haut.

Les caisses utilisées sont des caisses de récupération (caisses de savons ou de harengs fumés). Des « barets » y sont disposés à l'intérieur. Ce sont des lattes de bois ou de calumet *Nastus borbonicus* (espèce de bambou endémique), à partir desquelles les abeilles construisent leurs rayons.

Les rayons sont fixes et doivent être détruits pour récolter le miel. De plus, ces ruches primitives ne sont pas adaptées pour la réalisation de traitements et sont de véritables « foyers de dissémination de maladies » d'après Douhet.

5.2. La ruche à cadres locale : la Bourbon

En 1964, le Centre de Vulgarisation Apicole introduit sur l'île les premières ruches modernes à cadres mobiles : la ruche Bourbon, qui est largement diffusée par la Coopémiel (Lacombled, 1996). La ruche Bourbon est la ruche endémique de la Réunion (fig. 24). C'est une Langstroth modifiée (corps et hausse identiques), avec 10 cadres.

Une seule dimension de planche était importée sur l'île, à l'origine des dimensions de la ruche Bourbon : 42 cm*20 cm. Elle est construite en bois de pin importé ou localement avec du bois de cryptomeria.

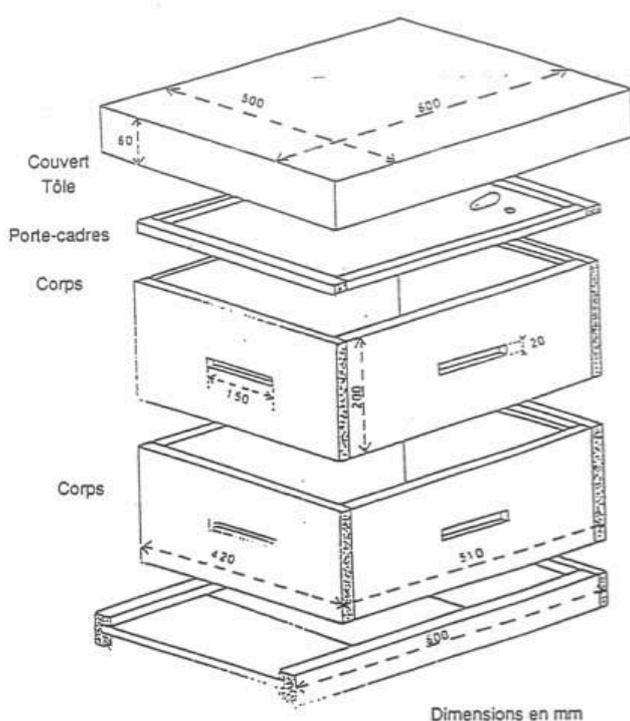


Figure 24 : Les dimensions de la ruche Bourbon (Megret, 1986)

C'est donc une petite ruche divisible, encore plus petite que la Langstroth : les rayons sont remplis très rapidement, et la reine peut alors se sentir à l'étroit dans le corps et essaimer. La surface du couvain n'est pas sphérique et la reine pond latéralement. La grille à reine semble nécessaire pour empêcher la reine de monter pondre dans les hausses lorsqu'elle n'a plus de place mais une surveillance accrue est importante pour éviter tout essaimage. L'avantage réside dans le fait que les cadres, étant plus petits, sont plus maniables et plus faciles à visiter, et les hausses moins lourdes à soulever, ce qui peut être intéressant pour la transhumance par exemple. Mais d'après Douhet, la Langstroth serait plus adaptée au milieu réunionnais.

Chaque type de ruche a ses avantages et ses inconvénients. C'est à l'apiculteur de trouver quelle est la ruche la plus adaptée pour lui et pour ses abeilles, en fonction du milieu dans lequel il se trouve (climat).

Aujourd'hui, les apiculteurs réunionnais ne travaillent plus qu'avec des ruches modernes à cadres mobiles. Ils doivent faire face à de nouveaux problèmes comme la fausse teigne (cf. chapitre 6.3.5). En effet, les cadres usagés stockés en période d'intermiellée y sont plus vulnérables (*Paterson, 2008*).

6. Contexte sanitaire de la filière apicole réunionnais

La filière sanitaire apicole de la Réunion a un contexte sanitaire privilégié. L'île est indemne de « maladies » les plus graves comme la varroose ou la loque américaine.

Le syndrome d'effondrement des colonies (ou CCD : Colony Collapse Disorder), qui frappe sévèrement l'apiculture mondiale depuis les années 2000, n'existe pas à la Réunion. Le CCD est caractérisé par d'importantes mortalités soudaines d'ouvrières, sans cadavres à l'intérieur ou à proximité de la ruche. Les taux de mortalité peuvent atteindre les 80% de la colonie (*VanEngelsdorp et al., 2009*). Les ruches concernées sont alors faiblement peuplées malgré des réserves en quantités suffisantes, et avec un couvain important à l'abandon.

Pour François Payet, le président du SAR, « la Réunion est l'un des derniers sanctuaires de l'abeille ».

Son milieu insulaire et l'interdiction d'importation d'abeilles et de matériel apicole (pour rappel depuis 1982) la préservent de l'introduction de nouvelles pathologies. Toutefois, les échanges commerciaux (importation de fruits, de miel) et les importations illégales d'abeilles ou de matériel apicole peuvent être à l'origine de nouvelles maladies sur l'île.

Dans un premier temps, un état des lieux du contexte sanitaire apicole réunionnais sera effectué, puis les maladies présentes sur le territoire réunionnais seront détaillées. Dans un deuxième temps, les principales pathologies apiaires problématiques dans le Monde seront envisagées. Elles ne doivent pas être méconnues des apiculteurs réunionnais, puisqu'elles sont susceptibles d'apparaître un jour sur l'île.

6.1. Bilan sanitaire de la filière apicole réunionnais en 2012 (*Esnault, 2013*)

A ce jour, aucune étude (scientifique) n'avait été réalisée sur l'état sanitaire de la filière apicole à la Réunion. Cela était une véritable nécessité. C'est pourquoi, celle-ci a été menée en 2012 par le GDS.

L'objectif de ce travail était double : déterminer la prévalence des agents pathogènes réunionnais et évaluer les risques d'introduction d'autres agents pathogènes.

Cette étude, réalisée sur 115 colonies déclarées au GDS (sur 13000) a permis d'échantillonner des abeilles dans 61 ruchers, appartenant à 41 apiculteurs. Des enquêtes sur les commémoratifs de la colonie ainsi que sur les pratiques de l'apiculteur étaient menées de front. D'après ces enquêtes de terrain, le contexte sanitaire de la filière apicole réunionnaise est loin d'être catastrophique : il n'y a pas de phénomènes de mortalité massive dans les ruchers enquêtés. Seuls quelques épisodes de mortalité sont parfois constatés mais ne concernent à chaque fois qu'une voire au maximum deux colonies chaque année au sein d'une exploitation apicole.

Les agents pathogènes recherchés étaient les acariens *Varroa destructor*, *Tropilaelaps sp.*, et *Acarapis sp.*, le petit coléoptère des ruches *Aethina tumida*, la nosérose à *Nosema apis* et *Nosema ceranae*, la loque européenne, la loque américaine, et les virus BQCV (Black Queen Cell Virus), CBPV (Chronic Bee Paralysis Virus), DWV (Deforming Wing Virus), SBV (Sac Brood Virus), ABPV (Acute Bee Paralysis Virus), IAPV (Israeli Acute Paralysis Virus), KBV (Kashmir Bee Virus).

Pour la plupart, les méthodes diagnostiques utilisées étaient celles recommandées dans le manuel terrestre de l'OIE.

Voici les principaux résultats : (tab. 8)

- la Réunion est l'un des rares territoires encore exempt de *Varroa destructor*.
- la dominante pathologique à la Réunion est la nosérose à *Nosema ceranae* avec la totalité des échantillons testés positifs. *Nosema apis* n'a été mis en évidence que dans un seul échantillon.
- pour les virus :
 - sur les abeilles d'intérieur (jeunes abeilles), large présence de BQCV (90% des ruchers). Les analyses concernant le CBPV sont toujours en cours. Les autres virus n'ont pas été retrouvés (aucun échantillon testé positif).
 - sur les butineuses, exceptés le KBV, le DWV, l'ABPV et l'IAPV, tous les autres virus ont été détectés, à des niveaux d'infection différents. Les prévalences « rucher » les plus élevées sont pour le BQCV (85%) et le CBPV (59%), le SBV ayant une prévalence « rucher » inférieure à 10%.
- présence de loque européenne (*M. plutonius*), bien connue des apiculteurs réunionnais, avec 37,7% des ruchers porteurs de la bactérie.
- pas de loque américaine mise en évidence par les techniques officielles.
- présence d'*Acarapis woodi* dans une seule colonie, et plus grande présence d'*Acarapis sp.* (26%), probablement *Acarapis dorsalis*, peu pathogène. C'est un parasite externe, que l'on retrouve sur la partie dorsale de l'abeille. On remarque que l'acariose des trachées, qui a sévit par le passé, n'est quasiment plus un problème.
- enfin une absence de *Tropilaelaps sp.*

	<i>Acarapis sp</i>	<i>Acarapis woodi</i>	<i>Nosema ceranae</i>	<i>Nosema apis</i>	<i>M. plutonius</i>
Rucher(s) positif(s)	16	1	61	1	23
Prévalence rucher	26,23%	1,64%	100%	1,64%	37,70%
Colonie(s) positive(s)	18	1	112	1	26
Prévalence colonie	15,65%	0,87%	100%	0,89%	22,81%

<u>Abeilles d'intérieur</u>	BQCV
Ruchers positifs	55
Prévalence rucher	90%
Colonies positives	103
Prévalence colonie	90%

<u>Butineuses</u>	Virus à fortes prévalences		Virus à faible prévalence (<10%)
	BQCV	CBPV	SBV
Rucher(s) positif(s)	52	36	6
Prévalence rucher	85%	59%	10%
Colonie(s) positive(s)	102	57	6
Prévalence colonie	91%	51%	5%

Tableau 8 : Principaux résultats du bilan sanitaire de la filière apicole réunionnaise réalisé en 2012 (*Esnault, 2013*).

Remarque : Pour des raisons de lisibilité, seuls les agents pathogènes détectés à la Réunion y figurent.

Le contexte sanitaire de la filière apicole réunionnaise est donc très favorable au développement de l'apiculture. Par ailleurs, il faut remarquer qu'au cours de cette étude, toutes les maladies n'ont pas été recherchées, pour des raisons de temps et de contraintes budgétaires. Aussi, le nombre de colonies échantillonnées est faible : 115/13000 soit 0,88%, c'est à dire moins de 1% de toutes les colonies déclarées au GDS. Néanmoins, c'est un travail très intéressant qui permet d'avoir une première idée du contexte sanitaire de la filière apicole réunionnaise.

6.2. Réglementation : les dangers sanitaires de première et de deuxième catégorie

L'arrêté du 29 juillet 2013 relatif à la définition des dangers sanitaires de première et deuxième catégorie pour les espèces animales donne une définition de ces dangers sanitaires, notamment pour l'abeille domestique *Apis mellifera*.

Selon l'article L201-12 du code rural et de la pêche maritime, ce sont « les dangers qui sont de nature à porter atteinte à la santé des animaux et des végétaux ou à la sécurité sanitaire des

aliments et les maladies d'origine animale ou végétale qui sont transmissibles à l'homme » (*site Legifrance*).

Les dangers sanitaires de première catégorie concernent des pathologies graves, qui nécessitent une réglementation stricte avec des mesures de prévention, de surveillance et de lutte obligatoires : déclaration au préfet et application de mesures de police sanitaire. En fait, elles correspondent aux anciennes MRC (Maladies Réputées Contagieuses). Dans le domaine apicole, elles sont au nombre de quatre : la loque américaine à *Paenibacillus larvae*, la nosérose à *Nosema apis*, les infestations à *Aethina tumida* et les infestations à *Tropilaelaps clareae*. Il est intéressant de remarquer que *Nosema ceranae* n'est pas dans la liste.

Les dangers sanitaires de deuxième catégorie (anciennes MDO, Maladies à Déclaration Obligatoires) sont la varroose à *Varroa destructor* et le frelon asiatique à *Vespa velutina*. Ils engendrent la déclaration obligatoire au préfet sans l'application de mesures de police sanitaire.

Cette législation est importante à connaître car cela impose des mesures strictes, notamment dans le cadre des échanges commerciaux.

6.3. Les principaux pathogènes détectés sur le territoire

Voici les principales maladies ou pathogènes apicoles mises en évidence sur le territoire réunionnais.

6.3.1. La loque européenne

La loque européenne est une maladie du couvain « ouvert » (non operculé), causée par une bactérie Gram positif, *Melissococcus plutonius*. Elle est souvent associée à d'autres agents pathogènes comme *Paenibacillus alvei*, *Enterococcus faecalis* ou encore *Lactobacillus eurydice* (OIE, 2008a). Le rôle de ces agents secondaires est encore mal compris. La majeure partie des colonies infectées a peu de signes cliniques évidents.

La loque européenne est cosmopolite et présente dans la majorité du monde (fig. 25). L'Afrique centrale et la Nouvelle-Zélande sont encore épargnées (Rey, 2012).

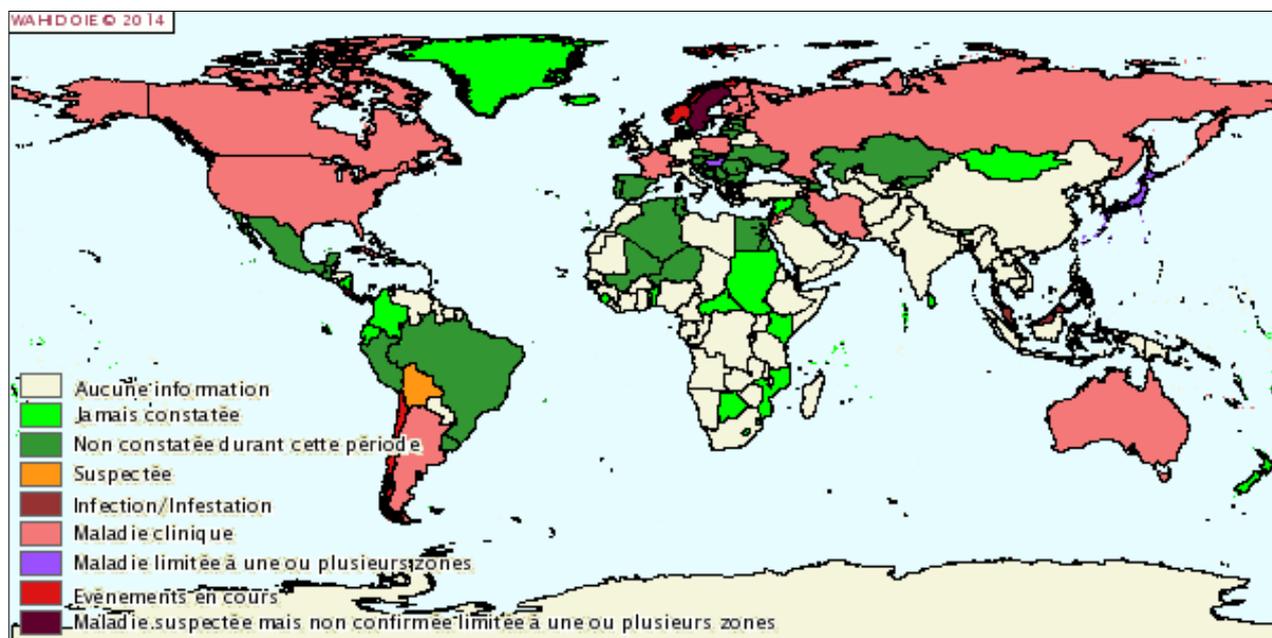


Figure 25 : Distribution géographique de la loque européenne sur la période de juillet à décembre 2013 (WAHID-OIE)

Une centaine de bactéries est suffisante pour déclencher une infection. La mortalité des larves est fortement corrélée avec la dose de *M. plutonius* (McKee et al., 2004).

Le déclenchement de la maladie semble être lié à des facteurs de stress comme le manque d'eau ou de nourriture (Forsgren, 2009) : le manque de pollen entraîne des carences protéiques chez les abeilles. La génétique ou le climat semblent également jouer un rôle (pas de récolte de pollen par temps humide par exemple) (GDSA 27a). Ainsi, en milieu tempéré, c'est essentiellement au printemps que la maladie se déclare, alors que le couvain atteint sa taille critique. A la Réunion, la loque européenne est présente. Elle se déclare principalement à la sortie de l'hiver (septembre-octobre), après la miellée de letchis qui est peu pollinifère.

Ce sont les adultes qui sont porteurs de la bactérie, sans pour autant être malades.

Au sein de la ruche, les larves se contaminent en ingérant les germes. Une fois ingérées, les bactéries se multiplient dans l'intestin moyen et spolient une partie de la nourriture. L'appétit de la larve augmente alors pour compenser. La plupart des larves malades sont détectées par les nourrices et éliminées, engendrant ainsi un couvain lacunaire, dit en « mosaïque » (cellules vides et pleines réparties aléatoirement sur le cadre) (OIE, 2008a). Une partie des larves non détectées va mourir : elles deviennent flasques et changent de couleur (du jaune clair au brun) pour enfin se dessécher et devenir des écailles brun foncées. L'amas loqueux ainsi formé, non adhérent aux parois des alvéoles, pourra être facilement évacué par les nettoyeuses. Les quelques larves qui ont survécu atteindront, quant à elles, le stade adulte. Elles élimineront dans leur fèces un nombre important de bactéries.

La bactérie peut survivre un an dans les cadavres de larves sous forme d'écailles desséchées, mais seulement 20 heures exposée au soleil, et 25 heures dans un cadavre putréfié (Rey, 2012).

Un couvain infecté peut se repérer par son odeur nauséabonde (non systématique), parfois de moisi (dû à *Paenibacillus alvei*), parfois acide.

La transmission du germe entre ruches peut se faire par pillage de colonies infectées par des colonies saines (miel contaminé par *M. plutonius*), par dérive des abeilles entre ruches voisines ou par les manipulations apicoles.

Il existe un test de diagnostic rapide : le kit de détection EFB (European Foulbrood), fabriqué

par le laboratoire Vita-Swarm, basé sur la méthode Elisa qui permet de visualiser une réaction antigène-anticorps. Il peut se faire directement sur le terrain, en prélevant des larves malades (*Site Vita-Swarm*). L'agent pathogène peut également être mis en évidence au laboratoire en l'isolant et en l'identifiant par des techniques de microscopie optique, de culture ou de PCR.

Bien que cette maladie soit qualifiée de « loque bénigne », contrairement à la loque américaine (« loque maligne »), elle peut aussi être très dangereuse et causer de lourdes pertes comme ce fut le cas par exemple en Suisse dans les années 2000. En fait, la Suisse est un des pays où il y a une densité de colonies la plus élevée au Monde. Cela pourrait expliquer la situation où la loque européenne a été un problème majeur. C'est donc une maladie à ne pas négliger et à surveiller de près.

Les apiculteurs réunionnais ont trouvé une astuce pour pallier au risque de loque européenne consécutive à l'affaiblissement de leur colonies après la miellée de letchis (très pauvre en pollen pour rappel) : ils transhument dans les Hauts dans les forêts de bois de couleur, souvent très riches en pollen. Une fois la carence protéique comblée, les symptômes disparaissent. Cependant, les récurrences sont fréquentes les années suivantes et en cas d'atteinte grave, la loque européenne peut entraîner la mort de la colonie. En dernier recours et en cas de forte infestation, un traitement antibiotique à base de tétracycline peut être prescrit par le vétérinaire, hors AMM, en application de l'article L.5143-4 du code de la santé publique (dit de la cascade). L'élimination du miel de la ruche sera alors obligatoire.

6.3.2. La nosérose à *Nosema apis* et *Nosema ceranae*

La nosérose est une pathologie présente dans le monde entier. Au départ, on pensait qu'elle était due à *Nosema apis*, qui a été découverte par Zander en 1907. Mais récemment, Fries a découvert une nouvelle espèce de *Nosema* sur *Apis cerana* en Asie en 2006, appelée ainsi *Nosema ceranae*. Ce sont des microsporidies appartenant au genre *Nosema*, c'est à dire des eucaryotes unicellulaires du règne des champignons, parasites intracellulaires stricts. Elles sont si proches morphologiquement qu'elles ont pu être confondues par le passé. Effectivement, de nouvelles analyses ont été menées et ont montré que *N. ceranae* est aussi présente chez *Apis mellifera*. Cette mise en évidence a été faite par des chercheurs espagnols (*Higes et al.*, 2006). Puis, des analyses d'échantillons d'abeilles a posteriori ont montré la présence antérieure de *N. ceranae* chez *Apis mellifera* partout dans le monde. Par exemple, *N. ceranae* a été retrouvé sur les abeilles de l'île d'Ouessant (île française du Finistère), qui est en isolement strict depuis 1976.

Pour rappel, à la Réunion, c'est une dominante pathologique (*Esnault*, 2013) puisque tous les ruchers sont porteurs de *N. ceranae*. Par contre, seul un échantillon était positif à *N. apis*. La nosérose aurait causé d'importants dégâts par le passé dans les colonies d'abeilles réunionnaises (*Douhet*, 1982).

La nosérose est une maladie des trois castes d'abeilles adultes qui affecte le système digestif. Toutefois, l'infection par *Nosema* est la plupart du temps asymptomatique et son rôle pathogène direct est discuté. Ce ne serait qu'au gré de facteurs favorisants qu'elle entraînerait des symptômes. C'est pourquoi certains chercheurs pensent que c'est une maladie opportuniste (*Colin et al.*, 2008). De plus, certains travaux montreraient une plus grande virulence de *N. ceranae* par rapport à *N. apis* (*Paxton et al.*, 2007), mais cela est encore controversé. Ainsi, les espagnols ont montré que toutes les abeilles infestées expérimentalement par un inoculum de 125 000 spores de *N. ceranae* sont mortes en seulement 8 jours (*Higes et al.*, 2006), alors que les abeilles infestées par un même nombre de spores de *N. apis* survivent plus longtemps : de 18 à 54 jours (*Higes et al.*, 2007). Pour Colin, ces expériences ne sont pas valables car elles ne sont pas confirmées en milieu naturel (*Colin et al.*, 2008). D'après Higes, *Nosema* serait même à l'origine du CCD dans le Sud de l'Europe

(Higes *et al.*, 2008). Mais pour Colin, *Nosema* serait opportuniste et potentialisé par des co-infestations (maladies, parasites) ou des facteurs d'affaiblissement comme une exposition aux insecticides (Alaux *et al.*, 2009 ; Vidau *et al.*, 2011), ou encore de mauvaises conditions climatiques (le confinement favorise la transmission de maladies).

Les *Nosema* existent sous deux formes :

- une forme de résistance et de dissémination : la spore
- une forme végétative de multiplication

N. apis et *N. ceranae* auraient le même cycle de développement (fig. 26). Lorsqu'une spore est ingérée par une abeille, elle germe dans son ventricule. Elle va alors parasiter une cellule épithéliale intestinale grâce à son filament polaire, via lequel le contenu de la spore, le sporoplasme, est inoculé. Là, la première phase, appelée la mérogonie, commence : c'est une phase de multiplication du parasite au cours de laquelle se forment des mérontes dicaryotiques. Puis, une seconde phase de formation de spores se met en place, c'est la sporogonie. Deux types de spores sont alors produits : les spores primaires à paroi mince et les spores de résistance à paroi épaisse. Les spores primaires vont germer dans la cellule infestée et vont ainsi permettre l'infection des cellules voisines. La cellule infestée va finir par mourir et libérer les spores de résistance dans la lumière intestinale, qui vont pouvoir être éliminées dans les fécès.

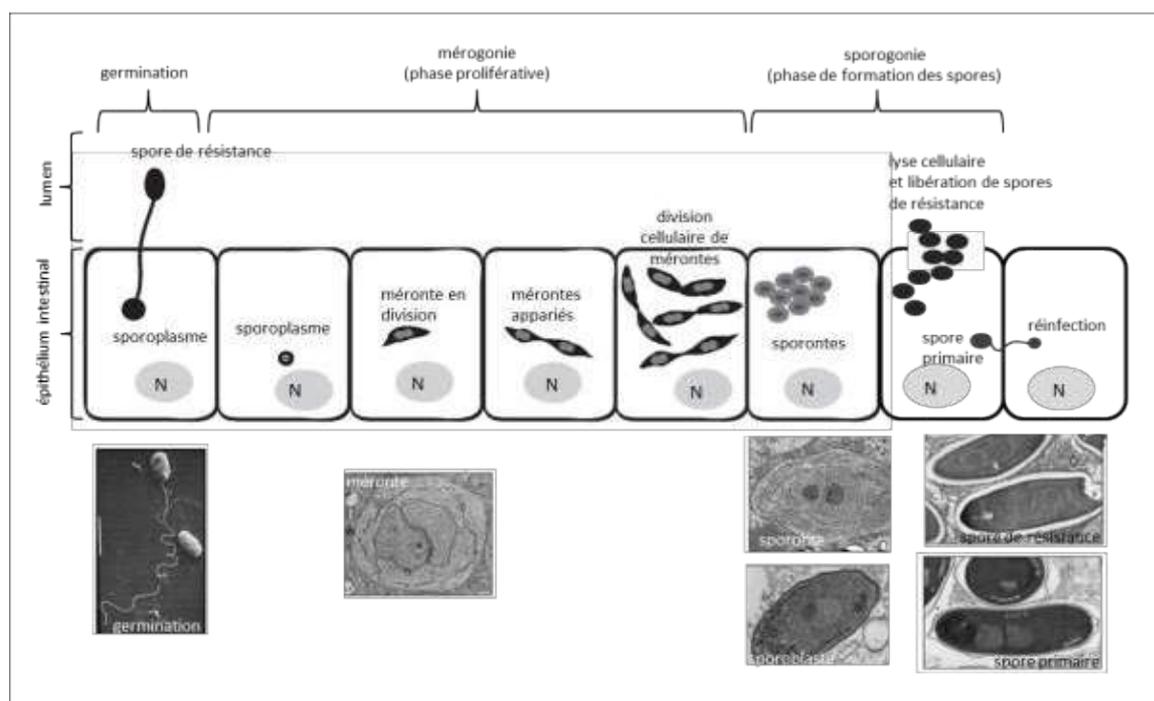


Figure 26 : Cycle de développement des *Nosema* (Dussaubat Arriagada, 2012)

Remarque : *N. ceranae* a la même capacité que *N. apis* à infecter les cellules voisines épithéliales via des spores primaires sur *Apis mellifera*, ce qui n'est pas observé chez *Apis cerana*.

La contamination des abeilles se fait par l'ingestion de spores (il faut environ 20 à 90 spores). Ce sont les fécès qui disséminent les spores. Ainsi les abeilles peuvent se contaminer en butinant des fleurs souillées par des déjections, ou en nettoyant des cadres contaminés par exemple, d'autant plus que les spores peuvent résister « plus de 1 an dans les fécès, jusqu'à 4 mois immergées dans le miel et pendant 4 à 5 ans dans les cadavres d'abeilles infectées » (OIE, 2008b).

Contrairement à *N. ceranae*, la symptomatologie engendrée par *N. apis* est bien connue. Il suffit de comprendre la pathogénie de Nosema pour comprendre, du moins en partie, le tableau clinique engendré. La destruction des cellules intestinales est à l'origine d'un syndrome de malassimilation-malabsorption, mais aussi de pertes digestives entraînant des carences protéiques et énergétiques (GDSA 27d). L'hémolymphe est alors moins riche en acides aminés. De même, la gelée royale est de moindre qualité. L'inflammation du tube digestif peut entraîner une diarrhée voire une constipation, avec un abdomen distendu. Attention toutefois, la nosérose seule ne peut être responsable de dysenterie.

La nosérose aurait également une action néfaste sur les ovaires de la reine et entraînerait une diminution de la ponte. Plus généralement, la nosérose entraîne un raccourcissement de la durée de vie, un affaiblissement des abeilles et une mortalité à proximité de la ruche.

Le diagnostic de certitude passe obligatoirement par l'identification de l'agent :

- des spores de Nosema, de forme ovale, peuvent être visualisées au microscope optique. Les spores de *N. apis* mesurent 5-7 µm de long sur 3-4 µm de large. Celles de *N. cerana* sont légèrement plus petites mais il est très difficile de les différencier sur ce critère. Le taux d'infection peut être quantifié en comptant le nombre de spores visualisés au microscope, à l'aide d'une grille (OIE, 2008b)
- la microscopie électronique permettrait d'identifier l'une ou l'autre des deux espèces en comptant le nombre de tours de spires de leur filament polaire puisque celui de *N. ceranae* est plus faible (20 à 23 tours contre plus de 30 pour *N. apis*). Mais le plus sûr est de faire des analyses PCR.

Remarque : une autopsie d'abeille malade (adulte) peut être réalisée : l'observation au microscope de son ventricule peut montrer des lésions avec un ventricule anormalement blanc et fragile (normalement de couleur brune). Mais ce n'est pas pathognomonique d'une nosérose, d'autres facteurs, comme une mauvaise alimentation, peuvent être à l'origine de ce tableau nécropsique.

Il n'existe plus de traitement disponible pour lutter contre la nosérose. L'utilisation d'antibiotique, et plus particulièrement de la fumagilline, était efficace mais n'est plus autorisée depuis janvier 2002 (retrait de l'AMM).

Le meilleur moyen de se prémunir de la nosérose est de maintenir des colonies fortes, et de diminuer au maximum le nombre de spores dans son rucher. Pour cela, les spores peuvent être détruites soit par :

- la chaleur : 15 minutes à 60 degrés,
- ou à l'aide de vapeurs d'acide acétique à 60 % minimum (OIE, 2008b).

6.3.3. L'acariose des trachées

L'acariose des trachées, comme son nom l'indique, est une maladie parasitaire qui touche le système respiratoire de l'abeille domestique *Apis mellifera* et de l'abeille asiatique *Apis cerana*. Elle concerne les trois castes d'adultes, et est due à un acarien *Acarapis woodi* Rennie (1921) (photo. 13).



Photographie 13 : Photo (LT-SEM micrograph) de l'intérieur d'une trachée renfermant un acarien femelle *Acarapis woodi*, des œufs et des débris (Sammataro et al., photographie par E. Erbe and R. Ochoa)

Elle est présente sur tous les continents, sauf en Océanie (fig. 27) (Rey, 2012). Apparue dans les années 80 aux Etats-Unis (en 1984), elle a fait de graves dégâts en causant des pertes de colonies entières (site CABIa). Aujourd'hui, la situation s'est stabilisée et l'acariose n'est plus un facteur majeur impliqué dans les pertes de colonies, que ce soit aux Etats-Unis, en France métropolitaine ou à la Réunion.

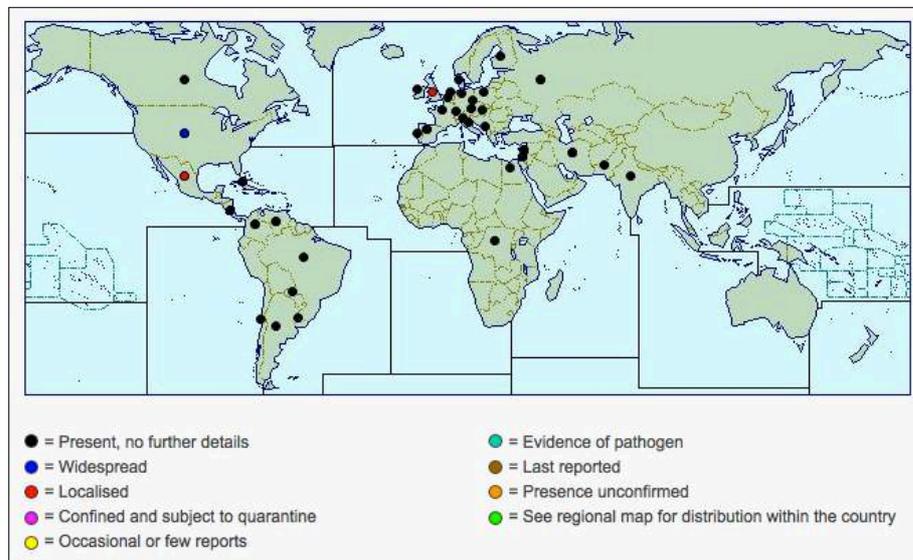


Figure 27 : Carte de répartition mondiale de *Acarapis woodi* (site CABIa)

Pour rappel, ce parasite a été en partie responsable des pertes importantes de colonies réunionnaises par le passé (diagnostiquée par les Services Vétérinaires en 1959) (Megret, 1986). Il est arrivé sur l'île avec l'importation des reines italiennes (Douhet, 1982). Une lutte intensive a été menée dans les années 80 (Lacombed, 1996) avec l'introduction dans les ruches atteintes de papiers fumigènes imprégnés d'un produit acaricide (le chlorobenzilate : Folbex®), une fois par semaine pendant 2 mois (Douhet, 1982). Aujourd'hui, ce parasite est encore présent sur le territoire réunionnais mais de manière sporadique (une colonie positive sur 114 échantillonnées en 2012), et ne cause plus de dégâts majeurs dans les colonies réunionnaises (Esnault, 2013).

L'acarien *Acarapis woodi*, de la famille des Tarsonémidés, se nourrit de l'hémolymphe en perforant la paroi des trachées. Il présente un dimorphisme sexuel, la femelle étant plus grande : elle mesure entre 120 et 190 µm de long, contre 125 à 136 µm de long pour le mâle (Sammataro *et al.*, 2000). La femelle fécondée se fixe sur les poils des jeunes abeilles (préférentiellement de moins de trois jours) et pénètre dans la première paire de trachée au niveau de leurs stigmates (*site apivet de Vidal-Naquet*). Une fois à l'intérieur, elle pond 8 à 20 œufs (OIE, 2005a). Ceux-ci se développeront en nymphe puis en larve, et donneront au bout de 11 à 12 jours et de 14 à 15 jours respectivement des mâles et des femelles (OIE, 2005a). Les femelles sortent alors de la trachée pour aller parasiter d'autres abeilles. Mais cela doit se faire rapidement car la durée de vie de cet acarien dans le milieu extérieur n'est que de quelques heures. Et lorsqu'une abeille infestée meurt, les acariens survivent jusqu'à 3 jours dans les cadavres d'abeilles (*site apivet de Vidal-Naquet ; Rey, 2012*).

Chez les abeilles en été ou en milieu tropical comme à la Réunion, ayant une durée de vie plus courte qu'en milieu tempéré (en moyenne 6 semaines), moins de cycles seront possibles et ainsi les infestations seront moindres.

La transmission du parasite se fait de manière directe, lors de contact.

L'action pathogène d'*Acarapis woodi* augmente avec le nombre de parasites. Aujourd'hui, une forme latente est généralement retrouvée en Europe. Mais lors de forte infestation, généralement après l'hiver où les abeilles ont été confinées (facilitant la propagation du parasite), les abeilles peuvent développer des symptômes, peu spécifiques. En effet, ces parasites, par leur présence dans leur trachée, obstruent les voies aériennes de l'abeille et peuvent causer leur asphyxie. Ils exercent également une action spoliatrice puisqu'ils se nourrissent de l'hémolymphe. Enfin, ce sont des vecteurs qui peuvent transmettre essentiellement des virus, comme l'ABPV, voire des bactéries (*site apivet de Vidal-Naquet*). Les abeilles fortement parasitées peuvent présenter des troubles du vol, avec des ailes dissymétriques (lésions des articulations des ailes en piquant à la base des ailes). Elles sont rampantes ou paralysées, et peuvent même avoir de la diarrhée.

Un diagnostic de laboratoire est nécessaire pour confirmer avec certitude une acariose des trachées, les adultes n'étant trouvés que de manière occasionnelle sur la surface externe de l'abeille. En France, il n'y a pas de traitement avec AMM.

6.3.4. Les virus

Grâce au développement des techniques de biologie moléculaire, 24 virus ont été mis en évidence chez les abeilles, mais il n'y en aurait qu'entre 16 et 18 différents, les autres étant trop proches et appartenant probablement à la même espèce (*site Coloss*). Ils sont fréquents au sein des colonies d'abeilles. Un virus est un parasite intracellulaire obligatoire qui détourne la machinerie moléculaire de son hôte pour pouvoir se multiplier. Tous les virus des abeilles sont des virus à ARN monocaténaire positif, excepté le virus filamenteux et le virus des invertébrés iridescent. Ce sont des Picorna-like virus, qui se répartissent principalement en deux genres : les Iflavirus et les Cripavirus.

Bien que les infections des colonies par un ou plusieurs virus soit commune, elles sont, la plupart du temps, à un bas niveau d'infection, et asymptomatiques (Ribière *et al.*, 2009). Cependant, lorsque ces derniers se multiplient à la faveur de certaines conditions, ils peuvent entraîner de gros dégâts dans les colonies.

A la Réunion, les analyses de 2012, recherchant sept virus : BQCV, CBPV, DWV, SBV, ABPV, IAPV, et le KBV, ont permis de montrer la présence de trois d'entre eux, sauf le KBV, le DWV, l'ABPV et l'IAPV pour lesquels il n'y a pas eu d'échantillons positifs. Les

deux virus prédominants étant le BQCV et le CBPV (Esnault, 2013). Toutefois, les autres virus, comme par exemple le SPV (Slow Paralysis Virus) ou virus de la paralysie lente ou encore le virus Y de l'abeille BVY (Bee Virus Y) n'ont pas été recherchés et on ne peut rien affirmer quant à leur présence ou leur absence sur l'île.

6.3.4.1. Le virus de la cellule royale noire (BQCV)

Le BQCV, découvert en 1977, est un virus de la famille des *Dicistroviridae* et du genre *Cripavirus*. Il est étroitement associé avec *Nosema apis*, mais on ignore encore le fonctionnement de cette association (Ribièrè et al., 2008). Il est présent chez les adultes mais n'entraîne des symptômes uniquement chez le couvain (*site coloss*). Le tableau clinique est comparable à celui engendré par le SBV (Sac Brood Virus) ou maladie dite du « couvain sacciforme ». Ce sont essentiellement les larves de reines qui sont concernées : elles commencent par devenir jaunes, prennent la forme d'un sac et leurs cellules noircissent, ce qui est caractéristique de l'infection (Dainat et al., 2008). Elles meurent alors assez rapidement. Cette pathologie prédomine au cours de l'été, mais est néanmoins peu grave pour la colonie en général (Mackowiak, 2009).

6.3.4.2. Le virus de la paralysie chronique (CBPV)

Le CBPV est l'un des premiers virus à avoir été mis en évidence en 1963. C'est un virus à ARN, mesurant entre 30 et 65 nm de long sur 20 nm de large (fig. 28) (Bayley et al., 1968). Il se différencie des autres « apivirus » par sa structure : il est constitué de particules anisométriques, essentiellement de formes ellipsoïdes et de tailles assez variables. Ainsi, il n'appartient à aucune famille ou genre, bien qu'il partage des caractéristiques communes avec les virus de la famille des *Nodaviridae* (virus d'insectes et de poissons) et avec ceux de la famille des *Trombusviridae* (virus de plante). C'est le prototype d'un nouveau groupe de virus (Ribièrè et al., 2009). Il est parfois associé à un virus satellite dont la symptomatologie est inconnue (*site coloss*).

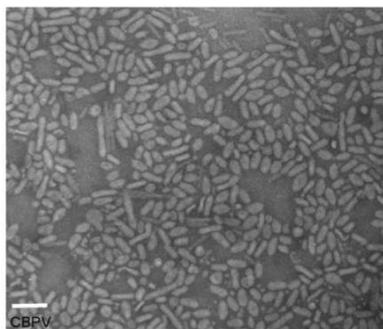


Figure 28 : Micrographie électronique du CBPV. Echelle : trait blanc=100nm. (Ribièrè et al., 2008. © B. Ball Rothamsted Research)

C'est l'un des rares virus des abeilles dont la symptomatologie est clairement définie. Il est présent sur tous les continents, de manière sporadique, quasiment partout où il y a des abeilles mellifères. De nombreuses ruches sont porteuses saines mais il peut entraîner des mortalités soudaines, surtout en période de grande activité. Il serait même impliqué dans les pertes de colonies (Dainat et al., 2008).

Le CBPV atteint les abeilles adultes, essentiellement les butineuses. La symptomatologie a longtemps été scindée en deux formes, mais aujourd'hui on peut la décrire en un syndrome général, rassemblant les deux maladies décrites ci-dessous (*site apivet de Vidal-Naquet*) :

- Le type 1 ou syndrome de paralysie : c'est la forme la plus grave, elle touche une

grande proportion des butineuses de la colonie et entraîne la mort des individus en quelques jours. Les abeilles sont tremblantes voire paralysées, incapables de voler. Elles peuvent s'agglomérer en milliers d'individus au sein de la ruche. Certaines ont un abdomen ballonné à l'origine d'une dysenterie. A terme, il y a une perte d'organisation de la colonie.

- Le type 2 encore appelé la « maladie noire », en raison de la couleur noire des abeilles malades (photo. 14), associée à une dépilation. Cette forme ne touche que quelques abeilles de la ruche et est considérée comme bénigne. Les abeilles atteintes sont souvent prises pour des intrus par leurs congénères et sont chassées de la ruche. Elles ont une baisse d'activité, des tremblements et ne peuvent plus voler. Cette forme a une incidence saisonnière, principalement au printemps et en été.



Photographie 14 : Abeille de droite présentant un tableau clinique de type 2 de CBPV (Vidal-Naquet, site apivet)

Du fait de la ressemblance des symptômes avec d'autres maladies comme la paralysie et l'acariose à *Acarapis woodi*, une intoxication chimique aux pesticides ou encore l'ABPV, un diagnostic de laboratoire est indispensable pour confirmer l'étiologie.

Plusieurs études de laboratoire ont montré que le CBPV pouvait se transmettre au sein de la colonie de plusieurs manières : par inoculation, par contact et per os (Ribièrre *et al.*, 2009). La transmission virale par contact semble plus efficace que par ingestion puisque plus de particules virales sont nécessaires pour déclencher une infection par voie orale que par application topique. La prédominance de la maladie dans les ruches peuplées peut alors s'expliquer par les contacts répétés entre individus à l'origine de l'abrasion de leur cuticule, facilitant ainsi l'entrée du pathogène directement vers l'hémolymphe. Une étude plus récente a montré que la transmission verticale (transovarienne) est également possible (Chen *et al.*, 2006). Ils ont même détecté du génome viral par analyse PCR dans du pollen comme dans les fécès. Cela montre que les possibilités de transmission du virus sont nombreuses.

La maladie due au CBPV se déclare au gré de conditions favorisantes comme des carences protéiques, des mauvaises conditions climatiques à l'origine d'un confinement des abeilles. Il semblerait que la maladie soit plus fréquente lorsque les abeilles font du miel de miellat. C'est pour cela que cette maladie a aussi été appelée « mal des forêts ». L'étude de Celle *et al.*, (2008) a mis en évidence pour la première fois la présence du virus chez des hôtes autres que l'abeille domestique : la fourmi rousse *Camponotus vagus* et *Formica rufa*, avec des charges virales comparables à celles retrouvées chez les abeilles atteintes. La réplication virale a même été démontrée chez *C. vagus*. Les fourmis serviraient de réservoirs à CBPV. Toutefois, il ne faut pas tirer de conclusions trop hâtives car la transmission virale entre ces deux insectes n'a pas été prouvée. Des études complémentaires sont nécessaires pour comprendre le rôle de la fourmi dans la transmission du CBPV.

6.3.5. La fausse teigne

La fausse teigne n'est pas véritablement une maladie. C'est un ravageur des abeilles qui fait plus de dégâts en milieu tropical, car son développement n'est pas arrêté par le froid comme en milieu tempéré. Il existe deux espèces de fausse teigne (photo. 15 et 16) : la grande fausse teigne *Galleria mellonella*, qui peut mesurer jusqu'à 3 cm de long et la petite fausse teigne *Achroia grisella* (environ 1 cm de long), qui serait plus présent en milieu tempéré (Bradbear, 2010). D'après Martiré et Rochat, la petite fausse teigne n'a jamais été recensée à la Réunion (Martiré et Rochat, 2008).



Photographie 15 (à gauche) : Adulte de *Achroia grisella*

(http://www.sequella.co.uk/uklepidoptera/systematic_list/Pyralidae/1426.html)

Photographie 16 (à droite) : Adulte de *Galleria mellonella* (wikipédia)

C'est un papillon de l'ordre des Lépidoptères qui pond ses œufs dans les infractuosités de la ruche. L'amas d'œufs (jusqu'à 150 œufs par grappe) est difficilement visible à l'œil nu (GDSA 27b). Ils éclosent au bout de 8 à 10 jours environ (Douhet, 1982), en fonction de la température de la ruche. Les larves se nourrissent essentiellement de cire, et dans une moindre mesure de pollen, de miel ou encore de couvain. Pour cela, elles creusent des galeries dans la cire, et tissent un réseau de soies pour les protéger des ouvrières (photo. 17). Cela gêne le développement du couvain, que ce soit au niveau de son alimentation par les nourrices ou plus tard au moment de l'éclosion. Le développement de ce papillon est ralenti à basses températures et stoppé en dessous de 10 degrés, sa température idéale de développement étant de 29 à 35°C (GDSA 27b).



Photographie 17 : Dégâts sur un rayon infesté par la fausse teigne (GDSA 27b)

La fausse teigne n'entraîne la perte de la colonie que sur une colonie faible. En effet, les colonies fortes sont capables de se débarrasser des larves. Le meilleur moyen de prévenir une attaque par la fausse teigne est donc de maintenir une colonie forte. Les cadres sont vulnérables aussi bien dans une ruche trop grande que lorsqu'ils sont stockés, par exemple en attente de la prochaine miellée. L'apiculteur doit donc veiller à adapter la taille d'une ruche

afin que tous les cadres soient occupés par des abeilles. La fausse teigne n'aime pas ni le vent ni la lumière. Il est donc préférable de stocker les cadres de manière à assurer une circulation d'air. Mais le meilleur moyen pour se débarrasser de la fausse teigne est de congeler les cadres, soit pendant 2 heures à -15°C ou pendant 4,5 heures à -7°C (*GDSA 27b*).

En Afrique du Sud, les cadres de cire sont suspendus dans des hangars à l'air libre et ne sont pas protégés de la lumière. Les teignes ne s'y développent pas.

6.3.6. Le sphinx tête de mort

Le sphinx tête de mort *Acherontia atropos* est un papillon de l'ordre des Lépidoptères et de la famille des Sphingidae. Il se reconnaît aisément au motif figurant sur la face dorsale de son thorax, qui ressemble fortement à une tête de mort (photo. 18). Il mesure environ 115 millimètres (*Martiré et Rochat, 2008*).



Photographie 18 : Le sphinx tête de mort (*Olivier Esnault*)

Cet insecte est une espèce tropicale d'Afrique. Mais il peut aller dans des milieux tempérés d'Europe au cours de grandes migrations (fig. 29). Il est établi aussi dans certaines îles comme aux Açores, à Madère, aux Canaries et largement dans l'Océan Indien comme à la Réunion, à Maurice, aux Seychelles, aux Comores ou encore à Madagascar.

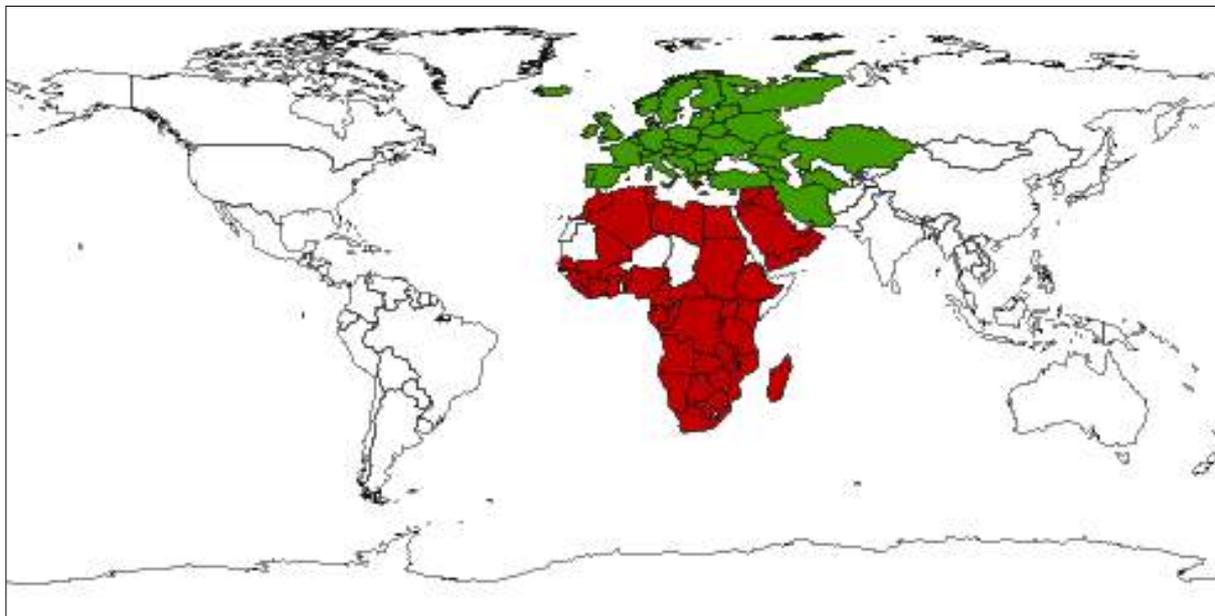


Figure 29 : Distribution mondiale du sphinx tête de mort (<http://www.nhm.ac.uk/nature-online/species-of-the-day/evolution/acherontia-atropos/>)

Remarque : En rouge : distribution originelle, en vert : distribution due à la migration (mais le sphinx tête de mort ne résiste pas une fois l'hiver installé)

Son cycle biologique se déroule en quatre stades (œuf, chenille, pupes et adulte). La chenille se nourrit d'une grande variété de plantes (plus d'une cinquantaine de plantes hôtes), et particulièrement les Oléacées et les Solanacées.

Le sphinx tête de mort est un ennemi des abeilles car l'adulte s'introduit dans les nids pour siphonner du miel. Et pourtant, il semble être toléré dans le nid par les abeilles. Ceci s'explique en partie par le fait que ce papillon est capable d'émettre des odeurs similaires à celles des abeilles, ce qui le rend « invisible ». Toutefois, il ne perturbe pas les colonies fortes.

A la Réunion, il ne fait pas de gros dégâts dans les ruchers. Quoiqu'il en soit, il est facile de lutter contre ce parasite : il suffit de ne pas laisser d'ouverture de sa taille. Les grilles d'entrée en plastique sont d'ailleurs très pratiques pour prévenir son entrée dans la ruche.

6.4. Les autres pathogènes importants dans le Monde, non détectés sur le territoire

L'introduction de maladies exotiques sur l'île pourrait être catastrophique. En effet, l'apparition d'agents pathogènes dans un nouveau système hôte, comme l'abeille réunionnaise, pourrait conduire à une éradication locale de cette espèce d'abeilles (*Deredec et Courchamp, 2003*).

6.4.1. La varroose

La varroose est l'une des plus grandes menaces pour l'apiculture mondiale. Elle est impliquée dans le syndrome d'effondrement des colonies (*Rey, 2012*).

La varroose a été très étudiée et par conséquent, notre but ici n'est pas de détailler la varroose, qui l'est déjà dans de nombreuses revues scientifiques, mais d'en faire un bref résumé puis d'insister par ailleurs sur sa récente apparition dans l'Océan Indien, à Madagascar, en 2010.

6.4.1.1. Généralités

La varroose est une maladie parasitaire des abeilles causée par un acarien *Varroa destructor* (*Varroa jacobsoni* autrefois). C'est un ectoparasite qui se nourrit de l'hémolymphe de l'abeille. Ce parasite peut être observé sur les abeilles adultes (uniquement les varroa femelles) (photo. 19) et sur le couvain. La femelle, de forme ovale, est de couleur brune rougeâtre, et mesure environ 1,2 mm *1,7 mm (*Anderson et Trueman, 2000*).



Photographie 19 : Femelle *Varroa destructor* sur une nymphe d'abeille, extraite de sa cellule (Gilles San Martin, <https://www.flickr.com/photos/sanmartin/5048094767/>)

Varroa destructor est originaire d'Asie. En effet, son hôte naturel est *Apis cerana*, avec qui il est en équilibre. Mais avec l'importation d'*Apis mellifera* en Asie, il s'est transféré sur l'abeille européenne et s'est propagé à travers tout le globe au profit des échanges commerciaux internationaux. Quelques rares territoires en sont encore indemnes, comme l'Australie, quelques pays d'Afrique centrale ou encore la Réunion (fig. 30). Toutefois, il a fait son apparition à Madagascar, située à environ 800 km à l'ouest de la Réunion, en 2010 (notification OIE, 11 février 2011). Cela fait craindre l'arrivée du parasite sur l'île.

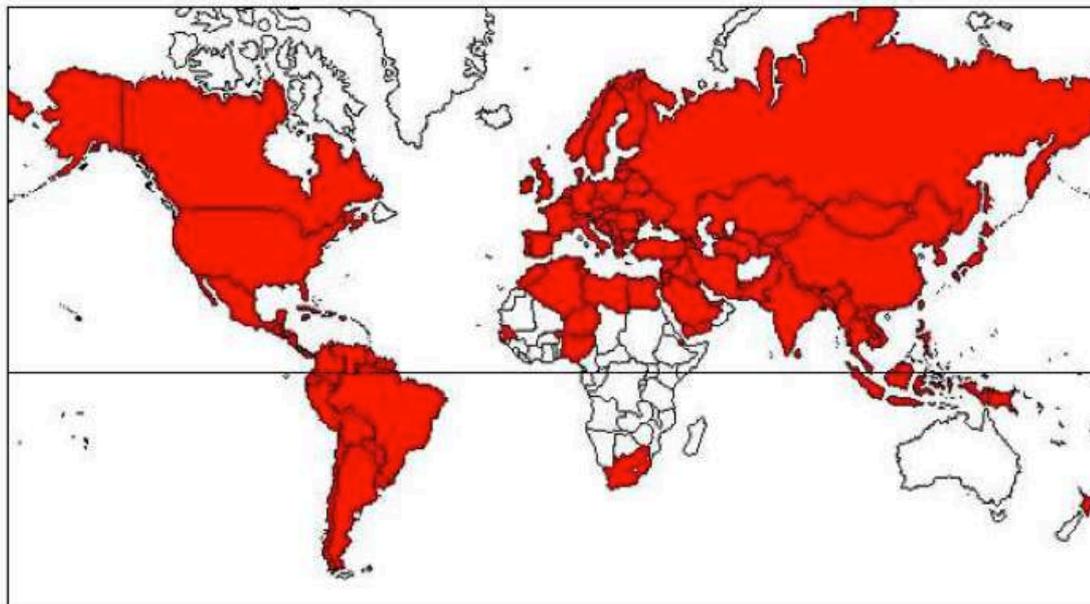


Figure 30 : Distribution géographique de *Varroa destructor* en 2010 (zones colorées en rouge) (*Ellis et Zettel, 2010*)

Varroa destructor se reproduit dans le couvain, avec une préférence pour le couvain de faux-bourçons (*OIE, 2008c*). La femelle pénètre dans une cellule de couvain peu avant son operculation. Elle se met à pondre une soixantaine d'heures après operculation (entre 60-74 heures) (*Mackowiak, 2009*) : elle est appelée femelle fondatrice. Le premier « œuf » est généralement haploïde ($n=7$) et engendrera un mâle alors que les œufs suivants (entre 4 dans

le couvain d'ouvrières et 5 dans le couvain de faux-bourçons) sont diploïdes ($2n=14$) et engendreront des femelles. Le mâle féconde ses sœurs qui deviendront à leurs tours des femelles fondatrices. Ces dernières quitteront la cellule avec la jeune abeille, à l'exception du mâle, qui y mourra. Cette phase phorétique permet au parasite de se propager dans la ruche ou d'infester d'autres colonies, lors de phénomènes de dérive, de pillage ou encore d'essaimage. Son action pathogène résulte de son action spoliatrice mais surtout de son rôle de vecteur. En effet, *Varroa destructor* est le vecteur de nombreux pathogènes de l'abeille, et essentiellement de virus (Dainat et al., 2008). Son rôle de vecteur a été démontré pour les virus suivants : DWV (Bowen-Walker et al., 1999), KBV (Chen et al., 2004), IAPV (Di Prisco et al., 2011). Il serait également vecteur de l'ABPV et du SBV. En se nourrissant, il injecte des particules virales directement dans l'hémolymphe de l'abeille. Les dommages causés aux colonies sont plus le fait d'infections secondaires, et surtout des virus activés et transmis par cet acarien que de *Varroa destructor* lui-même (Ball, 1996).

Les principaux symptômes engendrés par une infestation à *Varroa destructor* sont :

- un affaiblissement des jeunes abeilles
- une diminution de la durée de vie des abeilles
- des malformations : ailes déformées (en lien avec le DWV), raccourcissement de l'abdomen.

Une fois installé sur un territoire, son éradication est impossible. Des moyens de lutte sont nécessaires pour le maintenir à un niveau acceptable. Une lutte chimique peut être effectuée, hors période de miellée pour limiter la présence de résidus dans le miel. Il existe cinq spécialités avec AMM en France : Apistan® (fluvalinate), Apivar® (amitrazé), et trois à base de thymol (Apiguard®, Apilife Var®, Thymovar®) (site de l'ANMV). Toutefois les apiculteurs doivent faire face à des problèmes de résistance à ces acaricides. Une lutte biotechnique peut être envisagée : elle consiste à piéger l'acarien en éliminant le couvain operculé de faux-bourçons, puisque c'est celui qui est le plus infesté préférentiellement.

En milieu tropical, avec la production de couvain toute l'année, on peut s'attendre à ce que l'impact du parasite soit encore plus dévastateur qu'en milieu tempéré (Calderon et al., 2010). *Varroa destructor* est donc un danger majeur pour l'apiculture réunionnaise. Revenons sur les caractéristiques de *Varroa destructor* présent à Madagascar, île la plus proche contaminée, avec laquelle de nombreux échanges commerciaux ont lieu. Il est intéressant de connaître la situation à Madagascar, afin d'une part d'évaluer le risque d'introduction du parasite sur l'île de la Réunion, et d'autre part d'en faire un modèle-analogie sur ce qu'il pourrait se passer si toutefois le varroa venait à apparaître sur l'île de la Réunion.

6.4.1.2. Le cas malgache (Rasolofoarivao et al., 2013)

L'apparition de *Varroa destructor* en Afrique est récente : elle date de 1997 en Afrique du Sud. Aujourd'hui, il est répandu au Nord de l'Afrique (Algérie, Lybie, Egypte... cf fig. 30), et dans plusieurs pays de l'Afrique de l'Est, comme le Kenya et la Tanzanie (ne figurent pas sur la carte).

Suite à l'apparition du parasite à Madagascar en 2010, les autorités malgaches ont réagi assez rapidement et ont pris des mesures afin de limiter l'expansion du parasite, que ce soit au sein de l'île ou sur les îles aux alentours encore indemnes, comme la Réunion. Il est interdit de transporter des colonies, des reines, des paquets d'abeilles ou du matériel apicole entre districts malgaches. Ainsi, aujourd'hui, *Varroa destructor* reste « confiné sur la côte nord-est autour du port principal de l'île (Tamatave) et dans quelques districts des hauts-plateaux autour de la capitale (Antananarivo) » (site CIRADa).

Le varroa représente une menace pour les colonies sauvages malgaches, et de manière indirecte pour les écosystèmes naturels et cultivés. Une lutte traditionnelle à base de thym est menée à Madagascar, même si tous les malgaches n'ont pas les moyens ou la possibilité de s'en procurer.

Une étude globale sur le varroa à Madagascar a été réalisée (Rasolofoarivao *et al.*, 2013). Lorsqu'il est apparu à Madagascar, deux régions différentes, distantes d'environ 400 km, étaient concernées : « la région Analamanga avec trois districts infectés autour de la capitale Antananarivo, et deux districts de la région Analanjirifo sur la côte est, près de Tamatave ». Près de 700 colonies dans 30 districts ont été examinées afin d'évaluer la dissémination du varroa sur l'île depuis son identification. Un an après, cinq nouveaux districts sont infestés, à proximité des premiers (fig. 31). Par ailleurs, aucune colonie sauvage n'est connue comme étant infestée par *Varroa destructor*, sur 40 colonies sauvages examinées sur toute l'île. Le varroa progresse doucement, à environ 40 kilomètres par an sur l'île de Madagascar.

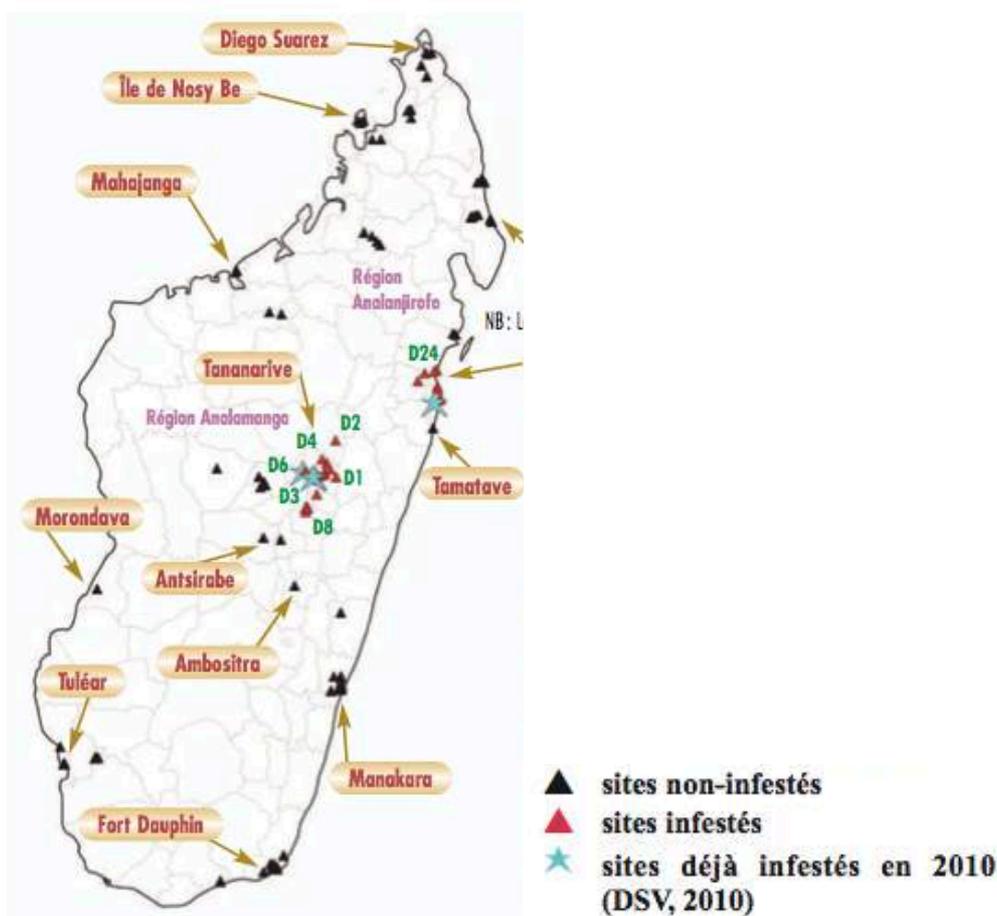


Figure 31 : Distribution de *Varroa destructor* sur l'île de Madagascar en 2011-2012 (Rasolofoarivao *et al.*, 2013)

Une étude génétique (analyse génétique mitochondriale) a montré que l'haplotype de *Varroa destructor* présent à Madagascar était l'haplotype coréen, celui qui est présent majoritairement en Europe et le plus virulent (Anderson *et Trueman*, 2000).

73 colonies, dans 4 sites infestés et un indemne, ont été suivies sur un an, afin d'évaluer l'impact de l'apparition dans les colonies naïves d'abeilles malgaches de *Varroa destructor*. Dans les colonies infestées, des déformations morphologiques (et notamment des ailes) ont été observées. Cela pourrait s'expliquer par l'action du DWV, ce qui n'est qu'une hypothèse qui doit être vérifiée par des analyses de laboratoire. Les pertes des colonies sont estimées à environ 60%, ce qui est moindre que ce qui a été observé en Europe lors de l'arrivée du

varroa (70%). Cette « plus faible mortalité pourrait être liée à la biologie et au comportement d'*Apis mellifera unicolor*. Les sous-espèces africaines *Apis mellifera scutellata* et *Apis mellifera capensis* paraissent tolérer et coexister avec le varroa sans effet dramatique une fois le stade d'infestation passé » (Rasolofoarivao et al., 2013), et ceci sans la nécessité de traitement chimique. Une des hypothèses avancée est que les abeilles africaines seraient plus résistantes au varroa, et ce grâce à leur comportement hygiénique plus développé. Ce comportement hygiénique, appelé VSH (Varroa Sensitive Hygiene) est l'aptitude des ouvrières à détecter le couvain infesté par le varroa et à l'éliminer.

6.4.1.3. Evaluation de la capacité hygiénique des abeilles réunionnaises

Pour devancer l'éventuelle apparition du varroa à la Réunion, le CIRAD a mené des tests hygiéniques pour pouvoir sélectionner par la suite les abeilles réunionnaises les plus tolérantes au varroa, c'est à dire qui ont un comportement hygiénique développé.

Remarque : le comportement hygiénique était au départ défini comme étant un mécanisme de résistance à d'autres maladies : la loque américaine et la maladie du couvain plâtré à *Ascosphaera apis* (Evans et Spivak, 2010).

Pour cela, une partie du couvain operculé est détruite avec de l'azote liquide, afin de simuler une attaque par le varroa. Les ouvrières doivent détecter ces nymphes et les éliminer, comme elles le feraient avec un couvain parasité par le varroa. Ce serait un stimuli olfactif qui permettrait aux abeilles de détecter ces dernières. Les souches les plus hygiéniques retenues doivent éliminer plus de 95% du couvain atteint en moins de 48 heures (Spivak et Downey, 1998). Cependant, l'expression du comportement hygiénique des abeilles varie en fonction des conditions environnementales. C'est pourquoi le test a été répété au bout de 15 jours, dans des conditions différentes (par exemple pendant la miellée de baie rose et hors miellée de baie rose). Ce travail a été mené dans 17 ruchers de 12 apiculteurs différents, avec 158 colonies testées. Les colonies ont été choisies de manière à ce qu'il y ait une forte diversité génétique pour pouvoir maintenir cette variabilité génétique par la suite dans le cadre d'un programme de sélection. En effet, ce caractère a une forte héritabilité et peut ainsi être inclu dans des programmes de sélection (Wendling, 2012).



Photographie 20 : Destruction à l'azote liquide d'une zone de couvain operculé

Les zones traitées par de l'azote liquide (photo. 20) sont lues 48 heures après : les cellules operculées, désoperculées, désoperculées avec nymphe ou larve retirées, sont comptées. 26% des colonies réunionnaises sont des souches hygiéniques (Hélène Delatte, Unpublished data), c'est à dire ont retiré plus de 95% du couvain congelé en moins de 48 heures (photo. 21), et deux fois à 15 jours d'intervalle.



Photographie 21 : Observation d'une zone de couvain détruite à l'azote liquide, à J+2. Ici, la souche est hygiénique.

6.4.1.4. Analyse de risque de l'introduction de *Varroa destructor* à la Réunion (Porciani, 2012) (Esnault, 2013)

Dans le contexte d'inquiétude des apiculteurs réunionnais suite à l'arrivée de *Varroa destructor* à Madagascar, une analyse de risque qualitative de son introduction sur l'île de la Réunion a été réalisée (Porciani, 2012). Pour cela, il faut déterminer le danger, la probabilité de survenue du danger ainsi que ses conséquences.

Le danger est représenté par l'acarien *Varroa destructor*.

La probabilité de survenue du danger a été estimée à quasi-nulle. Le risque d'introduction de ce parasite vient de Madagascar, de la Métropole, de l'Afrique australe et de l'Asie du Sud-Est. Ses voies d'entrée sont les voies aérienne et postale. Les cyclones sont évoqués comme pouvant être à l'origine de l'introduction d'abeilles exotiques sur l'île, mais cette voie semble anecdotique. L'introduction d'abeilles étrangères sur le territoire réunionnais peut être volontaire, bien que ce soit une pratique a priori peu répandue, ou accidentelle, des essaims s'installant dans des avions par exemple. Le problème réside dans le fait que ces abeilles peuvent être parasitées par le varroa et être à l'origine de la contamination de l'île de la Réunion. L'importation de reines étrangères, bien que ce soit une pratique interdite, est une initiative individuelle généralement, mais qui est très dangereuse pour la filière apicole réunionnaise.

Par ailleurs, *Varroa destructor* peut survivre trois jours sur des cadavres d'abeilles et un à deux jours sur du matériel apicole (De Guzman et al., 1993). Des apiculteurs et d'autres auteurs rapporteraient des durées de survie plus longue, en fonction des conditions de température et d'humidité notamment. Ces données augmentent les possibilités d'introduction du parasite sur un territoire étranger.

Le fait que beaucoup d'apiculteurs réunionnais ne se déclarent pas aggrave le risque de dispersion rapide du parasite, si toutefois il venait à être introduit sur l'île, et rend la surveillance encore plus compliquée.

Les conséquences de l'introduction de *Varroa destructor* sur l'île de la Réunion, qui en est aujourd'hui encore indemne, ont été estimées à très élevées. L'introduction de cet acarien serait une menace pour les abeilles réunionnaises, pour la biodiversité mais aussi pour toutes les filières associées : cultures fruitières et maraîchères.

Ainsi, sachant que le risque est un croisement de la probabilité de survenue du danger, qui est quasi-nulle compte-tenu de la biologie de *Varroa destructor* (faible durée de survie en dehors de son hôte), et des conséquences engendrées par ce danger (très élevées), en utilisant la matrice de combinaison de probabilité définie par l'ANSES, le risque de l'introduction de *Varroa destructor* sur l'île de la Réunion est estimé être assez élevé.

6.4.2. La loque américaine

La loque américaine, causée par une bactérie *Paenibacillus larvae* subs. *larvae*, est la plus sévère des maladies du couvain de l'abeille domestique. Elle peut entraîner la mort de la colonie engendrant ainsi des pertes économiques considérables.

Sa distribution géographique est mondiale mais le territoire réunionnais est indemne de loque américaine. Elle peut survenir à n'importe quel moment de l'année.

Paenibacillus larvae est une bactérie Gram positif en forme de bâtonnet d'environ 0,5 µm de large sur 1,5-6 µm de long (OIE, 2005b), capable de sporuler. Ainsi, elle existe sous deux formes : une forme végétative et une forme sporulée. Seules les spores ont un pouvoir pathogène. Elles sont très résistantes, que ce soit à la dessiccation, à la chaleur, au froid ou encore aux agents chimiques. Elles peuvent rester viables pendant plus de 40 ans dans le miel et sur le matériel d'apiculture (site CABIB).

Les larves s'infectent par voie orale. Les spores ingérées proviennent soit de spores déjà présentes dans leur cellule (provenant elles-mêmes d'une ancienne larve infectée), soit de l'alimentation distribuée par leurs nourrices. En effet, ces dernières se contaminent en nettoyant les alvéoles infectées : elles souillent leurs pattes et leur partie buccale avec des spores et vont ainsi les propager au reste de la ruche.

Une fois dans l'intestin moyen, la forme végétative se multiplie, se propage dans les tissus intestinaux et passe dans l'hémolymphe. La larve meurt alors par septicémie, et la forme végétative disparaît après avoir formé de nombreuses spores. Un cadavre peut contenir plus d'un million de spores (OIE, 2005b).

La larve morte présente plusieurs symptômes : elle va progressivement subir des modifications de couleur et de consistance. Au fur et à mesure de l'évolution de la maladie, la larve passe de sa couleur physiologique, blanc nacré, au brun. La surface de son opercule devient concave et plus foncée alors que la larve se ramollit et prend une consistance visqueuse et collante. L'opercule peut même se fendre par la suite.

La consistance de la larve infectée est à l'origine d'un test simple, qui peut aider l'apiculteur au diagnostic : le test dit « de l'allumette » (photo. 22). Lorsqu'on introduit une allumette ou tout autre objet pointu dans une cellule infectée, où la larve semble visqueuse, on retire une masse filante de 1 à 3 cm de long, permettant de renforcer la suspicion de loque américaine. En fin d'évolution, le cadavre de larve finit par se dessécher et aboutit à une écaille noirâtre fortement adhérente à la paroi de l'alvéole.



Photographie 22 : Illustration du test dit de « l'allumette » (Kozak et al., 2012)

Au début de la maladie, il y a peu de signes car les nourrices détectent les larves atteintes. Mais au delà d'un certain stade, les capacités de nettoyage sont dépassées et les symptômes

apparaissent (*GDSA 27c*). Une odeur ammoniacale s'installe à un stade avancé de la maladie. L'évolution de la maladie mène à la mort de la colonie.

La maladie peut potentiellement concerner les 3 castes de larves, mais en réalité, dans la nature, ce sont majoritairement les larves d'ouvrières qui sont infectées. La moindre prévalence observée chez les larves royales peut s'expliquer par le fait que la gelée royale soit très acide, ce qui n'est pas un milieu favorable au développement de la bactérie (pH optimal de croissance 6,6).

Seules les larves de moins de 3 jours peuvent être infectées, la sensibilité des larves diminuant avec l'augmentation de l'âge (*OIE, 2005b (Woodrow 1941)*).

Cette maladie est donc une maladie grave et il faut veiller à ne pas l'introduire à la Réunion, d'autant plus qu'une fois que la maladie est installée dans une région, elle est quasiment impossible à éradiquer (*Matheson et Reid, 1992*). C'est pour cela qu'il est nécessaire que les apiculteurs réunionnais soient informés de cette maladie afin de pouvoir la détecter la plus rapidement possible si un jour elle venait à être introduite sur le territoire.

Il existe un traitement médical à base d'antibiotique (tétracycline), hors AMM, inactif sur les spores donc peu efficace (*note de service DGAL N2005-8123*). Bien que plus radical, le seul traitement laissant espérer une éradication de la maladie est la destruction des colonies infectées. Celui-ci est mis en œuvre dans certains pays comme en Grande-Bretagne par exemple. Sinon, un traitement biologique est envisageable pour obtenir un contrôle efficace de la maladie : grâce à la technique du transvasement qui consiste à incinérer le couvain et à transvaser les abeilles adultes dans une autre ruche, saine.

6.4.3. Le petit coléoptère des ruches

Comme son nom le suggère, le petit coléoptère des ruches, *Aethina tumida* Murray 1867, est un parasite des ruches. Ce charognard peut entraîner à terme une désertion de la ruche et sa destruction.

Originaire des régions sub-sahariennes d'Afrique, c'est une menace grandissante pour les pays encore indemnes. En effet, alors que les abeilles africaines s'en défendent très bien : elles emprisonnent les adultes dans de la propolis et se débarrassent des stades immatures de la ruche en les évacuant, les abeilles européennes sont quant à elles, démunies face à cet insecte. Elles n'ont pas développé de stratégie de lutte et il entraîne alors des dégâts considérables.

Apparu en 1996 aux Etats-Unis, il n'a cessé de se propager, en profitant des échanges commerciaux internationaux. Il est maintenant présent au Canada, au Mexique, en Egypte et même sur le continent australien (*Hauser, 2004*).

Encore absent en Europe jusqu'en septembre 2014 où il a été identifié en Italie (18 septembre 2014, *OIE*) mais considéré comme très dangereux, en France, il a été classé comme danger sanitaire de première catégorie. Il est présent à Madagascar (*Rasolofoarivao et al., 2013*).

Bien qu'encore indemne, la Réunion, qui échange beaucoup avec la grande île, présente un risque d'introduction assez élevé (*Anses 2008*) selon l'analyse de risque qualitative réalisée en 2012 (*Esnault, 2013*). Son introduction pourrait être catastrophique. C'est pourquoi il est important pour les apiculteurs réunionnais de bien inspecter leurs ruches et de savoir identifier ce danger (tableau clinique et identification du parasite).

Son cycle biologique dure de 6 à 8 semaines en moyenne. Les femelles pondent des œufs en amas (jusqu'à 200) dans les fissures ou dans les alvéoles, qui éclosent 2 à 3 jours plus tard (*Hauser, 2004*). Après 1 à 6 jours, ils se transforment en larves, qui se nourrissent, comme les adultes, de couvain, de miel, de cire, et de pollen. Elles creusent des tunnels dans la cire et entraînent la destruction des cellules laissant échapper le miel, qui peut même fermenter au

contact des excréments. Les larves quittent la ruche 8 à 29 jours après pour s'enfouir dans le sol : c'est la nymphose qui dure en moyenne 2 à 3 semaines. A l'émergence, les adultes peuvent voler et parcourir plusieurs kilomètres (jusqu'à 10 km) pour infester de nouvelles ruches (OIE, 2008d).

L'identification visuelle est aisée (*Anses a*) :

- les adultes, de taille trois fois plus petite que les abeilles adultes, mesurent 5 à 7 mm de long et 3 mm de large. Ils sont aplatis dorso-ventralement et de couleur brun foncé à noir (photo. 24). Ils fuient la lumière, il faut donc les rechercher dans les moindres recoins de la ruche.
- la larve est de forme allongée (environ 1 cm) et de couleur blanchâtre. Il faut la distinguer de la larve de fausse teigne *Galleria melonella* mais « un examen plus approfondi permet de distinguer aisément la présence de 3 paires de longues pattes sur sa partie antérieure (a), d'épines dorsales sur chaque segment (b) et de deux épines protubérantes à l'arrière (c) » (photo. 23)
- les œufs sont blancs, en forme de haricot, un peu plus petits que les œufs de l'abeille mellifère (2/3 de la taille), 1,5 mm*0,25 mm



Photographie 23 (à gauche) : Larve de *Aethina tumida* (© Friedrich Loeffler Institute (FLI Germany))

Photographie 24 (à droite) : Adulte de *Aethina tumida* (<http://entnemdept.ufl.edu/>, University of Florida entomology and nematology department)

La lutte contre le petit coléoptère des ruches est très difficile. Il existe un traitement à base d'insecticides non nocif pour les abeilles mais il pose alors le problème des résidus dans les produits de la ruche ainsi que pour l'environnement. Par ailleurs, les adultes peuvent aussi se reproduire dans d'autres milieux, en se nourrissant d'autres ressources comme les fruits, ce qui rend l'espèce très difficile à éradiquer.

6.4.4. La tropilaeose

Tropilaeus clareae est un acarien de l'ordre des mésostigmates appartenant à la famille des Laelapidae. C'est un ectoparasite de l'abeille mellifère *Apis mellifera*, bien que son hôte naturel soit à l'origine l'abeille asiatique *Apis dorsata* (1961, Delfinado Baker). Il a également été retrouvé sur d'autres espèces d'abeilles comme *Apis cerana*, *Apis florea* et *Apis laboriosa*. Sa distribution géographique est encore mal connue aujourd'hui : elle est au moins corrélée à celle de son hôte naturel en Asie (fig. 32) (Pierson, 2014), et a été décrit en Italie, en Allemagne et en Russie (site CABIC).



Figure 32 : Répartition géographique de *T. clareae* en 1983 (Nixon, 1983)

C'est un parasite externe retrouvé sur tous les stades d'abeilles, mais il ne se nourrit d'hémolymphe que sur les formes immatures, les adultes ayant une cuticule trop dure pour être percée. Son action pathogène résulte principalement de la spoliation de l'hémolymphe. Les colonies infestées présentent une atteinte du couvain operculé (couvain mort, opercules ouverts par les ouvrières qui s'attachent à essayer de se débarrasser des nymphes infestées) et des adultes avec des déformations multiples, que ce soit au niveau des ailes, des pattes ou encore de leur abdomen. Des abeilles rampantes à l'entrée de la ruche peuvent parfois être observées (OIE, 2005c).

A un haut niveau d'infestation, cet arthropode peut entraîner l'effondrement de la colonie (Ansesb).

Les parasites adultes se propagent de ruche en ruche par phorésie, transportés par les abeilles lors d'essaimage, de pillage ou de transhumance par exemple (Ansesb). Le cycle de développement de *T. clareae* se déroule dans le couvain. Une fois arrivée dans une ruche, la femelle fondatrice va pondre 3 à 4 œufs dans une cellule juste avant son operculation. La progéniture engendrée, généralement constituée d'un mâle et de 3 ou 4 femelles, s'alimente sur les nymphes et émergera en même temps que l'abeille. Ainsi, le cycle biologique de *T. clareae* est de courte durée (environ 1 semaine).

Encore une fois, il est fondamental pour les apiculteurs réunionnais d'être au courant de cette pathologie et de pouvoir identifier rapidement ces acariens, si toutefois ils venaient à être introduits sur le sol réunionnais. Les adultes, de couleur rouge brun, sont visibles à l'œil nu (environ 1 mm*0,5 mm) (Ansesb). Ils peuvent être identifiés en examinant régulièrement les abeilles adultes, les débris du plancher et des cadres de ruche, et le couvain operculé après extraction (à l'aide d'un peigne à couvain). Contrairement à l'acarien *V. destructor*, leur corps est de forme allongée (photo. 25). Ils sont tétrapodes, la première paire de patte étant portée à la verticale, comme des antennes, et se déplacent rapidement (OIE, 2005c).



Photographie 25 (à gauche) : Vues dorsales de *Varroa destructor* à gauche et de *Tropilaelaps clareae* à droite (FERA, 2013b).

Photographie 26 (à droite) : *T. clareae* sur des stades immatures d'abeilles (<http://kenangisan.blogspot.fr/2013/01/tropilaelaps-clareae-tropilaelaps-akar.html>)

Des traitements à base d'acaricides permettent de contrôler les populations de *T. clareae* sans qu'il soit pour autant possible de l'éradiquer d'un territoire une fois introduit. Une méthode alternative consiste à enlever la source de nourriture au parasite. En isolant la reine de la colonie pendant quelques semaines, l'absence de couvain entraînera la mort de l'acarien dont la durée de survie est limitée à un maximum de 10 jours sur les abeilles adultes (OIE, 2005c).

7. Les « crises » apicoles réunionnaises

7.1. Le chikungunya

La filière apicole réunionnaise semble avoir souffert de l'emploi massif d'insecticides dans le cadre de la lutte contre le vecteur du chikungunya, le moustique *Aedes albopictus* (encore appelé moustique tigre), au cours de l'épidémie sévère qui a frappé la Réunion en 2005-2006. Des mortalités importantes d'abeilles ont été constatées devant les plateaux d'envol.

7.1.1. Eléments de l'épidémiologie du chikungunya (Becquart, 2007)

Le chikungunya est un arbovirus (transmis par les arthropodes) de la famille des *Togaviridae*. Originaire d'Afrique et de l'Asie du Sud-Est, il est apparu dans les îles du sud de l'Océan Indien en 2005. A la Réunion, cette maladie émergente a été à l'origine d'une véritable épidémie, touchant plus du tiers de la population réunionnaise avec 255 000 cas confirmés (prévalence de 38%, d'après une enquête de séroprévalence) (Dehecq et al., 2011). Les principaux symptômes causés par ce virus sont : des céphalées associées à de la fièvre, des myalgies et des arthralgies pouvant persister plusieurs mois, ainsi que de possibles éruptions cutanées. Pour la première fois, des formes sévères ont été décrites, chez les personnes immunodéprimées (personnes âgées ou en bas âge) avec des méningo-encéphalites, des encéphalopathies, ou encore des hépatites fulminantes. Il y a même eu 254 certificats de décès mentionnant le chikungunya durant l'année 2006. Il n'existe pas de vaccin ni de traitement, qui reste symptomatique.

7.1.2. Stratégie de lutte anti-vectorielle (LAV) contre le moustique *Aedes albopictus* (DIREN, 2006 ; Metas, 2006)

Face à une épidémie de telle ampleur, une lutte massive contre le vecteur est entreprise. C'est une lutte intégrée qui associe une lutte mécanique d'élimination des gîtes larvaires, à une lutte chimique de pulvérisation d'un adulticide et d'un larvicide (ainsi que des protections individuelles : moustiquaires, vêtements longs...). En ce qui concerne la lutte contre les

moustiques adultes, le protocole prévoyait une lutte généralisée à l'ensemble de l'île avec trois traitements adulticides (deux pulvérisations spatiales de nuit, espacées de 4 jours, et une application de jour par une brigade terrestre). De plus, des traitements adulticides étaient également réalisés chez des particuliers, à la demande.

Dans un premier temps, le fénitrothion (Paluthion®, Fénitrothion 550®) et le téméphos (Abate500®, Biothion®), de la famille des organophosphorés, sont utilisés respectivement contre les adultes et leurs larves. Mais, le fénitrothion suscite de vives craintes vis à vis des effets sur la santé humaine ainsi que des conséquences sur les écosystèmes.

Ils seront alors remplacés en février 2006 par la deltaméthrine (adulticide) et le Bti, *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (Vectobac®), produit biologique larvicide. Cette bactérie est présente dans les sols de manière naturelle. Une fois ingérée par *Aedes albopictus*, l'action du pH intestinal permet la libération d'une endotoxine, qui se fixe sur les villosités intestinales, bloquant ainsi l'absorption des nutriments. Des essais d'innocuité au laboratoire ont été réalisés et ne montrent pas de toxicité pour les espèces non ciblées.

7.1.3. La toxicité des insecticides pour les abeilles

Les abeilles appartiennent à la classe des insectes. Il est donc naturel de s'interroger quant à la toxicité consécutive à l'emploi d'insecticides. D'ailleurs, ce sont les pesticides qui sont « les plus fortement impliqués dans les dommages infligés à la faune pollinisatrice » (Tasei, 1996).

7.1.3.1. Les modes de contamination des abeilles

Les abeilles se contaminent essentiellement de deux manières (Bourg, 2006 ; Metas, 2006) :

- Par contact avec l'insecticide : les abeilles peuvent être aspergées directement par le produit ou butiner des fleurs traitées qui contiennent des résidus.
- Par ingestion de produits contaminés (nectar, pollen, eau, miellat). La colonie entière peut alors être concernée, puisque les butineuses ramènent à la ruche des produits contaminés, qui vont servir à l'alimentation des larves et de congénères adultes.

Remarque : la voie respiratoire est marginale.

7.1.3.2. Les symptômes d'une intoxication aux insecticides

Les produits phytosanitaires peuvent engendrer une toxicité sur les insectes pollinisateurs à court terme mais également une toxicité différée, avec des réactions sublétales.

Le symptôme typique d'une intoxication aiguë est un dépeuplement rapide de la colonie avec la mort des individus (Metas, 2006). Lorsque les abeilles sont exposées à des doses moindres que la dose létale, des perturbations peuvent se mettre en place à plus ou moins long terme, concernant la physiologie de l'abeille (longévité, développement, immunité) ou son comportement (mobilité, apprentissage, alimentation, orientation) (Mackowiak, 2009).

7.1.3.3. Evaluation de la toxicité des insecticides employés dans la LAV à la Réunion

7.1.3.3.1. Les principales caractéristiques du fénitrothion et de la deltaméthrine (DIREN, 2006 ; Afsset, 2007)

Ces molécules sont des insecticides neurotoxiques.

Le fénitrothion est un insecticide agissant par contact. C'est un inhibiteur de l'acétylcholinestérase. La dose utilisée dans le cadre de la lutte anti-vectorielle à la Réunion pendant l'épidémie de chikungunya est de 200 grammes de matière active par hectare.

La deltaméthrine est un insecticide de la famille des pyréthrinoïdes qui agit principalement au niveau des canaux sodium des fibres nerveuses qu'elle bloque en position ouverte. Elle est utilisée à une dose de 1 gramme par hectare (K-othrine®).

La toxicité de ces deux molécules vis à vis des abeilles est démontrée. Le fénitrothion est d'ailleurs interdit au Canada depuis 1996 (Rey, 2012).

Une étude bibliographique, commanditée par l'ex-AFSSSET devenue l'ANSES (depuis le 1^{er} juillet 2010), a comparé les risques liés à l'usage de ces insecticides vis à vis de l'homme et de l'environnement, afin de ne sélectionner que les moins nocifs pour la santé humaine et pour l'environnement.

L'évaluation comparée du fénitrothion et de la deltaméthrine est synthétisée dans le tableau 9 suivant (Afsset, 2007 : saisine n°2006/002) :

	Fénitrothion	Deltaméthrine
Propriétés physico-chimiques et comportement dans l'environnement	- Peu persistant dans le sol - Peu soluble dans l'eau - Dégradation très rapide dans le sol - Volatilité modérée	- Peu persistant dans le sol - Peu soluble dans l'eau - Dégradation plus lente dans le sol - Volatilité nulle
Propriétés écotoxicologiques		
Organismes aquatiques	Toxicité élevée	Toxicité très élevée
Oiseaux	Toxicité élevée	Toxicité faible
Mammifères	Toxicité élevée	Toxicité modérée
Abeilles	Toxicité élevée*	Toxicité élevée*

* du fait de leur nature insecticide

Tableau 9 : Evaluation comparée du fénitrothion et de la deltaméthrine (Aymé et Afsset, 2007)

Les deux aduicticides ont une toxicité élevée pour les abeilles. Cependant, la deltaméthrine montre des risques plus faibles pour l'homme (mammifères) que le fénitrothion.

L'étude indique une sélectivité moindre du fénitrothion vis à vis de la faune cible par rapport à la deltaméthrine et caractérise le risque d'inacceptable pour l'homme et l'environnement pour le fénitrothion, mais d'acceptable pour la deltaméthrine (tab. 10). L'intérêt des pyréthrinoïdes comme la deltaméthrine, réside dans leur efficacité : ils peuvent ainsi être employés à des concentrations cent fois moindres.

Organismes	Type de risque	fénitrothion	deltaméthrine
Oiseaux	Aigu	-	+
	Court terme	-	+
	Long terme	-	+
Mammifères	Aigu	+	+
	Long terme	-	-
Organismes aquatiques 4x4	Aigu	Pulvérisation à dos	-
			- (<10m)
Vers de terre 4x4	Aigu	Pulvérisateur à dos	+
			+
Abeille 4x4	Aigu	Pulvérisateur à dos	-
			- (< 10m)

- : Risque inacceptable
+ : Risque acceptable

Tableau 10 : Conclusions de l'évaluation des risques pour l'environnement du fénitrothion et de la deltaméthrine (Rapport d'étude du BERPC du 12 juin 2006 dans Affset 2007)

7.1.3.3.2. Etude de toxicité à court terme sur les abeilles réunionnaises (DIREN, 2006 ; Metas, 2006)

Il est naturel de s'interroger sur les dangers que peuvent représenter ces épandages d'insecticides. Face à l'inquiétude grandissante, l'ex-DIREN, DEAL aujourd'hui, a commandité une étude d'impact de pulvérisations d'insecticides sur l'environnement et plus particulièrement sur les abeilles (Metas, 2006).

L'impact des organophosphorés

L'impact des organophosphorés, employés dans un premier temps, n'a pu être évalué que sur la base de déclarations d'une vingtaine d'apiculteurs (questionnaire) et sur la base des enregistrements de mortalité inhabituelle par le syndicat des apiculteurs, puisque l'étude a été faite pendant le deuxième protocole de LAV, à base de deltaméthrine et du Bti pour rappel.

Une vingtaine d'observations inhabituelles d'abeilles mortes devant les plateaux d'envol ont été répertoriées à partir du mois de décembre (d'après le syndicat des apiculteurs), suivies de dépopulations massives et rapides des colonies. Certaines ont pu être mises en relation avec les épandages d'insecticides. Avant la mi-février, ces incidents correspondaient au traitement des ravines au téméphos.

La profession apicole évalue la perte du cheptel de 15 à 20% en moyenne sur l'ensemble de l'île, pouvant atteindre les 30% sur le Sud et l'Ouest. Cela concerne aussi les abeilles des ruches situées en zones non traitées avec une estimation à 5% de pertes de colonies. Cela peut s'expliquer par le fait que les abeilles vont butiner dans un rayon de 3 km autour de leur ruche. Toutefois, ces données ne sont que des estimations et sont à prendre avec précaution, puisqu'elles sont issues de déclarations d'apiculteurs.

L'impact de la deltaméthrine

Les conséquences à court terme de l'exposition des abeilles à la deltaméthrine sont évaluées par un suivi des populations d'abeilles réunionnaises ainsi que de leurs productions, sur deux mois (du 1^{er} mai au 25 juin 2006). 42 colonies réparties uniformément sur tout le département, en zones traitée et non traitée (ruches témoins), ont été suivies de manière hebdomadaire.

Les résultats ont été analysés, en prenant en compte des facteurs extrinsèques comme les conditions climatiques et les ressources mellifères.

Cette étude a montré qu'il n'y a pas de dépopulation dans les zones non traitées. Seules les colonies en zones traitées sont touchées avec un taux de perte d'environ 10%. Sur les colonies

situées dans les deux zones confondues, le taux de perte est de l'ordre de 7%, sachant que « la perte moyenne d'un rucher est considérée comme normale jusqu'à 5% » (*Metas*, 2006).

Le syndicat des apiculteurs a enregistré cinq incidents sérieux de mars 2006 à fin juin 2006. Ils ont tous eu lieu le jour. Trois concernaient une mauvaise lecture des cartes par les militaires, les ruchers étaient en bordure de carte. Pour les deux autres les ruchers ne figuraient pas sur les cartes et les apiculteurs étaient absents. « Les conséquences ont été une disparition des butineuses immédiate avec un retour dans l'ordre au bout de quelques jours. » (*Metas*, 2006).

Par ailleurs, le nombre d'incidents rapportés par rapport à l'utilisation du fénitrothion et du téméphos ont été divisés par trois environ.

De plus, une recherche de résidus d'insecticides dans le miel a été réalisée par le laboratoire DGCCRF, sur 5 échantillons de miel récupérés dans des zones largement traitées. Les analyses n'ont pas montré la présence de résidus que ce soit de fénitrothion, de téméphos ou de deltaméthrine (*DIREN*, 2006).

En conclusion, malgré le manque de travaux scientifiques objectifs et d'analyses, on peut affirmer que la lutte anti-vectorielle dans le contexte du chikungunya à la Réunion en 2005-2006 a eu un impact négatif sur le cheptel apicole réunionnais. Une toxicité aiguë a concerné les abeilles pendant le premier protocole. En effet, dans l'urgence, l'épandage d'insecticides a été réalisé par des personnes non formées. Ces dernières, ont commis des erreurs dans les traitements : des fleurs directement aspergées, des surdosages ou encore des zones traitées qui ne devaient pas l'être.

Dans un deuxième temps, les conséquences sur ces insectes pollinisateurs ont été minimisées grâce aux changements de molécules mais surtout à la formation des agents de lutte anti-vectorielle et à l'application des mesures de protection des ruchers.

7.1.4. Mesures de protection des abeilles réunionnaises dans le cadre de la LAV

7.1.4.1. Protocole de protection des ruchers (*DIREN*, 2006 ; *Metas*, 2006)

Pour limiter l'action toxique des insecticides sur les abeilles, un protocole de protection des ruchers a été élaboré, en concertation avec la DRASS en février 2006.

Voici les principales mesures formulées :

- interdiction de pulvériser lorsque le vent est supérieur à 20 km/h
- interdiction de pulvériser en cas de pluie
- obligation de traiter la nuit, ce qui est d'autant plus intéressant que la rémanence de la deltaméthrine est courte
- géoréférencement des ruchers pour permettre la non pulvérisation dans un diamètre de 2*125 mètres autour d'un rucher. Et « ... si dans une zone, des facteurs de contraintes (poisson, abeilles...) couvrent plus de 50% de la zone à traiter, celle-ci est exclue du plan de pulvérisation » (*Allier et al.*, 2010)
- intégration des principales zones mellifères dans la détermination des zones à traiter
- système d'alerte des apiculteurs pour qu'ils puissent protéger leur ruche (fermer temporairement le trou de vol) pendant les périodes de traitement.

Par ailleurs, aucune étude n'a été réalisée sur la toxicité chronique à plus long terme vis à vis des abeilles, pouvant être responsable de l'affaiblissement des colonies.

Aujourd'hui, la lutte anti-vectorielle est organisée par l'Agence Santé Océan Indien depuis le 1^{er} avril 2010, sous l'autorité du préfet. Un plan d'action a été mis en place, le plan ORSEC, qui décrit les actions de lutte à mener en fonction du contexte épidémiologique, dans des

« fiches actions ». Cela permettra d'agir de manière rapide, efficace et appropriée en cas d'un nouvel épisode.

Quoiqu'il en soit, « la lutte mécanique et la mobilisation sociale ont semblé donner de meilleurs résultats et seraient par conséquent à privilégier pour l'avenir » (*Bâville et al.*, 2012). Ainsi, la stratégie de LAV actuelle est plus axée sur la prévention de la population et l'élimination des habitats larvaires. L'accent est mis sur l'entretien des principales ravines, situées près des zones anthropisées, avec un plan préfectoral de contrôle des ravines depuis 2010. Pour des raisons de protection de l'environnement et pour éviter le développement de résistances, la lutte insecticide est maintenant réservée à des zones à densité vectorielle très élevée et surtout en cas de foyer de chikungunya. La lutte anti-vectorielle est définie tous les ans par arrêté préfectoral, qui détermine les périodes de traitement (*Dehecq et al.*, 2011 ; *Bâville et al.*, 2012).

7.1.4.2. Une alternative aux insecticides : la TIS (Technique de l'Insecte Stérile)

Enfin, toujours dans une logique de préservation de l'environnement et pour éviter le développement de résistances, une alternative à l'emploi d'insecticides pourrait être envisagée : la technique de l'insecte stérile, appelée TIS. Cette méthode consiste à lâcher un grand nombre de mâles rendus au préalable stériles, afin qu'ils fécondent les femelles qui pondront alors des œufs non viables. Cette lutte biologique est sans dangers pour les abeilles puisque seule l'espèce de moustique cible est concernée.

Une étude de faisabilité du contrôle des populations de moustiques *Aedes albopictus* (mais aussi de *Anopheles arabiensis*, vecteur de paludisme, et de *Aedes aegypti*, vecteur de dengue et de chikungunya) et de son applicabilité à la Réunion a été commencée en 2009 par l'IRD (Institut de Recherche pour le Développement) et le CRVOI (Centre de recherche et de veille sur les maladies émergentes dans l'Océan Indien), sur 4 ans (*Bâville et al.*, 2012). Elle est constituée de 4 volets (*LC Gouagna*, coordinateur du programme TIS-Réunion, *pers. Comm*):

- Volet 1 : étude de la biologie et de l'écologie des vecteurs et des mâles stériles
- Volet 2 : développement de méthodes d'élevage de masse, de sexage, d'irradiation (stérilisation) et étude de la compétitivité des mâles irradiés
- Volet 3 : modélisation mathématique et simulation de l'impact de la TIS sur les populations cibles
- Volet 4 : analyse socio-économique du projet et étude d'acceptabilité de la TIS par la population

Les premiers résultats de laboratoire sont encourageants et une deuxième phase d'essais sur le terrain est prévue dès 2015, sur 3 ans. L'objectif sera de prouver l'efficacité et l'efficience des interventions contre des populations locales d'*Aedes albopictus* par des lâchers de mâles stériles sur le terrain.

Toutefois, en cas d'épidémie de chikungunya ou d'autres maladies transmises par les moustiques comme la dengue et le paludisme, les insecticides devront être utilisés afin d'éliminer rapidement tous les moustiques vecteurs.

7.2. La « mouche bleue »

Suite à l'introduction sur l'île de *Cibdela janthina* en janvier 2008 dans le cadre de la lutte biologique contre la vigne marronne *Rubus alceifolius*, les apiculteurs réunionnais se sont interrogés quant aux conséquences que cela pouvait avoir sur leur filière apicole. « Ils estiment que la disparition de la vigne marronne pénalise lourdement la production de miel en supprimant des ressources, notamment pendant les intermiellées (40% de la ressource d'après les apiculteurs) » (*Allier et al.*, 2010). De plus, ils accusent une possible compétitivité entre

l'abeille réunionnaise et la tenthrède (surnommée la « mouche bleue » de par sa ressemblance avec une mouche et sa couleur bleutée) pour l'accès à la ressource.

7.2.1. Le principe de la lutte biologique contre la vigne marronne *Rubus alceifolius*

7.2.1.1. *Rubus alceifolius*, une espèce exotique très envahissante

La vigne marronne *Rubus alceifolius* a été introduite sur l'île à partir de Java dans les années 1840. On la retrouve sur toute l'île, du littoral jusqu'à environ 1700 mètres d'altitude, et plutôt dans les milieux ensoleillés et humides. Elle très abondante dans l'Est et menace les forêts réunionnaises (*Le Bourgeois et al.*, 2009). Elle est considérée à la Réunion comme l'une des espèces exotiques les plus envahissantes, à tel point qu'un arrêté national rend la lutte obligatoire depuis le 31 juillet 2000. Une lutte mécanique et chimique (à base d'herbicides) a d'abord été entreprise mais celle-ci, devant être répétée, était trop coûteuse. C'est pourquoi, dans un souci de respect de l'environnement et d'efficacité, une lutte biologique a été mise au point avec des lâchers d'adultes de *C. janthina* dans l'Est en janvier 2008, sur autorisation préfectorale suite à un avis positif du CSRPN.



Photographie 27 : La vigne marronne, une espèce très envahissante (wikipédia)

7.2.1.2. Présentation de l'agent de lutte biologique *Cibdela janthina*

La « mouche bleue » *Cibdela janthina* est un insecte hyménoptère du groupe des tenthrèdes, originaire de Sumatra. L'adulte, d'une durée de vie moyenne de 10 jours, se nourrit de nectar floral (*Mathieu*, 2011). La femelle adulte, d'environ 9,5 mm de long (contre 8 mm pour le mâle) pond sur les feuilles de vigne marronne. Au bout d'une dizaine de jours, les œufs se transforment en larves, qui sont phyllophages (cf. cycle biologique complet fig. 33). En se nourrissant des feuilles, elles vont finir par causer la mort de la vigne marronne, au bout de 2 à 3 générations (*Reynaud*, 2012). L'insecte, sensible au froid, est rarement retrouvé au dessus de 1200 mètres d'altitude.

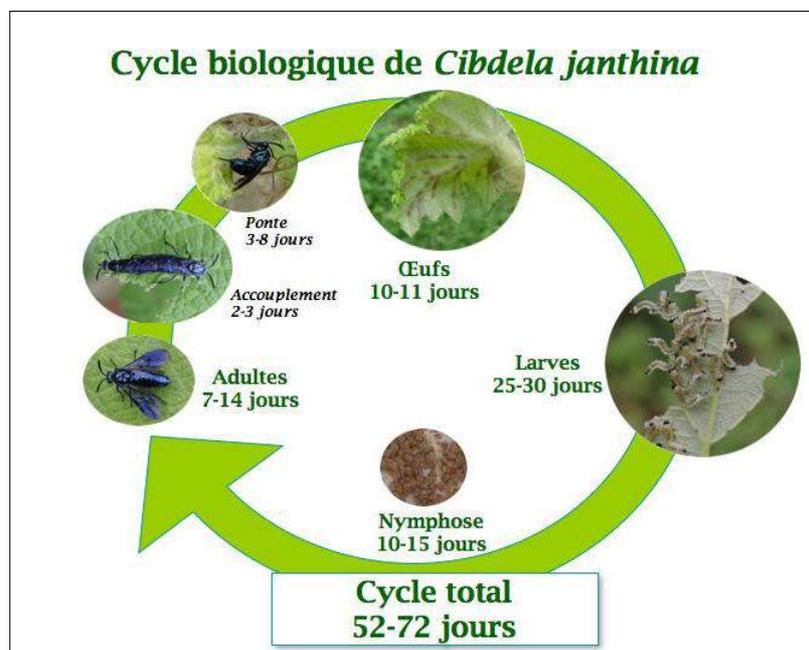


Figure 33 : Cycle biologique de *Cibdela janthina* (<http://www.agriculture-biodiversite-oi.org>)

7.2.2. Les conséquences pour la filière apicole

7.2.2.1. Disparition d'une espèce mellifère

Certains apiculteurs réunionnais produisent jusqu'à 40% de leur production totale de miel de vigne marronne (*Bruneau, 2009*). La vigne marronne était une espèce mellifère fondamentale puisque sa période de floraison, étalée de janvier à juillet (*Triolo, 2009*), en faisait une ressource indispensable pendant l'intermiellée de janvier à mars. Le suivi de cette lutte biologique, effectué par le CIRAD de manière bisannuelle, a montré que la tenthredo est un agent de lutte efficace. En un peu moins de 3 ans, la vigne marronne a disparu de 20% (en octobre 2010). Mais les zones laissées libres sont recolonisées par des espèces envahissantes peu mellifères comme le tabac-bœuf *Clidemia hirta*, ou encore la liane *Merremia peltata*. En effet, à la Réunion, lorsqu'une espèce envahissante est éliminée, elle est souvent rapidement remplacée par d'autres espèces exotiques opportunistes (*Triolo, 2005*). Un projet de repeuplement est envisagé sur les anciennes friches de vigne marronne (*Triolo, 2009*). Les espèces indigènes et endémiques mellifères seront privilégiées. Ce projet s'appuie sur trois principes :

- « forte densité de plantation pour disposer d'une grande ressource mellifère » et pour limiter le retour des plantes invasives
- « privilégier les espèces au comportement pionnier »
- assurer une miellée en dehors de la période de la miellée de baie rose et letchi

Les espèces indigènes retenues sont des espèces qui ont une floraison en dehors des deux principales miellées (de baie rose et de letchi) : pendant l'intermiellée letchi-baie rose : Petit Natte *Labourdonnaisia calophylloïdes*, Grand Natte *Mimusops balata*, Change écorce *Aphloia theiformis*, Tan georges *Molinea alternifolia*, Joli cœur *Pittosporum senacia*, Bois maigre *Nuxia verticillata*, Bois de papaye *Polyscias repanda*, Corce blanc *Homalium paniculatum*, et pendant l'intermiellée baie rose-letchi : Bois de fer bâtard *Sideroxylon borbonicum*, voire pendant les deux : Change écorce *Aphloia theiformis*, Bois maigre *Nuxia verticillata*, Bois de papaye *Polyscias repanda*.

Ce projet est resté à l'état de projet et n'a pas été réalisé. En attendant, les apiculteurs réunionnais qui exploitaient cette ressource vont très certainement devoir réaliser un nourrissage de leur colonie pendant la période creuse de janvier-février.

7.2.2.2. Possible compétition pour l'accès à la ressource

En 2012, la tenthrède a fait le tour de l'île (Reynaud, 2012), comme le montre la figure 34 ci-dessous.

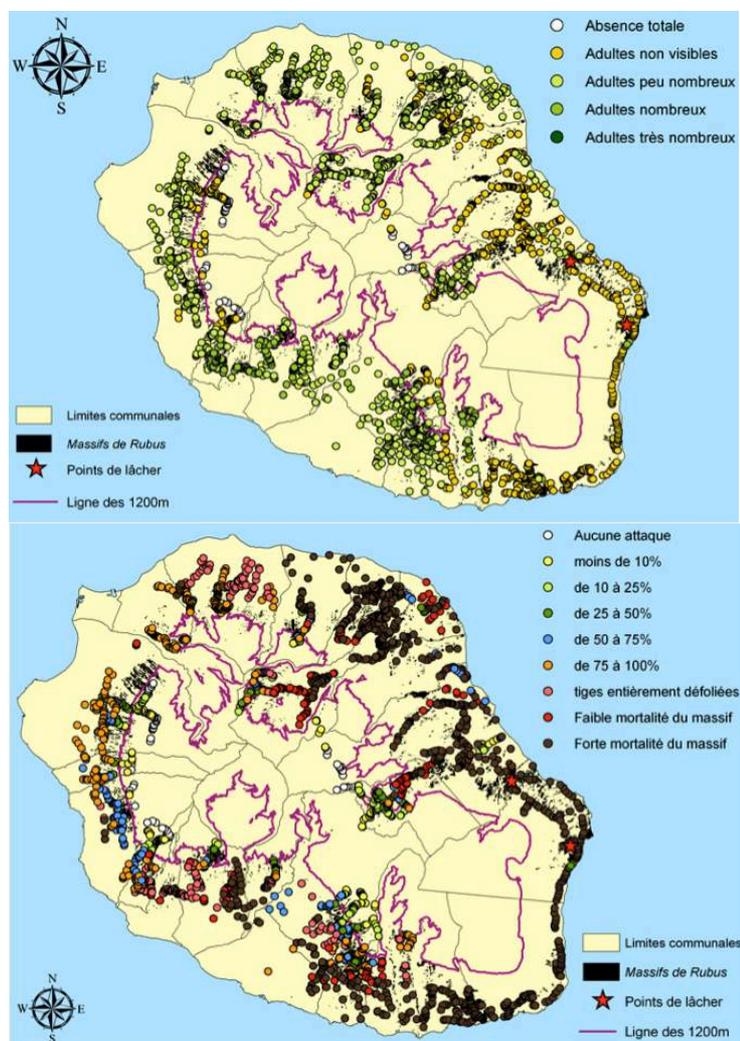


Figure 34 (en haut) : Distribution de *Cibdela janthina* sur l'île en juillet 2012

(<http://www.agriculture-biodiversite-oi.org/Enjeux-societe/Actualites/Dossiers/La-lutte-biologique-contre-la-vigne-marronne/Vers-une-modelisation-insecte-plante-de-la-dynamique-spatio-temporelle-du-couple-Cibdela-janthina-Rubus-alceifolius>)

Figure 35 (en bas) : Niveau d'attaque de *Rubus alceifolius* sur l'île en juillet 2012

(<http://www.agriculture-biodiversite-oi.org/Enjeux-societe/Actualites/Dossiers/La-lutte-biologique-contre-la-vigne-marronne/Vers-une-modelisation-insecte-plante-de-la-dynamique-spatio-temporelle-du-couple-Cibdela-janthina-Rubus-alceifolius>)

Certains apiculteurs déclarent avoir une récolte de miel de baie rose bien moindre dans des zones où la « mouche bleue » est présente. Ils auraient perdu jusqu'à 80% de leur production en 2009. Ces derniers mettent en cause la tenthrède, qui gênerait l'abeille dans sa récolte de nectar en butinant les mêmes fleurs, à la recherche de nectar (photo. 28). Toutefois, les floraisons varient selon les années et l'année 2009 pouvait être une mauvaise année en terme de floraison des baies roses.



Photographie 28 : Interaction entre une abeille et une tenthrède sur une inflorescence de letchi (site CIRADc, Reunion-mayotte © A. Franck, Cirad)

Sous la pression et la crainte des apiculteurs, des travaux étudiant les interactions entre ces deux insectes ont été menés. L'étude des interactions entre les deux insectes a été menée sur les deux principales ressources des abeilles à la Réunion : le letchi, d'août à octobre 2009, et le baie rose, de février à avril 2010 (Batsch, 2010). La méthode utilisée consistait à observer la fréquentation des fleurs de ces deux espèces : identification et dénombrement des insectes pollinisateurs, afin de savoir si oui ou non les abeilles sont moins présentes dans des sites avec tenthrède, et observation des interactions directes entre les pollinisateurs. Les rendements en miel ont été comparés, dans des sites avec et sans tenthrède (site CIRADb).

Les deux études ont montré qu'il n'y a pas d'interaction directe de type agression entre *Apis mellifera* et *C. janthina*, que ce soit sur les baies roses ou les letchis. *A. mellifera* est significativement plus présente sur le baie rose que *C. janthina*. La présence de la tenthrède n'a pas d'impact sur la miellée (site CIRADc).

7.3. La grayanotoxine

Plusieurs cas de TIAC (Toxi-Infection Alimentaire Collective) ont été rapportés à la Réunion suite à la consommation de miel en rayons. En 2007, 2 personnes ont été concernées, 6 personnes en janvier 2008 et 7 personnes en janvier 2013. Ces intoxications ont plusieurs points en commun :

- elles ont été observées suite à l'ingestion de miel en gaufre
- elles ont eu lieu à chaque fois pendant la même période : au cours du mois de janvier
- les personnes intoxiquées ont présenté des symptômes similaires de type cholinergiques

Tous ces éléments épidémiologiques semblent incriminer l'espèce mellifère à l'origine de ce miel : le bois de rempart ou bois de gale *Agauria salicifolia* (photo. 29).



Photographie 29 : Inflorescence de bois de rempart
(http://www.potomitan.info/phototheque/agauria_salicifolia.php)

En effet, cette espèce appartient à la famille des *Ericaceae*, connue pour être toxique pour les mammifères, et non pour les abeilles. Les plantes appartenant à cette famille contiennent des toxines végétales dans les feuilles, les fleurs et le nectar : des diterpènes appelés grayanotoxines. C'est également le cas des azalées ou des rhododendrons, abondants en Turquie et responsables de la production d'un miel toxique, appelé le « miel fou ». Un cas d'intoxication humaine à la Réunion a d'ailleurs été décrit suite à la consommation de l'infusion des feuilles du bois de rempart (Martinet *et al.*, 2005).

Le bois de rempart est indigène des Mascareignes. Il est commun dans les forêts de basse altitude puisque c'est une espèce pionnière de la colonisation des coulées de lave. De plus, il est en pleine floraison au mois de janvier : il peut ainsi être butiné par les abeilles réunionnaises. Toutefois, des doutes sur le butinage de cette espèce persistent. En effet, c'est une espèce à fécondation anémophile (par le vent), et les abeilles n'auraient pas été observées sur les fleurs. Une hypothèse envisageable serait qu'il y aurait des hémiptères piqueurs-suceurs et que les abeilles récupérerait le miellat de ces insectes. Une autre hypothèse serait que les abeilles ne butineraient cette plante qu'en cas de forte carence de nectar.

Les symptômes caractéristiques d'une intoxication à la grayanotoxine apparaissent rapidement après l'ingestion (de quelques minutes à 2 heures) et sont de type cholinergiques : bradycardie, hypotension artérielle, troubles digestifs (nausée, vomissements). Les toxines ont un tropisme pour le système nerveux : elles empêchent la repolarisation cellulaire en bloquant les canaux sodiques en position ouverte (Weber *et al.*, 2009).

Des analyses toxicologiques d'échantillons de miel gaufré dans une ruche incriminée dans l'épisode de 2013 ont mis en évidence la présence de la grayanotoxine III.

Afin d'éviter tout autre accident de ce genre, un arrêté préfectoral (n° 2013) interdit la vente de miel du 1^{er} novembre au 31 mars à la Réunion depuis 2013, pendant la période de floraison du bois de rempart.

Troisième partie :

**Enquête sur l'apiculture réunionnaise
(expérimentale)**

1. Objectifs

La filière apicole réunionnaise « moderne », structurée en véritable filière, avec des ruches à cadres mobiles, est encore très jeune. Son encadrement l'est donc également. L'enregistrement de données concernant cette filière est rare.

C'est pourquoi une enquête sera menée auprès des apiculteurs réunionnais. Les objectifs sont multiples, en essayant de dégager les principales caractéristiques de la filière apicole réunionnaise :

- connaître les principales pratiques des apiculteurs : leurs exploitations, ce qu'ils produisent
- connaître les techniques apicoles utilisées pour la multiplication du cheptel
- le matériel utilisé
- suivre les calendriers des différentes miellées
- essayer d'estimer le niveau de production des apiculteurs réunionnais
- savoir quelles sont les pratiques de nourrissage
- et enfin avoir une idée du niveau sanitaire perçu par les apiculteurs réunionnais.

L'interprétation des données permettra de dresser une typologie des apiculteurs réunionnais basée sur les pratiques apicoles, et par la suite d'analyser les mauvaises pratiques pour pouvoir donner des pistes d'amélioration des itinéraires techniques et permettre une meilleure efficacité de l'apiculture réunionnaise. Cela aidera à cibler les points défaillants de l'apiculture réunionnaise pour rédiger un guide de bonnes pratiques apicoles adapté aux spécificités de l'île de la Réunion. D'ailleurs, ce guide de bonnes pratiques est une des missions de l'ADA.

2. Matériel et méthodes

2.1. Méthodes d'enquête

L'enquête sera menée à partir d'un questionnaire (cf. annexe 1) portant sur plusieurs aspects des pratiques apicoles réunionnaises. Il sera effectué de deux manières pour gagner du temps : soit chez l'apiculteur directement, soit par téléphone.

Ce travail avait été commencé en 2012 (*Sinelle, 2012*), mais des biais d'échantillonnage ne rendaient pas ces résultats préliminaires bien représentatifs.

C'est pourquoi cette enquête a été reprise, en modifiant légèrement le questionnaire et notamment en simplifiant et en regroupant certaines questions. Ainsi, le questionnaire ne fait plus que 82 questions contre 175 pour le questionnaire précédent, avec une partie sanitaire rajoutée comprenant 13 questions.

2.2. Le questionnaire

Il aborde 7 grands thèmes avec un total de 82 questions :

- Identification de l'apiculteur : âge, classe (professionnel, semi-professionnel ou de loisir), ancienneté dans le milieu apicole, moyens d'informations concernant l'apiculture en général (que ce soit au niveau local ou international)

A la Réunion, pour rappel, les apiculteurs sont classés en trois classes selon les critères suivants :

- apiculteur de loisir : moins de 60 ruches
- apiculteur semi-professionnel : plus de 60 ruches et n° de SIRET, avec autre revenu complémentaire (salaire, retraite, RSA...)

- apiculteur professionnel : plus de 60 ruches et n° de SIRET, l'apiculture étant la seule activité rémunératrice.
- Présentation de l'exploitation : taille du cheptel (nombre de colonies), type(s) de ruche(s), type(s) de production (miel, pollen, propolis, gelée royale, cire), niveau de production de miel (en kg), localisation du/des rucher(s), transhumance
- Multiplification du cheptel : techniques utilisées : essaimage naturel et artificiel, le renouvellement des reines, élevage de reines, le rééquilibrage des cadres, les réunions de ruches
- Récolte : matériel utilisé, à quels moments de l'année (différentes miellées), les réserves laissées à la colonie
- Pratiques de nourrissage : systématique (stimulatif avant chaque miellée) ou non (que en cas de carence de nectar), matériel, réalisation
- Sélection : critères de sélection recherchés
- Sanitaire : y a t-il des phénomènes de mortalités dans les cheptels ? Si oui, que concernent t'ils (couvain, adultes) ? Quelles sont les principales causes de mortalité dans leurs cheptels ? Comment estiment-ils le niveau sanitaire de leurs cheptels ?

2.3. Technique d'échantillonnage

L'étude s'étend à l'ensemble des apiculteurs ayant déclaré leurs ruches au GDS en 2013, soit 274 apiculteurs. L'échantillon doit être représentatif de l'ensemble des apiculteurs. Pour cela, un tirage au sort aléatoire de 150 apiculteurs parmi ces 274 apiculteurs déclarés au GDS (2013) a été réalisé. Une liste de « secours » de 50 apiculteurs a été tirée au sort parmi les 124 apiculteurs restants, au cas où l'apiculteur tiré au sort initialement refuse de répondre au questionnaire ou a arrêté son activité. La répartition géographique des individus était donc aléatoire.

Finalement, 105 questionnaires (ou apiculteurs) ont pu être effectués (soit 38,3% des apiculteurs déclarés au GDS en 2013).

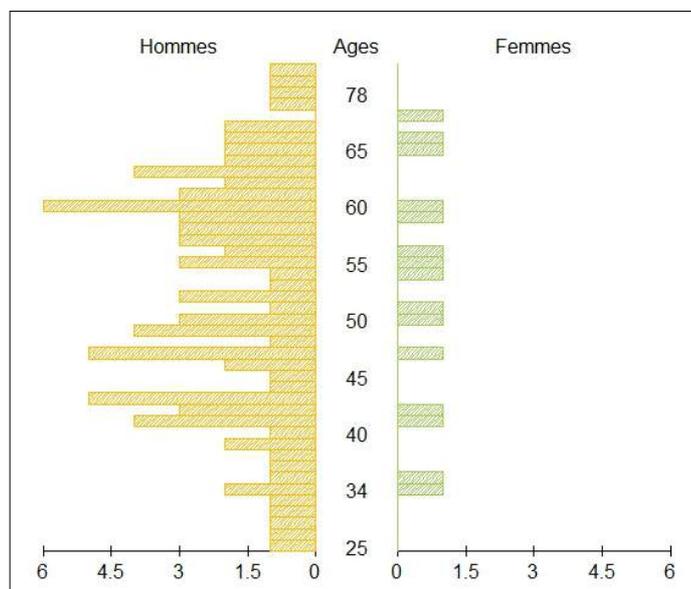
3. Résultats

3.1. Les apiculteurs

Au total, 105 apiculteurs ont été interrogés. Plus de la moitié (57) des apiculteurs interrogés sont des apiculteurs de loisir (54,3%). Il y a 40% d'apiculteurs semi-professionnels, et seulement 5,7% (6 apiculteurs) professionnels, qui ne vivent uniquement de l'apiculture.

Il y a peu de femmes dans le milieu apicole réunionnais. En effet, elles représentent 14,3% des apiculteurs.

La moyenne d'âge de l'échantillon est de 52 ans.



Graphique 3 : Pyramide des âges des apiculteurs réunionnais interrogés

60 apiculteurs (hommes et femmes confondus), soit 57,1% des apiculteurs ont plus de 50 ans.

3.2. Les exploitations apicoles

Les principaux résultats sont présentés dans le tableau suivant (tab. 11).

		Nombre d'apiculteurs ³
Productions¹	Miel	104
	Pollen	12
	Cire	8
	Propolis	7
	Gelée royale	3
Types de ruches²	Bourbon sur 1 corps	58
	Bourbon sur 2 corps	32
	Langstroth	20
	Dadant	5
	Bombarde	1
	Ne sait pas	3
Emplacement(s)	1 emplacement	53
	2 à 10 emplacements	42
	11 à 20 emplacements	6
	plus de 20 emplacements	4
Transhumance	Pratiquent la transhumance	35

¹ : un apiculteur peut avoir plusieurs types de productions. 104 des apiculteurs interrogés produisent du miel, et pour un apiculteur la réponse n'est pas notée (NA : Non Available)

² : un apiculteur peut avoir plusieurs types de ruches

³ : n=105

Tableau 11 : Caractéristiques des exploitations enquêtées

3.2.1. Les types de production

L'apiculture à la Réunion permet essentiellement de produire du miel. Les autres productions semblent anecdotiques : seuls 12 apiculteurs produisent du pollen (11,4%), 8 de la cire

(7,6%), et 7 de la propolis (6,7%). Le pollen produit est du pollen frais qui est vendu congelé, ce qui conserve les propriétés du pollen (contrairement au pollen déshydraté).

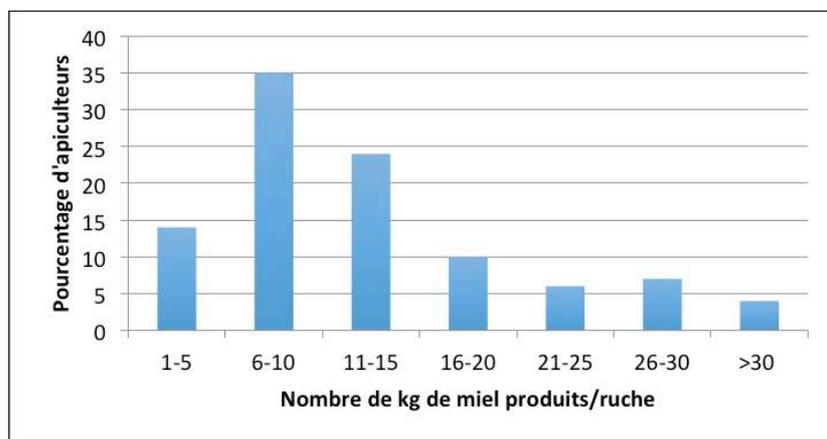
La production de gelée royale est encore plus anecdotique avec seulement 3 apiculteurs qui en produisent sur l'île (2,9%).

3.2.2. Les ruches utilisées

La ruche Bourbon traditionnelle est la ruche majoritaire sur l'île (77,6%). Les anciennes ruches primitives ont quasiment disparu : seul un apiculteur travaille encore avec des bombardes. Les autres types de ruches présentes sur l'île sont la Langstroth, utilisée par 17,2% des apiculteurs, et la Dadant, anecdotique (4,3%).

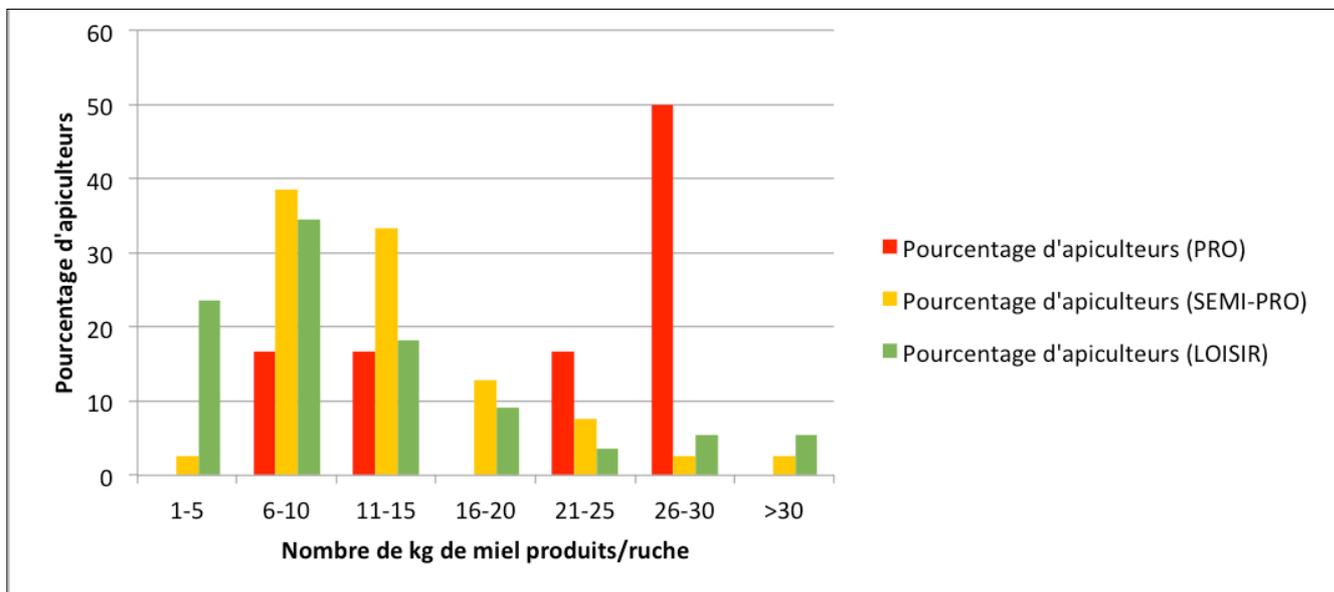
3.2.3. Les niveaux de production de miel déclarés

Les niveaux de production de miel déclarés par les apiculteurs interrogés sont très variables d'un apiculteur à l'autre : ils vont d'une production nulle (0 kg) à plus de 30 kg par ruche sur une année. Toutefois, seules quatre personnes ont déclaré avoir de tels rendements (>30kg), et ce ne sont pas des professionnels (3 apiculteurs de loisir et 1 apiculteur semi-professionnel). La majeure partie (59%) des apiculteurs produisent en moyenne entre 6 et 15 kg de miel par an (cf. graph. 4).



Graphique 4 : Répartition des rendements moyens sur une année, toutes classes d'apiculteurs confondues

Par ailleurs, il y a une différence dans les niveaux de production selon le type d'activité de l'apiculteur (cf. graph. 5) : on constate en moyenne des rendements plus élevés chez les professionnels avec 21,16 kg de miel par ruche et par an, puis chez les semi-professionnels avec 14,39 kg par ruche et par an que chez les apiculteurs de loisir, avec 5,74 kg par ruche et par an.

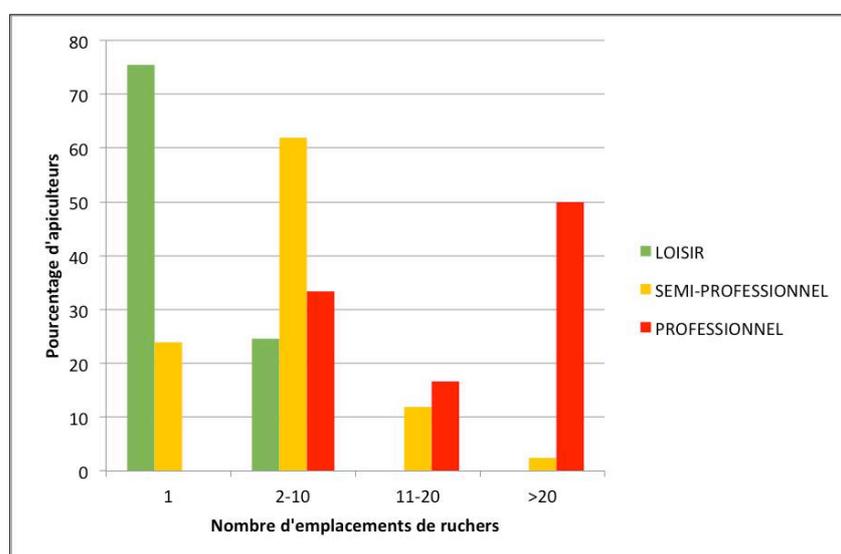


Graphique 5 : Répartition des rendements moyens sur une année, par classe d'apiculteur

3.2.4. Nombre de rucher(s) par apiculteur

La moitié (50,5%) des apiculteurs interrogés n'ont qu'un seul emplacement pour leur rucher. Certains apiculteurs ont plus de 20 sites différents.

Les apiculteurs de loisir n'ont généralement qu'un seul emplacement (à plus de 75%), voire dans une moindre mesure entre 2 et 10 emplacements. Les semi-professionnels quant à eux ont majoritairement entre 2 et 10 emplacements (61,9%). Ce sont les apiculteurs professionnels qui ont le plus de ruchers, avec la moitié d'entre eux (50%) qui possèdent plus de 20 sites différents (cf graph. 6 ci-dessous).



Graphique 6 : Répartition du nombre de ruchers en fonction de la classe des apiculteurs

3.2.5. Transhumance

33,7% des apiculteurs interrogés pratiquent la transhumance à la Réunion. Cela concerne essentiellement les semi-professionnels, qui réalisent la transhumance à 59,5% et surtout tous les professionnels. Quelques rares apiculteurs de loisir (7,14%) la pratiquent également.

3.3. La multiplication du cheptel

Il existe plusieurs techniques pour multiplier son cheptel apicole. Les techniques utilisées sont assez variables : récupération d'essaims naturels, réalisation de l'essaimage artificiel, achat d'essaims ou encore élevage de reines (cf tab. 12 ci-dessous).

	Achat d'essaims	Essaims naturels	Essaims artificiels	Elevage de reines
Nb. d'apiculteurs de loisir	7	19	23	5
Nb. d'apiculteurs SP	3	16	35	7
Nb. d'apiculteurs P	0	1	6	0
Total	10	36	64	12

*SP : Semi-professionnel, P : Professionnel. Plusieurs techniques peuvent être utilisées par un même apiculteur

Tableau 12 : Les différentes techniques de multiplication du cheptel utilisées

3.3.1. Achat d'essaims

Cette pratique est peu répandue sur l'île puisque seuls 9,6% des apiculteurs interrogés déclarent acheter des essaims. Ce ne sont pas des apiculteurs professionnels mais plutôt des apiculteurs de loisir (70%).

3.3.2. Récupération d'essaims naturels

36 apiculteurs (34,3%) récupèrent des essaims dans la nature. 16 apiculteurs (12 de loisir et 4 semi-professionnels) n'ont que cette méthode pour multiplier leur(s) cheptel(s). Les apiculteurs professionnels ne pratiquent quasiment pas cette technique (seul un apiculteur professionnel récupère des essaims naturels).

Sur toute l'île, les essaims naturels sont récupérés de septembre à avril.

Dans le Sud, les périodes d'essaimage naturel sont marquées en février-mars-avril et de septembre à novembre.

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Oct.	Nov.	Dec.
EST	2	1	1	0	0	0	1	1	3	3	3	2
OUEST	1	2	2	1	1	0	0	0	1	2	3	0
SUD	2	4	8	8	2	0	0	1	6	9	6	3
NORD	2	2	1	0	0	0	1	0	3	2	3	3
Total	7	9	12	9	3	0	2	2	13	16	15	8

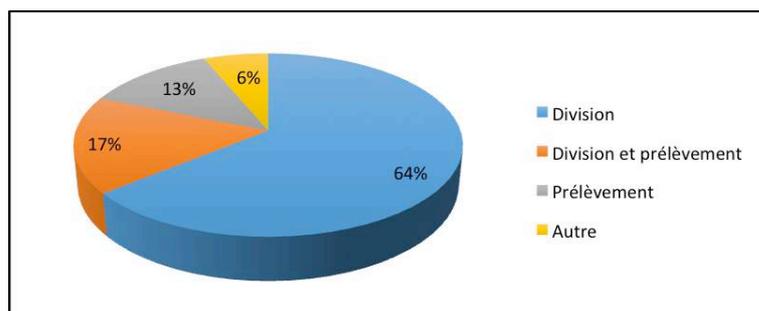
* Les gradients de couleur : une couleur d'autant plus foncée indique un nombre d'apiculteurs plus important

Tableau 13 : Nombre d'apiculteurs récupérant des essaims naturels en fonction des régions de l'île et du moment de l'année

3.3.3. Réalisation de l'essaimage artificiel

L'essaimage artificiel consiste, comme son nom l'indique, à créer des essaims de manière artificielle. Plus de la moitié des apiculteurs réunionnais (61%) réalisent l'essaimage artificiel. Cette technique est très répandue chez les apiculteurs professionnels puisqu'ils la pratiquent tous. Mais elle est également répandue chez les semi-professionnels (83,3%), et est pratiquée par 40,4% des apiculteurs de loisir.

La technique la plus employée d'essaimage artificiel est de loin la méthode de la division (division simple d'une colonie en deux ou trois colonies) avec 81% des apiculteurs qui la réalisent.



Graphique 7 : Les différentes techniques utilisées pour l'essaimage artificiel

Certains apiculteurs (30%) prélèvent des cadres dans plusieurs ruches pour créer un essaim artificiel. Les autres techniques sont anecdotiques.

La période pendant laquelle les apiculteurs réunionnais réalisent l'essaimage artificiel est majoritairement de septembre à décembre, et secondairement en mars-avril, pendant la miellée de baie rose.

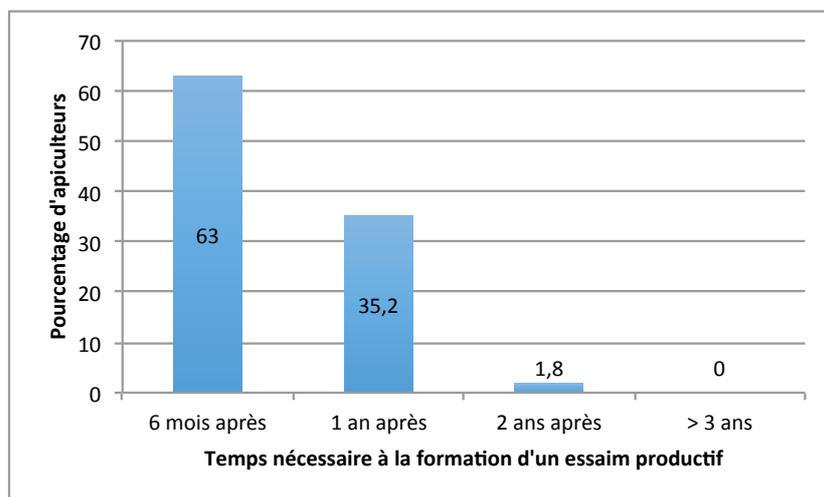
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Nov.	Dec.
EST	1	1	3	5	0	1	0	0	1	8	6	2
OUEST	1	2	2	2	1	1	0	0	4	5	3	2
SUD	2	1	4	6	2	3	0	2	8	16	12	7
NORD	0	1	2	2	0	0	0	0	0	3	2	0
Total	4	5	11	15	3	5	0	2	13	32	23	11

* Les gradients de couleur : une couleur d'autant plus foncée indique un nombre d'apiculteurs plus important

Tableau 14 : Nombre d'apiculteurs pratiquant l'essaimage artificiel en fonction des régions de l'île et du moment de l'année

Certains apiculteurs le réalisent à d'autres périodes de l'année, sauf au mois de juillet où aucun apiculteur ne fait d'essaimage artificiel.

Les apiculteurs interrogés estiment majoritairement (63%) qu'un essaim est capable de produire dans les 6 mois après sa création, et à 35,2 % dans l'année qui suit sa formation (cf graph. ci dessous).



Graphique 8 : Temps moyen estimé nécessaire à la formation d'un essaim productif

3.3.4. Le renouvellement des reines

38,5% des apiculteurs réunionnais remèrent leur ruche de manière artificielle. 19,3% des apiculteurs de loisir remèrent leur ruche de manière artificielle, un peu plus de la moitié des semi-professionnels (56,1%) et tous les professionnels.

Les reines sont renouvelées en moyenne tous les 2 ans pour 41% des apiculteurs, ou de manière annuelle pour 20,5% des apiculteurs. 33,3% des apiculteurs renouvellent leur reine de manière aléatoire, en fonction des besoins.

	Tous les ans	Tous les 2 ans	Tous les 3 ans	Aléatoire	Total
Nombre d'apiculteurs	8	16	2	13	39

Tableau 15 : Fréquence du renouvellement des reines

Le plus souvent (à 70%), les reines sont renouvelées lorsqu'elles sont défailtantes. Toutefois, 28,2% des apiculteurs réforment d'office leurs reines, peu importe l'état de la ponte ou de la colonie.

La technique la plus utilisée (50%) est l'orphelinage de la colonie (élimination de l'ancienne reine) suivi de l'introduction d'un cadre de couvain avec des larves de moins de trois jours (cf tab. 16 ci-dessus).

	Nombre d'apiculteurs	Nombre d'apiculteurs n'utilisant qu'une technique
Introduction d'un cadre de couvain de moins de 3 jours	20	14
Présence de couvain de moins de 3 jours	12	6
Introduction d'une reine	9	6
Introduction d'un cadre de couvain avec des cellules royales	8	4

Tableau 16 : Techniques de remérage artificiel utilisées

3.3.5. L'élevage de reines

Remarque : la technique de l'élevage de reines par « greffage » est expliquée en annexe 2.

12 apiculteurs enquêtés font de l'élevage de reine (18,6%), et seulement deux en vendent. Ils les vendent pour l'un soit vierge ou fécondée naturellement, et pour l'autre sous forme de cellules royales.

L'élevage de reines est fait toute l'année par ces apiculteurs, mais principalement de septembre à décembre, et il y a un second pic en avril-mai (cf tab. 17 ci-dessous).

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Oct.	Nov.	Dec.
Nb. d'apiculteurs	3	1	2	3	4	2	1	2	3	5	5	4

* Les gradients de couleur : une couleur d'autant plus foncée indique un nombre d'apiculteurs plus important

Tableau 17 : Nombre d'apiculteurs réalisant l'élevage de reines en fonction de la période

3.3.6. Le rééquilibrage des cadres de couvain

41,2% des apiculteurs rééquilibrent les cadres de couvain entre leurs colonies.

3.3.7. Réunion de ruches

35% des apiculteurs font des réunions de ruches.

3.4. La récolte

Le matériel utilisé pour enlever les abeilles occupant les cadres de miel operculé est divers en fonction des apiculteurs (cf tab.)

Matériel de récolte	Nombre d'apiculteurs
Balayette	83
Rien (secouant les cadres)	30
Souffleur	14
Chasse-abeilles	11
Autre	1
Total	139*

* Le total ne fait pas 105 car les apiculteurs utilisent plusieurs outils pour récolter.

Tableau 18 : Outils utilisés pour aider à récolter le miel

L'accessoire le plus utilisé est la balayette (83%) largement devant le souffleur (14%). 6% n'utilisent aucun matériel spécifique (hors enfumoir) pour récolter les cadres de miel. Un nombre non négligeable d'apiculteurs (30%) récolte des cadres dans le corps de la ruche.

3.5. Le nourrissage

Tout d'abord, voici quelques notions de base préalables sur le nourrissage des colonies.

Le nourrissage stimulant (ou spéculatif) permet de stimuler la ponte de la reine pour avoir beaucoup de butineuses pour la miellée à venir. Toutefois, il faut être vigilant et ne le réaliser que si l'apport en pollen est suffisant (ou soit compléter en pollen soit apporter par exemple des levures de bière séchée), sinon quoi il y aura un déficit de protéines à l'origine de carences pour le bon développement des larves (*Jean-Prost, 2005*). C'est un sirop léger proche de la composition du nectar, clair à une dilution de 70% d'eau pour 30% de sucre (la composition de ce sirop peut aller jusqu'à 50% de sucre) (*Bocquet, 2010*).

Le nourrissage de carence quant à lui est réalisé lorsqu'il y a un manque de ressources ou lorsque les conditions climatiques ne permettent pas aux butineuses d'aller récolter du nectar. C'est un sirop plus épais (1,5 kg de sucre dans 1 L d'eau soit 60% de sucre), permettant aux abeilles de faire des provisions (*Bocquet, 2010*).

Mais le nourrissage des colonies est assez complexe à comprendre, il faut que chaque apiculteur l'adapte à ses colonies. Entre autres, les facteurs influençant le nourrissage sont climatiques (température, pluviométrie) et écologiques (floraison ou non des espèces mellifères).

Les principales caractéristiques du nourrissage à la Réunion sont présentées dans le tableau 19 suivant.

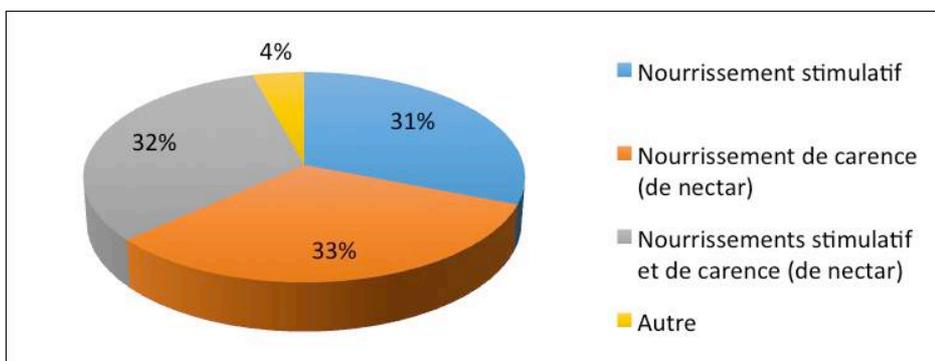
		Nombre d'apiculteurs¹
Types de nourrissage	Carence (de nectar)	23
	Stimulation	22
	Stimulation et carence	23
	Pas de nourrissage	32
Types de nourrisseurs utilisés	Couvre-cadres	39
	D'entrée	23
	Cadre	12
	Autre	4
Produits de nourrissage	Sirop artisanal	52
	Sirop du commerce	12
	Sucre	12
	Miel de son rucher	6
	Autre	3

¹ : n=105 mais le total ne fait pas 105 car plusieurs réponses sont possibles et quelques apiculteurs n'ont pas répondu (NA).

Tableau 19 : Caractéristiques du nourrissage effectué par les apiculteurs réunionnais

3.5.1. Les types de nourrissage

C'est une pratique commune chez les apiculteurs réunionnais avec (69,2%) des apiculteurs enquêtés qui le réalisent, dont 27,9% qui le font de manière systématique.



* Autre : en cas de carence de pollen, après un cyclone, après un grand froid

Graphique 9 : Les types de nourrissage réalisés

Environ un tiers des apiculteurs qui nourrissent leurs colonies réalisent un nourrissage stimulant, un autre tiers un nourrissage en cas de carence de nectar et le dernier tiers effectue les deux types de nourrissage.

Le nourrissage lors de carences en ressources est pratiqué par une bonne majorité des apiculteurs réunionnais (64,8%). Le nourrissage stimulant avant une miellée est également répandu et pratiqué par 63,4% des apiculteurs.

3.5.2. Le matériel utilisé : les nourrisseurs

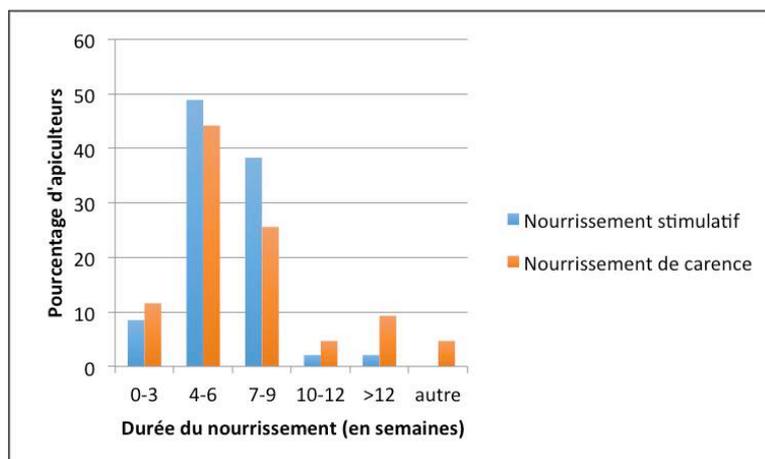
Le matériel principal utilisé pour le nourrissage est le nourrisseur couvre-cadres utilisé par 57,4% des apiculteurs, suivi du nourrisseur d'entrée (33,8%).

3.5.3. Les produits de nourrissage

Les apiculteurs préparent majoritairement le produit de nourrissage (72,2%). Le sirop vendu dans le commerce est parfois utilisé, mais plutôt en dépannage (car est cité avec d'autres réponses, et seuls 4 apiculteurs n'utilisent que celui-ci). Aucun apiculteur n'utilise le miel d'autres apiculteurs pour nourrir ses colonies.

80% des apiculteurs qui font un sirop artisanal pour le nourrissage stimulant le préparent à une dilution de 50% de sucre pour 50% d'eau (1 L d'eau pour 1 kg de sucre). De même, 84,4% des apiculteurs qui font un sirop en cas de carence de nectar utilisent la même dilution que pour un sirop stimulant avant une miellée, c'est à dire 50%-50%. Les apiculteurs réunionnais ne font pas de différence en terme de composition du sirop entre un nourrissage stimulant et un nourrissage de carence de nectar.

3.5.4. Durées de nourrissage



Graphique 10 : Durées des deux types de nourrissage

Globalement, la plus grande majorité des apiculteurs réunionnais qui réalisent un nourrissage stimulant l'effectuent pendant 4 à 9 semaines (87,2%). 8,5% l'effectuent pendant moins de 3 semaines, et quelques rares apiculteurs pendant plus de 10 semaines.

Un profil similaire est observé pour le nourrissage en cas de carence de nectar, c'est à dire qu'il est la plupart du temps (pour 69,8% des apiculteurs) réalisé pendant 4 à 9 semaines.

3.5.5. Les carences en pollen

Globalement, un peu moins de la moitié des apiculteurs interrogés (47,6%) constate des carences en pollen au cours de l'année. Ces carences semblent prédominantes en hiver mais peu d'apiculteurs (27,1%) essayent d'y pallier. En cas de carence de pollen, ces apiculteurs utilisent un sirop à base de protéines (sirop du commerce, levure de bière ou jaune d'œuf).

Voici les espèces végétales riches en pollen d'après les apiculteurs enquêtés :

Espèce végétale (nom vernaculaire local)	Nombre de fois où elle est citée
Fleur jaune	10
Baie rose	9
Mahot	6
Citrouille	5
Teck d'Arabie	3
Herbe piquant rouge	3
Goyave marron (Change écorce)	3

* Herbe piquant rouge est probablement *Bidens pilosa*, piquant ou herbe à aiguille dont la tige est colorée en rouge.

Tableau 20 : Espèces végétales riches en pollen (d'après les apiculteurs enquêtés)

Les espèces végétales les plus citées comme étant pollinifères sont les fleurs jaunes (*Hypericum lanceolatum*), le baie rose (*Schinus terebinthifolius*), le mahot (*Dombeya*) et la citrouille (*Curcubita*).

3.6. La sélection

41,2% des apiculteurs essayent de sélectionner des souches d'abeilles suivant des caractères précis. Le tableau 21 suivant indique les caractères qui sont importants selon les apiculteurs.

Caractères de sélection	Nombre de fois où il est cité par un apiculteur
Production de miel	70
Douceur	46
Sanitaire	20
Dynamisme	16
Hygiénisme	12
Ponte	8
Ne sait pas	8
Non essaimage	7
Tenue de cadre	7
Facilité d'élevage	6
Rusticité	4
Autonomie alimentaire	3

* 98 apiculteurs ont répondu à cette question. Ils devaient choisir 2 critères mais certains ont donné plus de 2 critères de sélection. C'est pourquoi la somme des réponses ne fait pas $2 \times 98 = 196$ mais 207

Tableau 21 : Caractères de sélection importants selon les apiculteurs interrogés

3.7. Observation des colonies

Les apiculteurs réunionnais font des observations d'ensemble de leur(s) ruche(s) pour la plupart (71%), et 9% font des observations chiffrées : ils notent les chiffres dans un cahier. Mais il reste tout de même 20% des apiculteurs qui déclarent ne pas faire d'observation, c'est à dire qu'ils ne s'attardent pas à surveiller leur(s) colonie(s).

3.8. Sanitaire

3.8.1. Les principales causes de mortalité

Environ 90% des apiculteurs interrogés n'ont pas observé de mortalité inhabituelle cette année, et 78,4% l'année précédente.

Concernant les quelques cas de mortalité, aucune atteinte du couvain n'a été rapportée. Pour la majorité, les mortalités correspondaient à un tapis d'abeilles mortes devant la ruche. Toutefois, les apiculteurs étaient le plus souvent incapables de donner des proportions, et pour ceux qui l'ont fait, ils disaient que cela concernait que peu d'abeilles (« une poignée d'abeille ») ou au maximum 30% du rucher.

Voici les principales causes de mortalité d'après les apiculteurs interrogés :

Causes de mortalité	Traitements phytosanitaires	Cyclones	Manque de ressources	Nosérose	Climat	Fausse teigne
Nombre de citations	35	13	8	8	7	6

Tableau 22 : Les principales causes de mortalité des abeilles selon les apiculteurs enquêtés

En tête de liste des principales causes de mortalité, ce ne sont pas des maladies mais les traitements phytosanitaires (aussi bien les pesticides utilisés en agriculture que les insecticides) qui sont cités. La nosérose est encore évoquée.

On voit que l'état sanitaire du cheptel est bien tributaire des conditions climatiques (sécheresse, pluviométrie, cyclones).

Voici d'autres causes de mortalité évoquées (par un ou deux apiculteurs seulement) : vieillesse, noyade, le sphinx tête de mort, les carences en pollen.

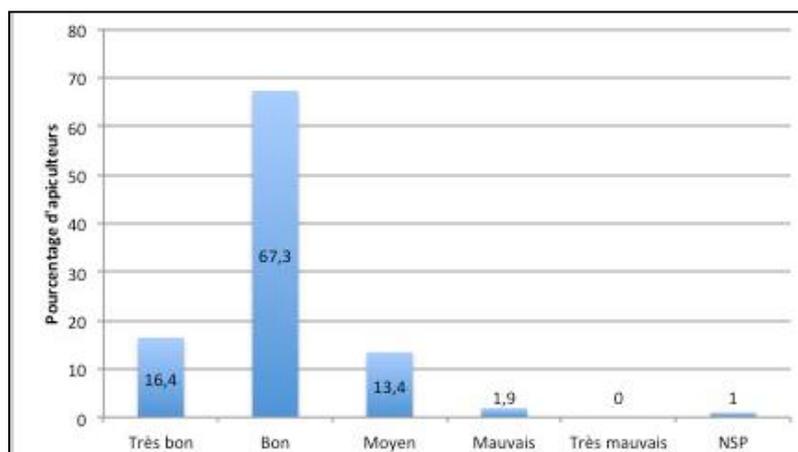
3.8.2. Périodes de mortalité

L'impact des maladies semble le plus important en hiver (surtout de juin à août), puis en janvier-février pendant la période cyclonique (qui a lieu du 15 novembre au 30 avril).

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Oct.	Nov.	Dec.
Nb. d'apiculteurs	19	17	4	5	8	27	34	23	7	3	3	7

Tableau 23 : Périodes où il y a le plus de mortalité observée

3.8.3. Niveau sanitaire du cheptel apicole réunionnais perçu par les apiculteurs



Graphique 11 : Statut sanitaire du cheptel apicole réunionnais perçu par les apiculteurs

Le statut sanitaire du cheptel apicole réunionnais est très bon puisque plus de 80% des apiculteurs réunionnais l'estiment bon (67,3%) voire très bon (16,4%).

4. Discussion

4.1. Les problèmes rencontrés

Les questionnaires ont été effectués majoritairement par téléphone à cause du court temps imparti. Mais ce moyen d'interrogation était moins adapté qu'un questionnaire effectué en direct, chez l'apiculteur lui-même, de par la longueur du questionnaire (de 7 à 15 minutes en moyenne) et de par la technicité de certaines questions. Parfois même, certains apiculteurs finissaient par donner des réponses erronées, juste pour finir au plus vite. Nous nous sommes aussi heurtés à la non coopération de certains apiculteurs.

Le questionnaire n'est clairement pas adapté à tous les apiculteurs, et certaines questions étaient trop techniques pour quelques apiculteurs amateurs. Certaines notions étaient confuses, et cela a faussé ainsi les réponses données. Il aurait fallu faire une pré-sélection en fonction des trois classes d'apiculteurs (de loisir, semi-professionnel ou professionnel) et élaborer un questionnaire, de plus en plus technique, pour chaque classe.

Enfin, nous nous sommes heurtés à quelques apiculteurs méfiants, qui faisaient ainsi de fausses déclarations notamment d'un point de vue de la production de miel avec une nette tendance à sous-déclarer.

4.2. Analyse et discussion des résultats

4.2.1. Une apiculture familiale prédominante

Le faible nombre d'apiculteurs professionnels (5,7%) vivant exclusivement de l'apiculture est un élément remarquable de cette enquête. La majorité des apiculteurs réunionnais ont pour la quasi-totalité un autre revenu que l'apiculture.

Un audit économique de la filière apicole française a été mené en 2011 et nous permet de comparer ces données (*FranceAgriMer*, 2012). De même, en métropole, les apiculteurs professionnels ne représentent que 4% de la population. Toutefois, les critères de classification des apiculteurs sont différents de ceux de la Réunion : les apiculteurs

professionnels ont plus de 150 ruches, et les autres apiculteurs sont différenciés en pluriactifs (31 à 150 ruches) ou familiaux (maximum de 30 ruches).

Par ailleurs, en métropole, les apiculteurs familiaux représentent 91% de la population apicole (contre 54,3% à la Réunion) et 5% de pluriactifs (40% à la Réunion).

A la Réunion, il y a plus de semi-professionnels qu'en métropole, ce qui montre qu'une part plus importante des apiculteurs essaye d'en dégager un revenu.

4.2.2. Une filière apicole vieillissante

Avec seulement 274 apiculteurs déclarés en 2013 (sur une population estimée à 500 apiculteurs (*données DAAF*, 2008)), la part des apiculteurs de loisir est clairement sous-estimée. Ces derniers ne veulent pas se déclarer, car ils ne veulent pas payer la déclaration ou encore par peur de devoir payer des impôts. Ces apiculteurs de loisir détenant quelques ruches évoluent parfois loin des circuits d'information diffusés par des structures comme le GDS ou le SAR.

Cette sous-déclaration des apiculteurs de loisir engendre un biais de sélection.

Un autre élément marquant issu de cette enquête est la moyenne d'âge observée plutôt élevée (52 ans). Près du tiers (29,8%) des apiculteurs interrogés ont 60 ans ou plus. Comme en métropole, où un tiers des apiculteurs recensés a plus de 61 ans (*FranceAgriMer*, 2012), ou en Nouvelle-Calédonie (*Direction des affaires vétérinaires, alimentaires et rurales*, 2011) avec une moyenne d'âge des apiculteurs de 51 ans, la moyenne d'âge des apiculteurs réunionnais (et français de manière plus globale) indique une population vieillissante avec peu d'installation de jeunes apiculteurs, bien que la moyenne d'âge des apiculteurs professionnels réunionnais soit un peu moins élevée, à 49,5 ans.

4.2.3. Une sous-déclaration de la production de miel

La totalité des apiculteurs réunionnais se consacre à la production de miel, et 82,9% ne produisent que du miel.

Les rendements sont très variables d'une année à l'autre, pouvant aller de quelques kilos de miel par ruche à plus de 30 kilos déclarés. Comme l'on pouvait s'y attendre, les rendements sont d'autant plus élevés que la technicité de l'apiculteur est bonne. Ainsi, les apiculteurs de loisir déclarent des rendements moyens assez faibles, de 5,74 kg par ruche et par an contre 21,16 kg en moyenne par ruche et par an chez les professionnels. Le rendement moyen annuel déclaré en 2013, toutes classes d'apiculteurs confondues, est de 13,76 kg par an. On devrait s'attendre à des rendements comparables à ceux obtenus en Nouvelle-Calédonie puisque les conditions environnementales sont similaires : c'est un milieu insulaire avec un climat tropical, même si l'abeille n'est pas la même mais l'abeille italienne *Apis mellifera ligustica* (importée en 1985 essentiellement d'Australie). Ainsi, si l'on compare au rendement annuel moyen d'une colonie d'abeilles élevée en Nouvelle-Calédonie, on constate que ce rendement est bien moindre à la Réunion : 18 kilos en Nouvelle-Calédonie, d'après une enquête menée en 2011 (*Direction des affaires vétérinaires, alimentaires et rurales*, 2011). De plus, M. Douhet estime la récolte moyenne annuelle réunionnaise à 30 à 40 kilos de miel par ruche dans des conditions favorables (colonie forte, pas de surpâturage, bonnes conditions climatiques). Toutefois, l'année 2013 à la Réunion n'a pas été une très bonne année pour la production de miel, avec un hiver difficile à cause du manque de ressources (données GDS), ce qui pourrait expliquer en partie ce faible rendement. Mais, généralement, les apiculteurs réunionnais semblent sous-déclarer leur production, soit par peur des impôts, soit pour toujours dramatiser leur situation précaire et essayer d'obtenir le maximum d'aides.

Toutefois, il est tout à fait normal d'avoir des rendements variables d'une année à l'autre car la disponibilité de la ressource dépend de facteurs aléatoires (alternance des floraisons,

sécheresse). Hormis lors d'incidents climatiques (cyclones, pluies exceptionnelles) ou lors de la saison sèche plus critique pour l'apiculture, le climat réunionnais réunit des conditions favorables permettant aux abeilles de conserver une activité quasi annuelle. Ceci permet donc d'étaler les récoltes (généralement trois par an pour rappel : la miellée de baie rose de mars à mai, la miellée de letchi d'août à début octobre et le miel de forêt ou miel toutes fleurs).

4.2.4. Le problème du déficit de cire

Les autres productions de la ruche sont minoritaires et notamment la cire : seuls 7 apiculteurs en produisent mais c'est majoritairement pour leur consommation personnelle. Les apiculteurs réunionnais sont ainsi contraints d'acheter de la cire qui est importée : c'est la cire Ickowicz qui est importée de métropole (Douhet, 1982).

Le renouvellement de la cire pose plus problème aujourd'hui puisque les apiculteurs réunionnais sont passés à une apiculture moderne avec des ruches à cadres et ainsi ils réutilisent leurs cadres de cire. Il faut savoir qu'il n'y a pas ces problèmes dans les pays en voie de développement, notamment en Afrique (comme par exemple en Ethiopie ou en Angola) puisqu'ils pratiquent majoritairement l'apiculture à rayons fixes : ils doivent détruire les rayons et les presser pour en extraire le miel. Ils récupèrent ainsi la cire. D'ailleurs, ce sont de grands exportateurs de cire d'abeille (Bradbeer, 2010). Un point intéressant est que ces pays sont pour la plupart encore exempts de plusieurs maladies des abeilles, dont la varroose, et donc ne traitent pas leurs ruches avec des acaricides et n'ont pas de résidus de produits chimiques dans leur cire, ou dans tous les cas moins que de la cire provenant de pays industrialisés. Le problème de l'accumulation de ces résidus dans la cire est la contamination du miel.

De plus, la cire peut être porteuse de maladies (spores de *Nosema* ou de loque américaine *Paenibacillus larvae*). Ainsi, il faut être certain de la qualité de la cire (origine, stérilisation). Sinon, on peut acheter de la cire d'opercules (qui scelle les cellules remplies de miel), qui est plus pure puisque c'est de la cire « neuve » et les résidus n'ont pas le temps de s'y accumuler, mais elle coûte plus cher.

Le mieux serait de produire la cire sur place à la Réunion, mais tous les apiculteurs ne disposent pas d'un cirificateur et de quoi faire des feuilles gaufrées. L'alternative serait l'achat en commun de matériel. Par exemple, Abeille Bourbon, un magasin spécialisé en apiculture sur l'île, met à disposition de ses clients un cirificateur qui peuvent l'utiliser pour faire fondre leur cire d'opercules. Mais le risque potentiel de transmission de maladies est toujours présent, même si dans ce cas il n'y a pas de risque de transmission de maladies dont l'île est encore indemne.

4.2.5. Une situation sanitaire privilégiée à préserver

D'un point de vue sanitaire, il ressort de cette enquête que le niveau sanitaire du cheptel apicole réunionnais, estimé par les apiculteurs eux-mêmes, est très bon.

Par ailleurs, les apiculteurs déclarent une mortalité inhabituelle plus importante en 2013. Pourtant, il n'y a eu aucune remontée au niveau du GDS. Mais l'hiver dernier (2013) n'a pas été favorable aux abeilles car il manquait de ressources et un certain nombre d'abeilles sont mortes de faim (données GDS). Dans tous les cas, ces mortalités n'ont concerné que des faibles proportions d'abeilles adultes, et aucune atteinte du couvain n'a été signalée : aucune symptomatologie en lien avec la loque européenne par exemple. Aucun CCD n'a été mis en évidence à la Réunion.

Presque la moitié des apiculteurs réunionnais (41,2%) rééquilibrent les cadres de couvain entre les colonies. Ils peuvent ainsi contaminer les colonies entre elles avec des maladies du couvain comme la loque européenne, présente sur l'île. Les apiculteurs se doivent d'être vigilants sur ce point, même si aucun apiculteur enquêté n'a rapporté d'atteinte du couvain.

L'environnement sanitaire apicole réunionnais est extrêmement préservé. Ce qui pose plus problème d'après les apiculteurs, c'est sans aucun doute les traitements phytosanitaires et les conditions climatiques : pluies et cyclones en saison chaude et le manque de ressources en hiver. Il est à noter que certains apiculteurs ont cité la nosérose comme cause de mortalité de leur(s) cheptel(s), mais il semble plus que ce soit de mémoire, puisque rappelons-le la nosérose a été une maladie importante par le passé sur l'île.

La situation sanitaire réunionnaise est comparable à celle de la Nouvelle-Calédonie, où les apiculteurs mettent en cause également principalement les traitements phytosanitaires. Ces deux îles sont encore préservées de la varroose. Il faut préserver la Réunion puisque le varroa est arrivé dans l'Océan Indien, et notamment sur l'île voisine de Madagascar en 2010.

4.2.6. La diversité des pratiques selon les apiculteurs réunionnais

4.2.6.1. La ruche Bourbon prédominante

Concernant les ruches utilisées, il existe un certain nombre d'évolutions qui sont en train de se produire chez les apiculteurs réunionnais. La ruche locale (Bourbon) voit son utilisation modifiée. De plus en plus d'apiculteurs (35,6%) l'utilisent sur deux corps. Cela permet à la grappe d'abeilles de mieux se déployer au sein de la ruche. Cela permet également le stockage de plus grandes quantités de réserves et d'éviter le recours au nourrissage par l'apiculteur. La ruche Langstroth se développe de plus en plus sur l'île (17,2%). La ruche Dadant (4,3%), très peu utilisée, ne semble pas convenir aux apiculteurs réunionnais.

Les ruches traditionnelles de type bombarde ne sont plus qu'anecdotiques. La filière apicole réunionnaise s'est donc bien modernisée, contrairement à l'île voisine de Madagascar où la production actuelle de miel est encore pour moitié du miel de cueillette, et où les ruches traditionnelles sont majoritaires (65,5%) (chiffres de 2003 issus du rapport de *Adam A.*, 2011).

4.2.6.2. La transhumance

A la Réunion, le tiers des apiculteurs réalise la transhumance (33,7%). 88,6% des apiculteurs qui transhument sont des apiculteurs professionnels. La grande diversité géographique et bioclimatique de l'île rend nécessaire la transhumance pour pouvoir faire une miellée et dégager un bénéfice toute l'année. Les apiculteurs suivent les floraisons qui se succèdent dans les différents secteurs de l'île aussi bien pour la production de miel que pour bénéficier de pollinées importantes pour stimuler la ponte des reines et fournir de nouveaux essaims.

4.2.6.3. Les techniques de multiplication du cheptel

La capture d'essaims naturels est une pratique réalisée par le tiers des apiculteurs. Toutefois, les professionnels évitent de le faire car les essaims récupérés auraient une tendance à essaimer facilement (« essaims fugueurs ») et peuvent introduire de nouvelles maladies dans le rucher. De plus, c'est une activité qui demande d'avoir du temps.

La technique la plus employée pour la multiplication du cheptel est l'essaimage artificiel : elle est réalisée par les apiculteurs des trois classes, même si la technique est d'autant plus maîtrisée et pratiquée que les apiculteurs sont professionnels (tous les professionnels, une très

large partie des semi-professionnels (83%), et quand même 40% des apiculteurs de loisir). L'essaimage artificiel est réalisé essentiellement après la miellée de letchi ou à la fin de la miellée de baie rose. Ces périodes semblent effectivement propices. En effet, cela correspond au moment où les colonies sont les plus peuplées et avec le plus de réserves (pour autant que l'apiculteur n'ait pas prélevé toutes les réserves lors de la récolte). En plus, on est hors période cyclonique (janvier-février) et après la miellée de letchi, de septembre à octobre les bois de couleurs (forêts indigènes) sont en fleurs et très riches en pollen. Toutefois, l'apiculteur se doit d'être vigilant après la création de l'essaim artificiel car celui-ci peut manquer par la suite de provisions, de par le fait d'une ressource moins importante (période d'intermiellée). L'apiculteur peut y remédier en transhumant dans des zones où il y a des espèces mellifères en plus grand nombre et en floraison, ou en nourrissant ses colonies par exemple.

Le vétérinaire Marc Douhet n'est pas d'accord avec cela (Douhet, 1982) : pour lui, il est aberrant de diviser ses ruches juste avant une période de pénurie amenant une dépopulation. Il recommande alors de faire l'essaimage artificiel avant les miellées (à adapter en fonction des principales floraisons selon la région).

Le remérage artificiel est généralement effectué lorsque la reine est défaillante. Toutefois, certains apiculteurs (28,2%) remèrent leurs ruches de manière systématique, sans prendre en compte l'état de la reine. Cette pratique est discutable. Il peut paraître dommage voire inutile de se débarrasser d'une bonne reine. En moyenne, 41% des apiculteurs remèrent leurs ruches tous les 2 ans, ce qui concorde avec l'hypothèse selon laquelle les reines d'*Apis mellifera unicolor* ont une durée de vie d'environ 2 ans.

Seuls quelques éleveurs professionnels pratiquent l'élevage de reines. Malgré cela, les apiculteurs sélectionnent quasiment tous leurs colonies selon différents critères. Les principaux critères retenus sont la productivité et la douceur.

4.2.6.4. Des nourrissements anarchiques

Le nourrissage est une pratique répandue à la Réunion puisque près de 70% des apiculteurs nourrissent leurs colonies à un moment de l'année, dont quasiment 30% des apiculteurs de manière systématique. Ils déclarent effectuer pour un tiers un nourrissage stimulant, pour un autre tiers un nourrissage de carence (de nectar) et pour le tiers restant les deux nourrissements mais les apiculteurs ne semblent pas avoir compris la différence entre ces deux types de nourrissage. En fait, pour la plupart, ils ne savent pas quel type de nourrissage ils réalisent mais il correspond essentiellement à du nourrissage stimulant.

Les apiculteurs réunionnais utilisent essentiellement comme produit de nourrissage un sirop artisanal : de l'eau sucrée. En effet, c'est assez facile à préparer et le coût de revient est bien moins cher. Plus des $\frac{3}{4}$ des apiculteurs disent utiliser une dilution de 50% (1L d'eau pour 1 kg de sucre de canne), que ce soit pour un nourrissage de stimulation ou de carence (respectivement 80% et 84% des apiculteurs). Cela montre bien qu'ils ne font pas la différence entre ces deux types de nourrissage ou qu'ils l'effectuent mal.

Une formation sur le nourrissage serait plus qu'utile, en abordant les points essentiels suivants : quand le réaliser, pendant combien de temps, comment, avec quels produits, les autres types de nourrissage existant...

4.3. Pistes d'amélioration de l'apiculture réunionnaise

Ce travail réalisé pourra servir de base pour la création d'un guide de bonnes pratiques, adapté au milieu tropical, et encore mieux aux spécificités du milieu réunionnais et de l'abeille locale *Apis mellifera unicolor*.

Ce qu'il ressort de cette enquête, c'est qu'une grande partie des apiculteurs réunionnais manque de connaissances techniques sur l'apiculture moderne, d'où la nécessité de ce guide de bonnes pratiques. Cela est certainement lié d'une part à la jeunesse de cette filière et d'autre part au manque d'encadrement des producteurs par une filière organisée et structurée.

Il y a un besoin énorme en terme de formations. Il faudrait une formation de base sur l'apiculture en milieu tropical, *a minima* pour les apiculteurs de loisir. Des formations un peu plus techniques seraient intéressantes pour les apiculteurs semi-professionnels et professionnels. Il serait bien d'arriver à une uniformisation des techniques.

La très bonne situation sanitaire du cheptel apicole réunionnais doit être préservée. La Réunion apparaît comme l'un des rares sanctuaires encore indemne du varroa par exemple. Les apiculteurs doivent être sensibilisés à ce parasite (au moins savoir le reconnaître), d'autant plus qu'il a fait son apparition sur l'île voisine de Madagascar, pour pouvoir donner l'alerte le plus rapidement possible si jamais il venait à être introduit dans l'île. Il est fondamental de sensibiliser tous les apiculteurs (et de façon plus large tous les voyageurs) au risque d'introduction de maladies des abeilles lors de transport de marchandises (reines, miel, cire, matériel apicole d'occasion, fruits...) pour préserver notre situation. Pour appuyer cela, des formations sanitaires organisées par le GDS seraient intéressantes, avec notamment une formation sur la prévention de l'introduction de pathogènes. Dans cette logique, il faudrait arriver à recenser tous les apiculteurs non déclarés de l'île qui peuvent s'avérer être des foyers non contrôlés de maladies. Cela permettrait en plus d'avoir une vision plus réelle de l'apiculture réunionnaise.

Par ailleurs, il serait intéressant de localiser sur une carte de la Réunion l'emplacement de toutes les ruches (d'où l'importance une fois de plus de la déclaration de tous les apiculteurs, y compris ceux qui n'ont qu'une ruche) pour pouvoir contrôler qu'il n'y a pas de surpâturage (surnombre de colonies d'abeilles dans une région donnée). En effet, c'est quelque chose que les apiculteurs réunionnais peuvent craindre du fait de l'environnement insulaire avec un espace restreint et donc une ressource mellifère limitée.

Il faudrait également prendre en compte les emplacements temporaires de ruchers (lors de transhumance). Le problème c'est que les apiculteurs ne souhaitent pas les dévoiler de peur de se faire voler leur place l'année suivante ou que d'autres apiculteurs s'installent à proximité.

On pourrait ainsi voir les zones qui concentrent trop de ruches pour la flore mellifère environnante et au contraire les zones où peuvent s'installer de nouveaux apiculteurs. En effet, en terme de marché il y a encore de la place pour l'installation de nouveaux apiculteurs puisque les apiculteurs réunionnais ne produisent environ que la moitié de la consommation réunionnaise. De plus, le miel réunionnais, de très bonne qualité et d'un goût unique, pourrait être valorisé et exporté ailleurs dans le Monde.

Enfin, il serait intéressant d'essayer de développer les produits dérivés de la ruche, et prioritairement la cire, pour pouvoir s'affranchir de cette contrainte d'importation pour l'approvisionnement des apiculteurs, qui contient un risque d'importation de maladies.

CONCLUSION GÉNÉRALE

A la Réunion, l'apiculture est traditionnellement très présente et ainsi beaucoup de familles possèdent une ruche dans leur jardin. Ces apiculteurs amateurs (ou de loisir) sont majoritaires (54,3% des apiculteurs enquêtés).

L'apiculture à la Réunion est une activité complémentaire pour une grande majorité de producteurs : 40% des apiculteurs sont semi-professionnels, et seulement 5,7% des apiculteurs réunionnais sont professionnels, c'est à dire que l'apiculture est leur seule activité rémunératrice.

D'un point de vue historique, les premiers colons pratiquaient déjà l'« apicueillette ». Dès la fin du XIX^e siècle, une volonté d'élevage de l'abeille réunionnaise a conduit progressivement à l'utilisation de ruches : d'abord des ruches primitives de type bombardes ou caisses, puis des ruches modernes à cadres : la ruche locale Bourbon (fin du XX^e siècle).

Des analyses génétiques ont montré que l'abeille réunionnaise est essentiellement (à 95%) la sous-espèce *Apis mellifera unicolor*, endémique de Madagascar et indigène de la région Océan Indien. La présence des autres sous-espèces (*A. m. carnica*, *A. m. mellifera* et *A. m. scutellata*) est probablement liée aux importations passées de ces abeilles sur l'île jusqu'en 1982, date de l'interdiction d'importation d'abeilles (ainsi que de produits et de matériel apicole).

L'apiculture réunionnaise est une apiculture réalisée en milieu insulaire tropical, avec les spécificités que cela engendre. Les abeilles réunionnaises ont un hivernage très peu marqué, surtout dans les Bas, et produisent du miel quasiment toute l'année. Ainsi, il y a essentiellement trois miellées par an dont une principale : la miellée de baie rose du mois de mars au mois de mai, et secondairement la miellée de letchi en août-septembre et le miel de forêt ou miel « toutes fleurs » selon la région. Le miel réunionnais est un produit de qualité reconnu mondialement.

Le marché réunionnais est encore ouvert puisque la production (environ 150 tonnes par an) ne couvre que la moitié des besoins.

L'enquête réalisée auprès de 105 apiculteurs a permis de collecter pour la première fois un certain nombre de données relatives à l'apiculture réunionnaise. La filière apicole réunionnaise est vieillissante avec une moyenne d'âge de 52 ans. 33,7% des apiculteurs réalisent la transhumance, que ce soit en forêt ou vers les vergers de letchis dans l'Est et le Nord de l'île. 61% des apiculteurs renouvellent leur cheptel par essaimage artificiel, en utilisant pour la plupart (81%) la méthode de la division. Le nourrissage est une pratique répandue avec 69% des apiculteurs qui le réalisent.

Les apiculteurs réunionnais ont une grande diversité de pratiques. Mais pour beaucoup, trop de techniques sont encore mal maîtrisées, comme c'est le cas pour le nourrissage par exemple (surtout dans la classe des apiculteurs de loisir et des semi-professionnels).

Les apiculteurs réunionnais doivent faire face aux contraintes du climat tropical : pluviométrie importante pendant la saison des pluies avec parfois des cyclones, les alizés ou encore la sécheresse. Cependant, ils bénéficient d'un environnement sanitaire très favorable avec une absence des principaux pathogènes comme le varroa, ou encore la loque américaine. La nosébose, la loque européenne et quelques virus (principalement BQCV, CBPV) ont été détectés sur le territoire. Pourtant, les mortalités qui touchent le cheptel réunionnais semblent plus dues à des mauvaises conditions climatiques ou aux traitements phytosanitaires qu'à de véritables maladies apiaires.

Enfin, la biodiversité réunionnaise, le potentiel mellifère en forêt encore peu exploité, et la situation sanitaire de l'île sont les atouts majeurs de l'apiculture réunionnaise.

Les enjeux à venir sont multiples. Il est important de protéger l'état sanitaire de l'abeille « péi » pour pouvoir maintenir cette activité traditionnelle. Par ailleurs, la filière apicole réunionnaise encore jeune, nécessite plus d'encadrement. Cela passe d'abord par l'élaboration d'un guide de bonnes pratiques apicoles, spécifique à l'apiculture en milieu tropical, et mieux encore adapté aux spécificités réunionnaises, et de manière plus continue par des formations adaptées au niveau de chacun.

AGREMENT SCIENTIFIQUE

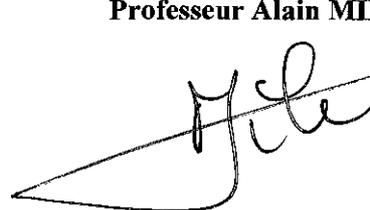
En vue de l'obtention du permis d'imprimer de la thèse de doctorat vétérinaire

Je soussigné, **Philippe JACQUIET**, Enseignant-chercheur, de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, directeur de thèse, certifie avoir examiné la thèse de **AYME Alizée** intitulée «*Synthèse des connaissances sur l'apiculture réunionnaise et enjeux pour la filière.*» et que cette dernière peut être imprimée en vue de sa soutenance.

Fait à Toulouse, le 2014
Professeur **Philippe JACQUIET**
Enseignant chercheur
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse



Vu :
Le Directeur de l'Ecole Nationale
Vétérinaire de Toulouse
Professeur **Alain MILON**

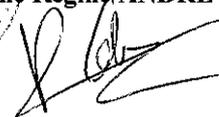



Vu :
Le Président du jury :
Professeur **Gérard CAMPISTRON**



Professeur **G. CAMPISTRON**
SERVICE PHYSIOLOGIE-HEMATOLOGIE
FACULTE PHARMACIE
35, Chemin des Maraichers
31062 TOULOUSE CEDEX 4
Tél. : 05.62.25.68.20
Fax : 05.62.25.98.15

Vu et autorisation de l'impression :
Le Président de l'Université
Paul Sabatier
Professeur **Bertrand MONTHUBERT**
Par délégation, la Vice-Présidente du CEVU
Madame **Régine ANDRÉ OBRECHT**



Mlle **AYME Alizée**
a été admis(e) sur concours en : 2009
a obtenu son diplôme d'études fondamentales vétérinaires le : 25/06/2013
a validé son année d'approfondissement le : 18/09/2014
n'a plus aucun stage, ni enseignement optionnel à valider.



RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. ADAM A (2011). Organisation de l'apiculture malgache.
Rapport de stage de troisième année, Ecole d'Ingénieur en Agro-Développement International, 61 p.
En ligne : <http://apimadagascar.files.wordpress.com/2014/01/organisation-des-apiculteurs-malgaches.pdf>
Consulté le 09/09/2010.
2. ADAM G (2010a). La biologie de l'abeille.
COURS École d'apiculture Sud-Luxembourg. 26 p.
En ligne : <http://ekldata.com/QPHGzNqBPBpKwpdho6j-krOSMLc.pdf>
Consulté le 28/03/2014.
3. ADAM G (2010b). Les individus de la colonie.
COURS École d'apiculture Sud-Luxembourg. 13 p.
En ligne : <http://ekldata.com/9Wubb5sFWWbMHTanuRwjXODT44.pdf>
Consulté le 28/03/2014.
4. ADAM G (2011). Botanique apicole, production de nectar et de pollen.
COURS école d'apiculture Ruchers du Sud-Luxembourg, 11 p.
En ligne : <http://ekldata.com/ViQw1ofEIiaHI2KAwpYl47zYG08.pdf>
Consulté le 28/03/2014.
5. ADAR, Association pour le développement de l'apiculture à la Réunion.
En ligne : <http://www.adar.itsap.asso.fr/index.php>
Consulté le 31/03/14.
6. AFSSET (2007). La lutte antivectorielle dans le cadre de l'épidémie de chikungunya sur l'île de la Réunion : Evaluation des risques et de l'efficacité des produits adulticides.
En ligne : http://www.afssa.fr/ET/DocumentsET/adulticides_vdef.pdf
Consulté le 14/04/2014.
7. ALAUX C, BRUNET JL, DUSSAUBAT C et al. (2009). Interactions between Nosema microspores and a neonicotinoid weaken honeybees (*Apis mellifera*).
Environmental microbiology- 10.1111/j.1462-2920.2009.02123
8. ALLIER F, CHAUZAT M.P, VANNIER P (2010). Rapport de mission à l'île de la Réunion (18 au 21 Octobre 2010).
ANSES, ITSAP, 19 p.
En ligne : http://www.daf974.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/MissionIleReunion18-21oct_mp_vu_FA_mp-1_cle886495.pdf
Consulté le 29/04/2014.
9. ANDERSON D, TRUEMAN J (2000). *Varroa jacobsoni* (Acari : Varroidae) is more than one species.
Experimental and Applied Acarology 24 (3) : 165-189.
10. ANMV. Index des médicaments vétérinaires autorisés en France.
En ligne : <http://www.ircp.anmv.anses.fr/>
Consulté le 17/07/2014.

11. ANSESa, FLI, FERA, Laboratoire de Référence de l'Union Européenne Santé de l'abeille. Le petit coléoptère de la ruche.
En ligne : <http://www.anses.fr/fr/documents/ANSES-Ft-Aethinatumida0113.pdf>
Consulté le 29/04/2014.
12. ANSESb, FERA, FLI, Laboratoire de référence de l'Union Européenne Santé de l'abeille. Les acariens du genre *TROPILAE LAP S* spp.
En ligne : <http://www.anses.fr/fr/documents/ANSES-Ft-Tropilaelapspp0113.pdf>
Consulté le 30/04/2014.
13. BATSCH D (2010). Comportement de l'abeille et caractérisation des principales ressources mellifères en milieux naturels et cultivés à la Réunion.
CIRAD, 37 p.
14. BÂVILLE M, DEHECQ JS, REILHES O, MARGUERON T, POLYCARPE D, FILLEUL L (2012). L'évolution de la lutte anti-vectorielle entre 2005 et 2011 à la Réunion : les enseignements de l'épidémie de chikungunya.
Communication, spécial Chikungunya.
In *Med Trop* 2012 ; **72** : 43-46.
15. BAYLEY L, GIBBS A.J, WOODS R.D (1968). The purification and properties of chronic bee-paralysis virus.
J. Gen. Virol. 2, p. 251–260.
16. BECQUART P (2007). L'épidémie de Chikungunya à l'île de la Réunion. Evaluation des moyens de lutte antivectorielle et leur impact sur la santé et l'environnement, 6 p.
En ligne :
http://www.paulbecquart.fr/petit_site_sante/Documents/reportages/sante/virus/Chikungunya.pdf
Consulté le 29/04/2014.
17. BOCQUET M (2010). Le nourrissage : comprendre l'alimentation de la colonie, gérer le nourrissage du cheptel.
O.P.I.D.A, 160 p.
18. BOUCHER A (1941). Mémoire d'Antoine BOUCHER sur l'île BOURBON en 1710. Recueil trimestriel de documents et travaux inédits pour servir à l'histoire des Mascareignes françaises, 340 p.
19. BOWEN-WALKER PL, MARTIN SJ, GUNN A (1999). The transmission of deformed wing virus between honeybees (*Apis mellifera L.*) by the ectoparasitic mite *Varroa jacobsoni*.
Journal of Invertebrate Pathology 73, (1), 101-106.
20. BOURG S (2006). Abeille et insecticides phytosanitaires.
Thèse de doctorat vétérinaire, Université Paul-Sabatier de Toulouse, 125 p.
21. BRADBEAR N (2010). Le rôle des abeilles dans le développement rural.
Manuel sur la récolte, la transformation et la commercialisation des produits et services dérivés des abeilles.
Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. Rome, 2010.
238 p.

22. BRUNEAU E (2008). Miel sous les tropiques.
In Abeilles et Cie, 2-2008, n°123, p. 12-13.
23. BRUNEAU E (2009). La Réunion, un paradis pour les abeilles?
In Abeilles et Cie, 3-2009, n°130, p. 20-21.
24. CABIa. Acarapis woodi.
En ligne : <http://www.cabi.org/isc/datasheet/2527>
Consulté le 21/04/2014.
25. CABIb. American foulbrood of honey bees.
En ligne : <http://www.cabi.org/isc/datasheet/78183>
Consulté le 23/04/2014.
26. CABIc. Tropilaelaps clareae.
En ligne : <http://www.cabi.org/isc/datasheet/55052>
Consulté le 30/04/14.
27. CALDERON R. A., VAN VEEN JW, SOMMEIJER MJ, SANCHEZ LA (2010).
Reproductive biology of *Varroa destructor* in Africanized honey bees (*Apis mellifera*).
Experimental and Applied Acarology 50 (4): 281-297, doi:10.1007/s10493-009-9325-4.
28. CELLE O, BLANCHARD P, SCHURR F, OLIVIER V, COUGOULE N, FAUCON J.P, RIBIERE M (2008). Detection of Chronic bee paralysis virus (CBPV) genome and RNA replication in various host : possible ways of spread.
In Virus Res. 133, 280–284.
29. CHEN Y, PETTIS JS, EVANS JD, KRAMER M, FELDLAUFER MF (2004).
Transmission of Kashmir bee virus by the ectoparasitic mite *V. destructor*.
Apidologie, **35**, 441-448.
30. CHEN Y, EVANS J, FEDLAUFER M (2006). Horizontal and vertical transmission of viruses in the honey bee, *Apis mellifera*.
In J. Invertebr. Pathol. 92, 152–159.
31. CIRADa, La Réunion et Mayotte. Varroa : le point sur la situation à Madagascar.
En ligne : http://reunion-mayotte.cirad.fr/actualites/varroa_a_madagascar
Consulté le 28/05/2014.
32. CIRADb, La Réunion et Mayotte. Lutte biologique contre la vigne marronne : des essais complémentaires sur la tenthrède.
En ligne : <http://reunion-mayotte.cirad.fr/actualites/tenthrede>
Consulté le 20/05/2014.
33. CIRADc, La Réunion et Mayotte. Résultats des essais sur les interactions « abeilles/tenthredes » en vergers de litchis.
En ligne : http://reunion-mayotte.cirad.fr/actualites/abeilles_tenthredes_en_vergers_de_litchis
Consulté le 20/05/2014.

34. CLEMENT H, (2006). Le Traité Rustica de l' Apiculture.
Editions Rustica/FLER, Paris, 528 p.
35. COLIN M.E, GAUTHIER L, TOURNAIRE M (2008). L'opportunisme chez *N. Ceranae*.
Abeille & Cie n°122, p. 24-26.
36. COLOSS (Prevention of honey bee COLony LOSSes). Honey bee viruses.
En ligne : <http://www.coloss.org/beebook/II/virus/1/1>
Consulté le 25/04/2014.
37. DAINAT B, IMDORF A, CHARRIERE J-D, NEUMANN P (2008). Virus des abeilles : revue des connaissances actuelles.
In Revue suisse d'apiculture n°1-2/2008, p.8-13.
38. DAOUAR N, MEKKRAI Z (2010). Etude de développement ovarien chez l'abeille ouvrière *Apis mellifera*.
Université Hassiba Benbouali de Chlef Algérie - Master 2010.
39. DE GUZMAN L, RINDERER T, BEAMAN L (1993). Survival of *Varroa jacobsoni* Oud. (Acari:Varroidae) away from its living host *Apis mellifera* L.
Exp. Appl. Acarol **17**, 283-290.
40. DEHECQ J-S, BAVILLE M, MARGUERON T, MUSSARD R, FILLEUL L (2011). La réémergence du chikungunya à la Réunion en 2010 : évolution des actions de lutte antivectorielle.
In Bull. Soc. Pathol. Exot. (2011) 104:153-160
41. DEREDEC A, COURCHAMP F (2003). Extinction thresholds in host–parasite dynamics.
Ann. Zool. Fennici 40, p.115–130.
42. 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 24/04/2014.
43. DI PRISCO G, PENNACCHIO F, CAPRIO E, BONCRISTIANI HF Jr, EVANS JD, CHEN Y (2011). *Varroa destructor* is an effective vector of Israeli acute paralysis virus in the honeybee, *Apis mellifera*.
J. Gen. Virol., 92, 151-155.
44. DIRECTION DES AFFAIRES VETERINAIRES, ALIMENTAIRES ET RURALES.
Service de l'eau et des statistiques et études rurales (2011).
L'apiculture en Nouvelle-Calédonie – Enquête 2011, 29 p.
45. DIREN (2006). Premier bilan sur les impacts des traitements anti-moustiques, dans le cadre de la lutte contre le chikungunya, sur les espèces et les milieux de l'île de la Réunion.
Rapport rédigé par le comité scientifique ad-hoc créé le 15 mars 2005. 41 p.

En ligne : http://www.side.developpement-durable.gouv.fr/simclient/consultation/binaries/stream.asp?INSTANCE=EXPLOITATION&EIDMPA=IFD_FICJOINT_0000688
Consulté le 29/04/2014.

46. DOUHET M (1982). L'apiculture à la Réunion et ses problèmes sanitaires. Direction départementale des Services Vétérinaires, 100 p.
47. DU BOIS (1772). Les voyages faits par le sieur Du Bois aux isles Dauphine ou Madagascar, et Bourbon ou Mascarenne, des années 1669, 70, 71 et 72.
48. DUSSAUBAT ARRIAGADA C (2012). Effets de *Nosema ceranae* (Microsporidia) sur la santé de l'abeille domestique *Apis mellifera* L. Thèse de doctorat de l'Université d'Avignon, 179 p.
49. ELLIS JD, ZETTEL NALEN CM (2010). *Varroa* Mite, *Varroa destructor* Anderson and Trueman (Arachnida: Acari: Varroidae). In University of Florida, document EENY-473.
50. ESNAULT O (2013). Bilan sanitaire de la filière apicole réunionnaise et évaluation des risques d'introduction d'agents pathogènes exotiques. Rapport de la DAAF, GDS Réunion, 113 p.
51. Encyclopédie de la langue française. Abeille. En ligne : <http://www.encyclopédie-universelle.com/abeille1/abeille-menu.html>
Consulté le 27/03/2014.
52. EVANS J, SPIVAK M (2010). Socialized medicine : Individual and communal disease barriers in honey bees. *Journal of Invertebrate Pathology* 103, p. 62-72.
53. FORSGREN E (2009). European foulbrood in honey bees. In *Journal of Invertebrate Pathology* 103 (2010) S5-S9.
54. FRANCEAGRI MER (2012). Audit économique de la filière apicole française. 32 p.
55. FRANCK P, GARNERY L, SOLIGNAC M, CORNUET J.M (2000). Molecular confirmation of a fourth lineage in honeybees from the Near East. In *Apidologie*, **31** (2), 167-180.
56. GARNERY L, SOLIGNAC M, CELEBRANO G, CORNUET J-M (1993). A simple test using restricted PCR-amplified mitochondrial DNA to study the genetic structure of *Apis mellifera* L. *Experientia* 49, Birkhäuser Verlag, CH-4010 Basel/Switzerland, p. 1016-1021.
57. GDSA 27a, Groupement de défense sanitaire des abeilles de l'Eure. La loque européenne. 7p. En ligne : http://gdsa27.free.fr/IMG/pdf/La_Loque_europeenne.pdf
Consulté le 22/04/2014.
58. GDSA 27b, Groupement de défense sanitaire des abeilles de l'Eure. La fausse teigne. 8p.

En ligne : <http://gdsa27.free.fr/spip.php?article104>

Consulté le 18/07/14.

59. GDSA 27c, Groupement de défense sanitaire des abeilles de l'Eure. Cycle et symptômes de la loque américaine.
En ligne : <http://gdsa27.free.fr/spip.php?article94>
Consulté le 23/04/2014.
60. GDSA 27d, Groupement de défense sanitaire des abeilles de l'Eure. La nosérose 2/4 : impact sur l'abeille et la colonie.
En ligne : http://gdsa27.free.fr/IMG/pdf/Nosemose_2.pdf
Consulté le 18/04/2014 .
61. GHARBI M (2011). Les produits de la ruche : origines- fonctions naturelles- composition- propriétés thérapeutiques. Apithérapie et perspectives d'emploi en médecine vétérinaire.
Thèse de doctorat vétérinaire, Université Claude-Bernard-Lyon I, 247 p.
62. Groupe Espèces Invasives de la Réunion (GEIR).
En ligne sur : <http://www.especiesinvasives.re/index.php>
Consulté le 20/04/2014.
63. HARDY C (2012). *Apis mellifera*, histoire d'une espèce.
In abeilles et Cie, 1-2012, n°146, p. 13-14.
64. HAUSER R (2004). *Aethina tumida* : la menace se précise.
In Insectes n°134 – 2004 (3), p.15-18.
65. HERMANN P (1920). Apiculture pratique aux colonies tropicales. 97 p.
66. HIGES M., MARTÍN R., MEANA A (2006). *Nosema ceranae*, a new microsporidian parasite in honeybees in Europe.
J. Invertebr. Pathol., 92, 2, p. 93-95.
67. HIGES M., GARCÍA-PALENCIA P., MARTÍN-HERNÁNDEZ R., MEANA A (2007). Experimental infection of *Apis mellifera* honeybees with the Microsporidia *Nosema ceranae*
J. Invertebr. Pathol., 94, 3, p. 211–217.
68. HIGES M, MARTIN-HERNANDEZ R, BOTIAS C., et al. (2008). How natural infection by *Nosema ceranae* causes honeybee colony collapse.
Environ. Microbiol., 10, 10, p. 2659-2669.
69. JOHNSON R, BOROWIEC M, CHIU J, LEE E, ATALLAH J, WARD P (2013). Phylogenomics resolves evolutionary relationships amongs ants, bees, and wasps.
In Current Biology, volume 23, p. 1-5.
70. KARL VON FRISCH (1953). Vie et mœurs des abeilles (« Aus dem Leben der Bienen »).
71. KIEVITS J (2003). Pheromones, quelques notions.
En ligne : <http://st-ambroise.be/Consultation/pheromones.pdf>
Consulté le 09/06/2014.

72. KOZAK P, MAAARO (ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario), ECCLES L, TAM J, KEMPERS M, RAWN D, GUZMAN E, KELLYP (2012). Loque américaine – biologie et diagnostic.
6 p.
En ligne : <http://www.omafra.gov.on.ca/french/food/inspection/bees/afb-biology.pdf>
Consulté le 24/04/14.
73. JEAN-PROST P (2005), 7^e édition revue et complétée par LE CONTE Y. Apiculture : Connaître l'abeille. Conduire le rucher. 698 p.
74. LACOMBED D (1996). Miel et apiculture, une histoire de famille.
Mémoire de maîtrise d'ethnologie, Université de la Réunion, Faculté des lettres, 91 p.
75. LATREILLE PA (1802). Histoire naturelle générale et particulière des Crustacés et des Insectes.
Dufart, Paris, 467 p.
76. LAVEND'HOMME R (2006). Le génome de l'abeille est séquencé.
Dans abeilles et Cie, 6-2006, n°115, p.22-23.
77. LE BOURGEOIS T, DELLA MUSSIA S (2009). Un insecte efficace contre la vigne marronne à la Réunion.
Insectes n°153-2009 (2), p.17-19.
En ligne : http://www7.inra.fr/opie-insectes/pdf/i153-le_bourgeois-della_mussia.pdf
Consulté le 20/05/2014.
78. LECONTE Y (2002). L'abeille dans la classification des insectes.
In Abeilles et Fleurs N°628, p. 15-16.
79. LE CONTE Y (2005). La différenciation des castes chez l'abeille.
In Abeilles et Fleurs N°657, p. 24-25.
80. LE CONTE Y, NAVAJAS M (2008). Changements climatiques : impact sur les populations d'abeilles et leurs maladies.
In Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz., **27** (2), 485-497.
81. LEGIFRANCE
En ligne : <http://www.legifrance.gouv.fr/>
Consulté le 04/04/2014.
82. Le musée du miel.
Disponible sur : <http://musee-du-miel.com/>
Consulté le 11/06/2014.
83. LEONCINI I, BRILLET C, LE CONTE Y (2002). La régulation sociale chez l'abeille.
In Abeilles et Fleurs N°631, p.28-29.
84. LEQUET L (2010). Du nectar à un miel de qualité : contrôles analytiques du miel et conseils pratiques à l'intention de l'apiculteur amateur.
Thèse de doctorat vétérinaire, Université Claude-Bernard – Lyon 1, 194 p.
85. MACKOWIAK C (2009). Le déclin de l'abeille domestique *Apis mellifera* en France.
Thèse de doctorat en pharmacie, Université Henri Poincaré, Nancy 1, 155 p.

86. MAISONNASSE A (2010). Communication chimique et régulations sociales dans la colonie d'abeilles (*Apis mellifera* L.).
Thèse pour le doctorat de l'université d'Avignon, 141 p.
87. MARTINET O, POMMIER P, SCLOSSMACHER P, DEVELAY A, DE HARO L (2005). Intoxication par bois de gale (*Agauria salicifolia*).
Presse Med, **34**, p. 797-798.
88. MARTIRE D, ROCHAT J (2008). Les Papillons de la Réunion et leurs chenilles.
Biotope, Mèze (Collection Parthénope) ; Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 496 p.
89. MATHESON A, REID M (1992), Strategies for the prevention and control of AFB.
Parts I.II.III. Amer. Bee. J. 132(6), 133(7), 134(8) : pp. 399-402, pp. 471-475, pp. 534-547.
90. MATHIEU A (2011). Variations saisonnières des populations de la tenthrède *Cibdela janthina* (Hymenoptera : Argidae) en fonction de l'altitude à l'île de la Réunion.
Montpellier : Sup Agro, 54 p.
Mémoire de Master 2 : Ingénieur agronome. Spécialisation Inter-agro protection des plantes et environnement.
91. MCKEE, B.A., GOODMAN, R.D., HORNITZKY, M.A.Z. (2004). The transmission of European foulbrood (*Melissococcus plutonius*) to artificially reared honey bee larvae (*Apis mellifera*). J. Apicult. Res. 43, 93–100.
92. MEGRET J-F (1986). L'apiculture dans le département de la Réunion : aspects zootechniques et pathologiques.
Thèse de doctorat vétérinaire, Faculté de médecine de Créteil, 99 p.
93. METAS E (2006). Etude des impacts à court terme de la lutte antivectorielle sur les abeilles dans le cadre de l'épidémie de chikungunya.
Etude DIREN-volet Abeilles, 36 p.
94. MICHENER CD (1944). Comparative external morphology, phylogeny, and classification of the bees (Hymenoptera).
Bulletin of the American Museum of Natural History 82: 1-326.
95. MICHEZ D (2007). La nouvelle classification des abeilles (Hymenoptera, Apoide, Apiformes) ou la chute de l'abeille mellifère (*Apis mellifera* L.) de son piédestal.
In OSMIA n°1, p. 23-26.
96. MITTERMEIER (2005). Hotspots revisited : Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions.
CEMEX, Conservation International, 392p.
97. MYERS N (2001). Hotspots.
In Encyclopedia of Biodiversity, Volume 3, p371-381.
98. NIXON M (1983). World maps of *Varroa jacobsoni* and *Tropilaelaps clareae*, with additional records for honeybee diseases and parasites previously mapped.
Bee World, 64: 124-131.

99. OIE (2005a). Acariose des abeilles.
In Manuel terrestre de l'OIE 2005, p.1060-1065
En ligne :
http://web.oie.int/fr/normes/mmanual/pdf_fr/Chapitre%20final05%202.9.1_Acariosis.pdf
Consulté le 21/04/2014.
100. OIE (2005b). Loque américaine.
In manuel terrestre de l'OIE 2005, p.1066-1074
En ligne :
http://web.oie.int/fr/normes/mmanual/pdf_fr/Chapitre%20final05%202.9.2_Loque%20Am.pdf
Consulté le 23/04/2014.
101. OIE (2005c). Infestation de l'abeille par *TROPILAEELAPS (Tropilaelaps clareae, T. koenigerum)*.
In manuel terrestre de l'OIE 2005, p.1089-1092.
En ligne :
http://web.oie.int/fr/normes/mmanual/pdf_fr/Chapitre%20final05%202.9.6_Tropilaelaps.pdf
Consulté le 30/04/2014.
102. OIE (2008a). Loque européenne des abeilles mellifères.
In Manuel terrestre de l'OIE 2008. p.443-447.
En ligne :
http://www.oie.int/fileadmin/Home/fr/Health_standards/tahm/Chap%202.2.3._Loque%20Europ_2008.pdf
Consulté le 22/04/2014.
103. OIE (2008b). Nosémose des abeilles mellifères.
In Manuel terrestre de l'OIE 2008. p. 448-453.
En ligne :
http://www.oie.int/fileadmin/Home/fr/Health_standards/tahm/Chap%202.2.4._Nos%203%20A9mosis_2008.pdf
Consulté le 18/04/2014.
104. OIE (2008c). Varroose des abeilles mellifères.
In manuel terrestre de l'OIE 2008.
En ligne :
http://www.oie.int/fileadmin/Home/fr/Health_standards/tahm/Chap%202.2.7._Varroose_2008.pdf
Consulté le 28/05/2014.
105. OIE (2008d). Infestation par le petit coléoptère des ruches (*Aethina tumida*).
In manuel terrestre de l'OIE 2008.
En ligne :
http://web.oie.int/fr/normes/mmanual/pdf_fr/Volume%201_pdf/Chap%202.2.5._Le%20petit%20col_2008.pdf
Consulté le 29/04/2014.
106. Parc National de la Réunion
Disponible sur : <http://www.reunion-parcnational.fr/>
Consulté le 10/06/2014

107. PATERSON P.D (2008). L'apiculture.
Collection Agricultures tropicales en poche, 158 p.
108. PAXTON R, KLEE J, KORPELA S, FRIES I (2007). *Nosema ceranae* has infected *Apis mellifera* in Europe since at least 1998 and may be more virulent than *Nosema apis*.
Apidologie 38, p. 558-565.
109. PETIT D (2002). Principes et méthodes d'élevage de reines d'abeilles
Disponible sur : <http://daniel.petit.chez-alice.fr/apiculture/ElevageReines.pdf>
Consulté le 24/06/2014
110. PIERSON L (2014). *Tropilaelaps clareae* et *Aethina tumida* : deux arthropodes pathogènes pour l'abeille domestique (*Apis mellifera*), agents d'infestations inscrites sur la liste des maladies de première catégorie en France.
Thèse de doctorat vétérinaire, Faculté de médecine de Créteil, 120 p.
111. PORCIANI A (2012). Analyse de risque qualitative de l'arrivée de *Varroa destructor* sur l'île de la Réunion. Conséquences sur les filières apicoles et associées.
Université Montpellier 2, 67p.
112. PRANCE G. T, BEENT J. H, DRANSFIELD J, JOHNS R (2000). The tropical flora remains undercollected.
Ann. Missouri Botanical Garden, in press.
113. Ruche. ComprendreChoisir.com. Ruche, le guide pratique
En ligne : <http://ruche.comprendrechoisir.com/>
Consulté le 30/05/2014.
114. RACCAUD J, SCHOELLER E (1980). Les insectes, physiologie, développement.
Editions Masson, 294 p.
115. RASOLOFOARIVAO H, CLÉMENCET J, RAVELOSON-RAVAOMANARIVO L H, RAZAFINDRAZAKA D, REYNAUD B, DELATTE H (2013). Typage génétique et distribution de l'ectoparasite *Varroa destructor* (*Acari : Varroidea*) à Madagascar depuis sa première description en 2010.
In LSA n°255 5-6/2013, p.290-303.
116. REY R (2012). La disparition des abeilles (Colony Collapsus Disorder). Etat des lieux, analyse des causes et des conséquences.
Thèse de doctorat en pharmacie, Université Victor Segalen – Bordeaux 2, 115p.
117. REYNAUD B (2012). La lutte biologique contre la vigne marronne.
En ligne : <http://www.agriculture-biodiversite-oi.org/Enjeux-societe/Actualites/Dossiers/La-lutte-biologique-contre-la-vigne-marronne>
Consulté le 20/05/2014.
118. RIBIERE M, BALL B, AUBERT M (2008). Natural history and geographical distribution of honey bee viruses.
In Virology and The Honey Bee. European Commission, Brussels. p.15-84.

119. RIBIERE M, OLIVIER V, BLANCHARD P (2009). Chronic bee paralysis : A disease and a virus like no other?
In Journal of Invertebrate Pathology 103 (2010) S120–S131.
120. RUTTNER F (1988). Biogeography and Taxonomy of Honeybees.
Springer Verlag, Heidelberg, Berlin, Germany, 284 p.
121. SAMMATARO D, DE GUZMAN L, GEORGE S, OCHOA R. TRACHEAL MITES (2000). Tracheal mite, *Acarapis woodi* (Rennie) (Acari: Tarsonemidae). 15p. For : BEEBOOK Swiss Bee Research Centre Federal Department of Economic Affairs, Research Station Agroscope Liebefeld-Posieux ALP Bern, Switzerland
En ligne :
<http://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/64133000/PDFFiles/501-600/503-Sammataro--Tracheal%20Mite%20Chapter.pdf>
Consulté le 21/04/2014.
122. SEGEREN P, MULDER V, BEETSMA J, SOMMEIJER R (2004).
L'apiculture dans les zones tropicales. Sixième édition. 93p.
123. SCHNEIDER (1989). Biométrie des abeilles réunionnaises.
Thèse de doctorat vétérinaire, Alfort, 91 p.
124. Sciences de la vie et de la terre au Lycée.
Disponible sur : <http://www.svtaclairjj.fr/>
Consulté le 04/03/2014.
125. SHEPPARD W, MEIXNER M (2003). *Apis mellifera pomonella*, a new honey bee subspecies from Central Asia.
Apidologie 34, p.367-375.
126. SINELLE J (2012). Etude des chiffres clés et itinéraires techniques de la filière apicole réunionnaise.
Licence professionnelle agriculture et développement durable en milieu tropical et insulaire. 62 p.
127. SPIVAK M, DOWNEY D (1998). Field Assays for Hygienic Behavior in Honey Bees (Hymenoptera : Apidae).
Journal of Economic Entomology, Vol. 91, n°1, p. 64- 70.
128. TASEI J-N (1996). Impact des pesticides sur les abeilles et les autres pollinisateurs.
Courier de l'environnement de l'INRA n°29, p. 9-18.
En ligne : <http://www7.inra.fr/lecourrier/assets/C29Tasei.pdf>
Consulté le 14/04/2014.
129. TECHER M, SADEYEN J (2011). Niveaux de polyandrie et diversité génétique chez les colonies d'abeilles à la Réunion.
Rapport de stage Master 1 Biodiversité et Ecosystèmes Tropicaux (BEST), Université de La Réunion. 62 p.
130. TECHER M (2012). Diversité et structure génétique de l'abeille *Apis mellifera* à la Réunion.
Mémoire de stage, 23 p.

131. THEBAUD C, STRASBERG D (1991). Conservation of plant species and their habitat on the island of La Réunion (Mascarene Islands, Indian Ocean). WWF International, Project 4543, Genève, Switzerland.
132. TOULLEC A.N.K (2008). Abeille noire, *Apis mellifera mellifera*, historique et sauvegarde. Thèse de doctorat vétérinaire, Faculté de médecine de Créteil, 162 p.
133. TRHLIN M, RAJCHARD J (2011). Chemical communication in the honeybee (*Apis mellifera* L.) : a review. In *Veterinari Medicina*, 56, 2011 (6) : 265-273.
134. TRIOLO J (2005). Guide pour la restauration écologique de la végétation indigène. ONF, financement Région-Europe, 88 p.
135. TRIOLO J (2009). Miels, ruchers et plantes endémiques dans les forêts publiques. Rapport de l'Office National des Forêts (ONF). 73 p.
136. VAN ENGELSDORP D, EVANS JD, SAEGERMAN C, et al. (2009). Colony Collapse Disorder : A Descriptive Study. *PLoS ONE* 4(8): e6481. doi:10.1371/journal.pone.0006481
137. VIDAL-NAQUET N. L'acariose des trachées à *Acarapis woodi*. En ligne : <http://www.apivet.eu/la.html>
Consulté le 21/04/2014.
138. VIDAL-NAQUET N. Apivet. A propos du virus de la paralysie chronique (CPV) ou virus de la Maladie Noire. En ligne : <http://www.apivet.eu/2009/06/a-propos-du-virus-de-la-paralysie-chronique-cpv-ou-virus-de-la-maladie-noire.html>
Consulté le 25/04/2014.
139. VIDAU C, BELZUNCES L et al. (2011). Exposure to Sublethal Doses of Fipronil and Thiocloprid Highly Increases Mortality of Honeybees Previously Infected by *Nosema ceranae*. *PLoS ONE* 6(6): e21550. doi:10.1371/journal.pone.0021550
140. VITA-SWARM
Test de détection Vita (loques américaine et européenne) " Mieux vaut prévenir que guérir "
En ligne : <http://www.vita-swarm.com/kit-de-detection.html>
Consulté le 22/04/2014.
141. WEBER M, CADIVEL A, CHAPPEL V, ABINABER F, LE GALLO A, RAGONNEAU S, VERDIERE C, LASSALLE C, METAS E, D'ORTENZIO E (2009). Intoxication collective par « miel fou » à l'île de la Réunion (océan Indien). In *Bull Soc Pathol Exot*, **102**, 1, p.7-8.

142. WENDLING S (2012). *Varroa destructor* (ANDERSON ET TRUEMAN, 2000), un acarien ectoparasite de l'abeille domestique *Apis mellifera* LINNAEUS, 1758. Revue bibliographique et contribution à l'étude de sa reproduction. Thèse de doctorat vétérinaire, Faculté de médecine de Créteil, 190 p.
143. WHITFIELD C.W, et al. (2006). Thrice Out of Africa : Ancient and Recent Expansions of the Honey Bee, *Apis mellifera*. In Science, Vol. 314 no. 5799 DOI: 10.1126/science.1132772. p. 642-645.
144. WINSTON M. L (1993). La biologie de l'abeille. Paris : Editions Frison-Roche, 276 p.

ANNEXES

Annexe 1 : Questionnaire posé aux apiculteurs réunionnais (2014)

A) IDENTIFIER L'APICULTEUR

Q1 Nom :

Q2 Prénom :

Q3 Age :

Q4 Vous êtes apiculteur :

- professionnel (*N°agri* , *n°SIRET* et *apiculture = seule source de revenu*)
- semi-professionnel (*N°agri* , *n°SIRET* et *autre revenu complémentaire - salaire, retraite, rente, RSA...*)
- de loisir (*N°agri*, *pas de statut officiel d'apiculteur, moins de 60 ruches*)

Q5 Depuis combien de temps êtes vous apiculteur ?

Q6 Quel est votre site principal d'activité apicole (commune) ?

Q7 Comment vous tenez-vous informé de l'actualité de la filière apicole réunionnaise? (*plusieurs réponses possibles*)

Q.7.1 ne se tient pas informé

Q.7.2 organismes

Q.7.3 bouche à oreille

Q.7.4 revues

Q.7.5 internet

Q.7.6 presse

B) PRESENTATION DE L'EXPLOITATION

Q8 Vous produisez (*plusieurs réponses possibles*) :

Q.8.1 du miel

Q.8.2 du pollen

Q.8.3 de la propolis

Q.8.4 de la gelée royale

Q.8.5 de la cire

Q9 Combien de miel avez-vous produit l'année dernière (2013) ? (*en kg ou en tonnes*)

Q10 Nombre de ruches en production l'année dernière :

Q11 Nombre de ruches en production actuelles (*au jour d'aujourd'hui*):

Q12 Le type de ruches (*plusieurs réponses possibles*):

Q12.1 dadant

Q12.2 langstroth

Q12.3 bourbon sur un corps

Q12.4 bourbon sur deux corps

Q12.5 autre :

Q13 Nombre d'emplacements total (*emplacements de production, d'élevage, d'hivernage...*) :

Q13.1 un seul emplacement

Q13.2 de 2 à 10

Q13.3 de 11 à 20

Q13.4 plus de 20

Q14 Transhumez-vous?

oui

non

C) LA MULTIPLICATION DU CHEPTEL

1. L'essaimage :

a. L'essaimage naturel :

Q15 Récupérez-vous des essaims issus de l'essaimage naturel? (*Si non passer à la question : Q17*)

oui

non

Q16 A quelle période a lieu l'essaimage naturel ? **Précisez en fonction de la (des) région(s)** (dans les Hauts ou les Bas, du sud, nord, ouest et est) (*entourer, plusieurs réponses possibles*)

Janvier, février, mars, avril, mai, juin, juillet, août, septembre, octobre, novembre, décembre

b. L'essaimage artificiel

Q17 Achetez vous des essaims?

- oui
- non

Q18 Pratiquez vous l'essaimage artificiel ? (Si non, passer à la Q23)

- oui
- non

Q19 Quelle(s) technique(s) utilisez-vous pour créer vos essaims (plusieurs réponses possibles) ?

Q19.1 prélèvement de cadres dans plusieurs ruches différentes

Q19.2 division

Q19.3 méthode de l'éventail (diviser entièrement la ruche mère dans plusieurs ruchettes et les disposer autour de l'ancien emplacement occupé par la ruche mère pour récupérer les butineuses)

Q19.4 autre :

Q20 A quelle(s) période(s) faites-vous les essaims. **Précisez en fonction de la (des) région(s)** (dans les Hauts ou les Bas, du sud, nord, ouest et est) (entourer, plusieurs réponses possibles)

Janvier, février, mars, avril, mai, juin, juillet, août, septembre, octobre, novembre, décembre

Q21 Combien d'essaims faits l'année dernière sont aptes à produire cette année?.....

Q22 Combien de temps après la formation d'un essaim ce dernier est-il capable de produire en général ?

- 6 mois après
- 1 an après
- 2 ans après
- plus de 3 ans après

2. Le renouvellement des reines

Q23 Marquez-vous vos reines?

- oui
- non

Q24 Remérez-vous vos ruches de manière artificielle? (remérage artificiel = toute intervention provoquant un changement de reine non décidé par les abeilles) (Si non, passer à la Q29)

- oui
- non

Q25 A quelle fréquence?

Q25.1 tous les ans

Q25.2 tous les 2 ans

Q25.3 tous les 3 ans

Q25.4 aléatoire

Q26 A quelle(s) période(s) renouvelez-vous vos reines? (entourer, plusieurs réponses possibles)

Janvier, février, mars, avril, mai, juin, juillet, août, septembre, octobre, novembre, décembre, aléatoire

Q27 Pourquoi décidez-vous de remérer ? (plusieurs réponses possibles)

Q27.1 reine défaillante

Q27.2 remérage systématique

Q28 Quelles sont vos techniques de remérage (plusieurs réponses possibles)? Orphelinage de la colonie (éliminer l'ancienne reine) et ...

Q28.1 présence de couvain de moins de 3 jours

Q28.2 introduction d'une nouvelle reine

Q28.3 introduction d'un cadre de couvain avec des cellules royales déjà bâties

Q28.4 introduction d'un cadre de couvain avec des œufs ou des larves de moins de 3 jours

Q28.5 autre :

3. L'élevage de reines :

Q29 Pratiquez-vous l'élevage de reine? (Si non, faire les Q33,34, (35) et passer à la question Q40)

- oui
- non

Q30 Si oui, vendez-vous des reines?

- oui
- non

Q31 A quelle période? (entourer, plusieurs réponses possibles)

Janvier, février, mars, avril, mai, juin, juillet, août, septembre, octobre, novembre, décembre, aléatoire

Q32 Si oui, sous quelle « forme » ? (*reine vendue*)

- vierge
- fécondée naturellement
- fécondée artificiellement
- cellule royale

a. Les cadres à mâles :

Q33 Mettez-vous des cadres à mâle dans vos ruches ? (*afin de saturer l'espace avec vos mâles et d'avoir le plus de mâles susceptibles de féconder vos reines et de favoriser la lignée sélectionnée*)

- oui
- non

Q34 Le nombre de mâles vous semble-t-il constant toute l'année ?

- oui
- non

Q35 Si non, quelle(s) est(sont) la(les) période(s) où les mâles sont les plus nombreux ? (*entourer, plusieurs réponses possibles*)

Janvier, février, mars, avril, mai, juin, juillet, août, septembre, octobre, novembre, décembre, aléatoire

b. Le greffage des larves :

Q36 Vous l'effectuez (*plusieurs réponses possibles*):

- Q36.1 dans un local
- Q36.2 dehors dans votre rucher, abrité du soleil
- Q36.3 dehors dans votre rucher, non abrité du soleil
- Q36.4 dehors peu importe l'abri
- Q36.5 dans votre véhicule

c. L'élevage :

Q37 Utilisez-vous un starter? (*Ruchette de pré-élevage, 3 à 5 cadres, pour amorcer l'élevage des larves*)

- oui
- non

Q38 Est-ce un starter :

- ouvert
- fermé

Q39 Quel type d'éleveuse utilisez-vous? (*plusieurs réponses possibles*)

- Q39.1 éleveuse sans reine
- Q39.2 éleveuse avec reine (et grille à reine)
- Q39.3 biruche (2 colonies côte à côte remplissent de miel une hausse commune placée au-dessus d'une grille à reine)

4. Le rééquilibrage des cadres de couvain :

Q40 Rééquilibrez-vous les cadres de couvain entre les colonies?

- oui
- non

Q41 Si non, pourquoi ? (*plusieurs réponses possibles*)

- Q41.1 éviter les maladies
- Q41.2 les ruches n'en présentent pas le besoin
- Q41.3 inutile
- Q41.4 autre :

Q42 Si oui, à quelle période? (*entourer, plusieurs réponses possibles*)

Janvier, février, mars, avril, mai, juin, juillet, août, septembre, octobre, novembre, décembre, aléatoire

5. Les réunions :

Q43 Faites-vous des réunions de ruche?

- oui
- non

D) LA RECOLTE

1. Le matériel :

Q44 Utilisez-vous la grille à reine? (*sinon passer à la Q46*)

- oui
- non

Q45 A quels moments?

- Q45.1 Toute l'année
- Q45.2 En période de miellée
- Q45.3 Autre :

Q46 Vous récoltez (*plusieurs réponses possibles*)

- Q46.1 avec le chasse abeille
- Q46.2 avec la balayette
- Q46.3 en secouant les cadres
- Q46.4 avec le souffleur
- Q46.5 autre :

2. Les réserves de la ruche :

Q47 Récoltez-vous des cadres dans le corps de ruche? (*sinon passer à la question Q49*)

- oui
- non
- très peu

Q48 Si oui pourquoi (*plusieurs réponses possible*)?

- Q48.1 pour avoir plus de miel
- Q48.2 pour laisser la place à la reine de pondre et éviter l'essaimage
- Q48.3 pour renouveler les cires
- Q48.4 autre :

Q49 Approximativement quelle est votre production de miel moyenne annuelle par ruche?

- Q49.1 de 1 à 5 kg
- Q49.2 de 6 à 10 kg
- Q49.3 de 11 à 15 kg
- Q49.4 de 16 à 20 kg
- Q49.5 de 21 à 25 kg
- Q49.6 de 25 à 30 kg
- Q49.7 plus de 30 kg

E) LE NOURRISEMENT

1. Nourrissement stimulant et de carence :

Q50 Nourrissez-vous vos ruches ? (*si non, passer à la Q60*)

- Oui (systématique)
- Parfois (en fonction des besoins)
- Non

Q51 Si oui (ou parfois), pour quelle(s) raison(s) ? (*plusieurs réponses possibles*)

- nourrissage stimulant avant une miellée
- nourrissage en cas de carence de nectar
- autre :

Q52 En cas de nourrissage stimulant avant une miellée, quand est-ce que vous l'effectuez ? **Précisez en fonction de la (des) région(s) où vous l'effectuez** (dans les Hauts ou les Bas, du sud, nord, ouest et est) (*entourer, plusieurs réponses possibles*)

Janvier, février, mars, avril, mai, juin, juillet, août, septembre, octobre, novembre, décembre, variable

Q53 En cas de nourrissage à cause d'une carence en nectar, quand est-ce que vous l'effectuez ? **Précisez en fonction de la (des) région(s) où vous l'effectuez** (dans les Hauts ou les Bas, du sud, nord, ouest et est) (*entourer, plusieurs réponses possibles*)

Janvier, février, mars, avril, mai, juin, juillet, août, septembre, octobre, novembre, décembre, variable

Q54 Quel type de nourrisseur utilisez-vous (*plusieurs réponses possibles*)?

- Q54.1 nourrisseur cadre
- Q54.2 nourrisseur couvre cadre
- Q54.3 nourrisseur d'entrée

- Q54.4 autre :
- Q55 Quels produits utilisez-vous (*plusieurs réponses possibles*)?
- Q55.1 sucre
 - Q55.2 sirop artisanal
 - Q55.3 sirop du commerce
 - Q55.4 miel d'un autre apiculteur
 - Q55.5 votre propre miel
 - Q55.6 autre :
- Q56 Si c'est un sirop, quelle est la dilution pour un nourrissage stimulant (*plusieurs réponses possibles*)?
- Q56.1 50%-50%
 - Q56.2 75%-25%
 - Q56.3 aléatoire
 - Q56.4 ne sait pas
 - Q56.5 autre :
- Q57 Si c'est un sirop, quelle est la dilution pour un nourrissage de carence (*plusieurs réponses possibles*)?
- Q57.1 50%-50%
 - Q57.2 75%-25%
 - Q57.3 aléatoire
 - Q57.4 ne sait pas
 - Q57.5 autre :
- Q58 Durant combien de semaines pour un nourrissage stimulant? :
- Q58.1 de 0 à 3 semaines
 - Q58.2 de 4 à 6 semaines
 - Q58.3 de 7 à 9 semaines
 - Q58.4 de 10 à 12 semaines
 - Q58.5 plus de 12 semaines
- Q59 Durant combien de semaines pour un nourrissage de carence? :
- Q59.1 de 0 à 3 semaines
 - Q59.2 de 4 à 6 semaines
 - Q59.3 de 7 à 9 semaines
 - Q59.4 de 10 à 12 semaines
 - Q59.5 plus de 12 semaines

2. Carences en pollen :

- Q60 Remarquez-vous des carences en pollen à certains moments de l'année? (*si non passer à la Q66*).
- oui
 - non
- Q61 Si oui, à quelle période?
- Q62 Où se situent les ruchers présentant ces carences?.....
- Q63 Essayez-vous d'y pallier?
- oui
 - non
- Q64 Si oui, comment y palliez-vous ? (*plusieurs réponses possibles*)
- Q64.1 transhumance du rucher
 - Q64.2 apport de pollen frais
 - Q64.3 apport de pollen du commerce
 - Q64.4 autre :
- Q65 Connaissez-vous les essences permettant de combler ces carences en pollen?
.....

F) LA SÉLECTION

- Q66 Lors de ces techniques de multiplication de cheptel (essaimage artificiel, renouvellement des reines , élevage...), sélectionnez-vous des souches suivant des caractères précis?
- oui
 - non
- Q67 Choisissez deux caractères qui vous semblent les plus importants parmi la liste suivante :
- Q67.1 production de miel
 - Q67.2 douceur
 - Q67.3 hygiénisme
 - Q67.4 dynamisme
 - Q67.5 sanitaire

- Q67.6 autonomie alimentaire
- Q67.7 essaimage
- Q67.8 non essaimage
- Q67.9 ponte
- Q67.10 facilité d'élevage
- Q67.11 rusticité
- Q67.12 tenue de cadre
- Q67.13 ne sait pas

Q68 concernant vos colonies, faites-vous des observations :

- d'ensemble
- chiffrées
- Vous n'en faites pas

G) SANITAIRE

Q69 Avez-vous observé des mortalités inhabituelles cette année ? (*plusieurs réponses possibles*) (*si non, passer à la Q72*)

- Non
- Oui, devant la ruche (tapis d'abeille mortes)
- Oui, mortalité importante et brutale d'ouvrières **sans cadavres observés** à l'intérieur ou à proximité de la ruche. (*CCD Colony Collapse Disorder ou Syndrome d'effondrement des colonies*)
- Oui, atteinte du couvain essentiellement

Q70 Si oui, à quelle période de l'année ? (*entourer, plusieurs réponses possibles*)

Janvier, février, mars, avril, mai, juin, juillet, août, septembre, octobre, novembre, décembre

Q71 En quelle proportion ?

Q72 Avez-vous observé des mortalités inhabituelles l'année dernière ? (*si non, passer à la Q75*)

- Non
- Oui, devant la ruche (tapis d'abeilles mortes)
- Oui, mortalité importante et brutale d'ouvrières **sans cadavres observés** à l'intérieur ou à proximité de la ruche. (*CCD Colony Collapse Disorder ou Syndrome d'effondrement des colonies*)
- Oui, atteinte du couvain essentiellement

Q73 Si oui, à quelle période de l'année ? (*entourer, plusieurs réponses possibles*)

Janvier, février, mars, avril, mai, juin, juillet, août, septembre, octobre, novembre, décembre

Q74 En quelle proportion ?

Q75 Quelles sont les principales causes de mortalité qui touchent ou ont touché votre cheptel ?

.....

Q76 A quelle(s) période(s) de l'année l'impact des maladies est-il le plus important ? (*entourer, plusieurs réponses possibles*)

Janvier, février, mars, avril, mai, juin, juillet, août, septembre, octobre, novembre, décembre, aléatoire

Q77 D'après vous, pourquoi ? :

- Mauvaises conditions climatiques (cyclones, pluie, sécheresse)
- Période d'intermiellée
- Autre :
- Ne sait pas

Q78 Effectuez vous des traitements préventifs systématiques ou curatifs contre des maladies apiaires ?

- Oui
- Non

Q79 Si oui, lesquels :

Q80 Etes vous inquiets de l'arrivée du Varroa à Madagascar ?

- Oui
- Non
- Pas au courant

Q81 Utilisez-vous du matériel apicole d'occasion (*déjà utilisé*) ?

- Oui
- Non

Q82 Comment qualifiez vous le statut sanitaire de votre cheptel ?

- Très bon
- Bon
- Moyen
- Mauvais

- Très mauvais

Annexe 2 : La technique de l'élevage de reines par « greffage » (d'après *Petit, 2002* et *Jean-Prost, 2005*)

Le renouvellement des reines se fait naturellement lors de l'essaimage naturel ou par supersédure (pas d'essaimage). Cependant, celui-ci n'est pas contrôlé. Il ne permet donc pas de sélectionner une souche intéressante (douceur, productivité, race particulière...).

C'est pourquoi l'élevage artificiel des reines est intéressant. Il se base sur le principe que les abeilles orphelines élèvent une nouvelle reine. Il fonctionne mieux s'il est effectué pendant la période de l'élevage royal naturel, c'est à dire à l'époque de l'essaimage. Voici la principale méthode d'élevage des reines, par greffage des larves (méthode Doolittle). Ce sont les abeilles qui élèveront les futures reines, à partir de couvain de moins de 3 jours pour rappel.

Le « greffage » ou picking des larves

L'apiculteur choisit les larves dans les meilleures colonies (ruches souches). Il récupère les larves les plus jeunes possibles (âgées au maximum de 36 heures) à l'aide d'un petit crochet, le picking, et les transfère dans des cupules, sur une goutte de gelée royale diluée de moitié. Ces cupules sont des cellules artificielles en cire ou en plastique. Ce procédé est appelé de manière impropre le « greffage » ou picking. C'est un travail minutieux, de précision et délicat. L'apiculteur doit tenir compte des conditions de luminosité, de température et d'humidité car les larves sont sensibles aux rayons du soleil et au vent (risque de déshydratation).

Le starter

Elles sont immédiatement placées dans une ruche de façon à y être élevées. Généralement, elles sont d'abord placées dans un starter pendant 15 à 24 heures, ce qui facilitera l'acceptation dans la ruche élèveuse. C'est une ruchette fermée, de 3 à 5 cadres, contenant des abeilles et des provisions (pollen, miel et eau) mais sans reine ni couvain. Les abeilles doivent être jeunes, pour faciliter la production de gelée royale en quantité et en qualité. Le cadre d'élevage portant les cupules peut y être introduit 4 à 6 heures après l'élaboration de la ruchette. En l'absence de reine, les abeilles vont alors très rapidement nourrir ces jeunes larves pour en élever de nouvelles (reines). Les larves acceptées se repèrent par la présence d'une grande quantité de gelée royale et par la présence de cire (début de construction de la cellule royale). Ces dernières seront transférées dans une ruche élèveuse ou finisseur.

La ruche élèveuse ou finisseur

Elle a pour caractéristique d'être une colonie forte, populeuse et bonne élèveuse. Les larves peuvent être élevées par une colonie orpheline ou par une colonie avec reine, mais séparée par une grille à reine auquel cas la reine tuera les larves royales. L'intérêt de la présence de la reine est le renouvellement permanent des nourrices. Il existe plusieurs types de finisseurs : vertical, horizontal ou encore une biruche (finisseur horizontal double) qui a l'avantage de permettre l'élevage d'un plus grand nombre de cellules royales. C'est une ruche à 2 reines, vivant chacune dans 2 compartiments différents. Les deux colonies remplissent de miel une hausse commune placée au dessus des deux corps contenant chacun une reine, et séparés par une grille à reine. Les cellules royales devront être retirées avant l'émergence (car la première reine née tuera ses sœurs), environ 10 jours après l'introduction du cadre contenant les larves royales. Elles seront alors transférées dans des mini-ruches appelées nucléi, pour permettre la naissance de la reine, puis sa fécondation. Sinon, de plus en plus d'apiculteurs terminent l'élevage royal en incubateur artificiel. C'est une étuve à 34-35°C et 75% d'humidité dans laquelle ils placent les cellules royales une fois operculées, environ 6 jours après le greffage. Les futures reines naissent dans l'incubateur. Chaque cellule royale doit être isolée par une cage de naissance, pour éviter que la première reine née n'aille tuer ses sœurs.

Toulouse, 2014

NOM : Aymé

PRÉNOM : Alizée

TITRE : SYNTHÈSE DES CONNAISSANCES SUR L'APICULTURE RÉUNIONNAISE
ET ENJEUX POUR LA FILIÈRE

RESUME :

L'apiculture semble de plus en plus menacée à l'échelle mondiale avec une origine multifactorielle (maladies, parasites, produits phytosanitaires, facteurs climatiques). Toutefois, l'île de la Réunion semble encore préservée. Il y a peu de données sur la filière apicole réunionnaise. Ce travail a pour objectif de rassembler toutes les connaissances actuelles sur cette filière afin d'en dégager les spécificités pour pouvoir servir de base pour l'élaboration ultérieure d'un guide de bonnes pratiques apicoles adapté au milieu tropical réunionnais. Une première partie traite de la biologie de l'abeille ; la deuxième partie établit les principales caractéristiques de l'apiculture réunionnaise, à partir de données bibliographiques. La troisième partie complète la partie précédente, à partir d'un questionnaire posé à 105 apiculteurs réunionnais.

La filière apicole réunionnaise est jeune. Elle nécessite un encadrement et notamment un appui technique. Les particularités de l'apiculture réunionnaise sont : une activité répandue et traditionnelle, l'abeille locale *Apis mellifera unicolor*, la ruche locale Bourbon, les miels produits (baie rose, letchi, de forêt ou « toutes fleurs »), un milieu insulaire tropical avec une grande biodiversité, une activité maintenue quasiment toute l'année (hivernage peu marqué) et un statut sanitaire très bon, avec l'absence de varroa ou de loque américaine.

Mots-clés : Apiculture, Abeille, *Apis mellifera unicolor*, Ile de la Réunion

ENGLISH TITLE : SUMMARY OF KNOWLEDGE ABOUT BEEKEEPING IN REUNION
ISLAND AND THE ISSUES FOR THE INDUSTRY

ABSTRACT :

Worldwide, beekeeping seems to be more and more threatened due to multifactorial causes (diseases, parasites, pesticides, climatic factors). However, Reunion island seems to be still preserved. There are few data on the Reunion beekeeping. This work aims to gather the current knowledge about this industry in order to identify the specificities to provide a basis for the further development of a guide of good beekeeping practices adapted to Reunion tropics. The first part deals with the biology of honeybee ; part two sets out the main feature of beekeeping in Reunion, from bibliographic data. The third part completes the previous section, from a questionnaire posed to 105 Reunion beekeepers.

Reunion beekeeping is young. It requires a framework including technical support. Reunion beekeeping's specificities are : a widespread and traditional business, the local bee *Apis mellifera unicolor*, the local hive Bourbon, honeys produced (« brazilian pink pepper », « leetchy », « forest » or « flowers»), a tropical island environment with a high biodiversity, activity maintained most of the year (slightly marked wintering) and a very good health status, with the absence of varroa or american foulbrood.

Key-words : Beekeeping, Honey bee, *Apis mellifera unicolor*, Reunion island