

République Algérienne Démocratique et

Populaire Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université A. MIRA – Bejaïa

Faculté des Sciences de la nature et de la vie

Département de Sciences Biologiques de L'environnement

Filière : Biologie et physiologie et physiologie

Option : Reproduction et biotechnologie animale

Mémoire de fin de cycle

En vue de l'obtention du diplôme de

Master

Thème :

**Etude bibliographique de la reproduction chez
l'abeille domestique *Apis mellifera***

Présenté par :

M^{elle} BENNAIDJA Farida

M^{elle} MEDDOUR Razika

Soutenu le : 15 Juin 2015

Devant le jury composé de :

Président : Mr IGUER-OUADA MokraneProfesseur

Encadreur : M^{me} SAD-EDDINE Ourdia.....MAA

Examineur : Mr AYAD Abdelhanine.....MCA

Année universitaire : 2014 / 2015

Sommaire



Remerciements

Nous remercions DIEU le tout puissant, de nous avoir donné le courage, la force et la patience afin de mener travail à terme.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et grand respect à notre chère promotrice M^{me} Sad – Eddine pour son aide, sa disponibilité, ses conseils avisés, et ses remarques qui nous ont permis de présenter notre travail.

Nos sincères remerciements s'adressent aussi aux membres de jury d'avoir accepté de juger notre travail et de contribuer à son enrichissement par leurs valeureuses remarques :

Mr IGUER- OUADA Mokrane pour avoir accepté de présider le jury et d'évaluer notre travail. Mr AYAD Abdelhanine pour avoir accepté d'examiner ce travail, d'avoir bien voulu prendre le temps d'évaluer et de juger notre travail.





***On voudrait aussi exprimer notre reconnaissance
aux personnes qui ont grandement contribués à ce
que ce travail aboutisse on cite :***

Ahlem, Karima, Salwa, Salim et Samir.

***Nous remercions également tous ceux qui ont
contribué, de près ou de loin à la réalisation de ce
modeste travail surtout aux apiculteurs :***

***Mr Mensouri Hmanou, Mr Ouramdane, Mr Alhadj
Khallef.***





Dédicaces

A mes chers parents symbole de sacrifice, de tendresse et d'amour. Quoi que je fasse, je ne pourrais jamais vous récompenser pour les grands sacrifices que vous avez faits et continuez de faire pour moi

A mes chères sœurs pour leurs soutien et leur encouragement: Sousou et Ziza

A ma chère sœur et ma deuxième maman Meriem qui a été toujours avec moi dans chaque instant de ma vie, je le remercie amplement pour le soutien moral dans les moments les plus hostiles de ma vie.

***A mes très chers frères qui sont toujours là pour moi :
Rahim, Nadjib et Basset.***

A tous ceux qui m'aiment.

A tous ceux que j'aime.

A tous ceux qui dans le cœur et reste toujours dans le cœur

Je dédie ce modeste travail

Farida





Dédicace

Avant tout, nous remercions Dieu de nous avoir donné le courage et la foi pour mener à bien ce travail.

Je dédie ce modeste travail

A celui qui a toujours été présent, qui m'a appris les vraies valeurs de la vie, pour ses encouragements et ses orientations, mon très cher père que j'aime.

A la femme la plus courageuse, généreuse, la plus belle à mes yeux, ma très chère mère que j'aime.

Ce travail représente le fruit de votre soutien, vos sacrifices, conseils et vos encouragements.

Qu' Allah vous protège et vous accorde une longue vie pleine de santé et de bonheur.

A ceux qui m'ont soutenu nuit et jour et durent tout mon parcours

Mes chères sœurs et leurs maris

Ma très chère sœur karima





Mes chers frères et mes belles sœurs

Mes neveux et nièces

Mes grands parents spécialement jadi hcène

***A ceux que j'ai la chance de connaître, dans les
meilleurs et pires moments de ma vie, à mes amis les
plus fidèles***

A ma copine , mon binôme et à toute sa famille

La promotion RBA

RAZIKA



Liste des figures

| | |
|---|----|
| Figure 1 : La morphologie générale d'une abeille (Wardenier, 2012)..... | 04 |
| Figure 2 : Les trois castes d'abeille domestique (Originale, 2015)..... | 06 |
| Figure 3: Ouvrières butineuses, SC : sac rempli de pollen (Oued Ghir, 2015)..... | 07 |
| Figure 4: Appareil reproducteur femelle de la reine (Le conte, 2002)..... | 08 |
| Figure 5 : Ovaire d'une reine d'abeille mellifère (Jackson et al. 2011)..... | 09 |
| Figure 6: La spermathèque d'une reine fécondée (Originale, 2015)..... | 10 |
| Figure 7: Appareil reproducteur d'une ouvrière (Pain, 1968)..... | 11 |
| Figure 8: coupe histologique qui montre la structure de l'ovaire avec ses différentes Parties, G: germarium ; V : vitellarium ; O : ovocytes matures Gr×100 (Taouint, 2014)..... | 14 |
| Figure 9: Organes génitaux du Faux-bourdon : (MG) : glande a mucus, (SV) : vésicule séminale, (ED) : canal éjaculateur, (blb) : bulbe, EPH : endophalus, (crv): cervix, (vst) (Gençer et al., 2014)..... | 15 |
| Figure 10: L'endphallus, C : deux crochets copulatifs (originale, 2015)..... | 16 |
| Figure 11: Appareil génital du mâle de l'abeille domestique (Woyke, 2008)..... | 16 |
| Figure 12: Organes génitaux du faux-bourdon : les vésicules séminales (VS), les glandes accessoires ou glandes à mucus (MG) et le conduit éjaculateur (EC), des testicules ont été enlevés (Originale, 2015). | 17 |
| Figure 13: La reproduction des abeilles (Le Conte Y., 2002)..... | 19 |
| Figure 14: Structure chimique l'acide le 9-ODA Acide 9-oxo-(E)-2-décènoïque (Maisonasse, 2010)..... | 20 |
| Figure 15: Éversion de l'endophallus avec présence de sperme (coloration beige) (originale, 2015)..... | 21 |
| Figure 16: Mécanismes de l'accouplement chez l'abeille domestique (Didier, 2012)..... | 21 |

| | |
|---|----|
| Figure 17: La ponte d'œufs par la reine encerclée en rouge (Didier, 2012) | 23 |
| Figure 18: Deux ovocytes libérés dans l'oviducte latéral, S: sermathèque, OV: ovarioles de la reine, O : ovocyte (Thiaville, 2015) | 23 |
| Figure 19: Les œufs pondus par la reine (Contributeurs de Wikipédia, 2011a)..... | 24 |
| Figure 20: Larves d'ouvrières (Sidi Aïch, 2015)..... | 25 |
| Figure 21: Couvain operculé des ouvrières avec des alvéoles remplis de pollen et de miel (Amtik , 2015)..... | 26 |
| Figure 22: Le stade nymphal (Originale, 2015)..... | 27 |
| Figure 23: De l'œuf à l'ouvrière (Le Conte Y., 2002)..... | 27 |
| Figure 24: Deux cellules royales non operculées dans le coté de cadre à gauche (Sidi Aïch, 2015)..... | 28 |
| Figure 25 : Le facteur de différenciation des castes (Kamakura, 2011)..... | 29 |
| Figure 26: Quatre cellules royales operculées encerclées en rouge (Sidi Aich, 2015)..... | 29 |
| Figure 27: Une nymphe d'une reine (Originale, 2015)..... | 30 |
| Figure 28: De l'œuf à la reine (Le Conte Y., 2002)..... | 30 |
| Figure 29: Alveoles operculée des faux-bourçons (Oued Ghir, 2015)..... | 31 |
| Figure 30: Différents stades de développement d'un faux-bourçon (Thiaville, 2015)..... | 32 |

Liste des tableaux

Tableau 1: Âges (jours) auxquels les tâches sont exécutées par les ouvrières.....06

Tableau 2 : La nourriture distribuée au couvain d'ouvrières (Sammataro et Avitabile, 1998).....25

Sommaire

| | |
|--|----|
| Introduction | 01 |
| I. Généralités sur l'abeille domestique | 02 |
| 1. Position systématique de l'abeille <i>Apis mellifera</i> | 02 |
| 2. Les races d'abeilles Algériennes..... | 02 |
| 2.1. <i>Apis mellifera intermissa</i> (Buttel-Reepen, 1906)..... | 02 |
| 2.2. <i>Apis mellifera sahariensis</i> (Baldensperger, 1922)..... | 03 |
| 3. La morphologie d'une abeille domestique | 03 |
| 4. Les différentes castes d'une colonie d'abeille domestique <i>Apis mellifera</i> | 04 |
| 4.1. La reine | 04 |
| 4.2. Les mâles (faux-bourçons) | 05 |
| 4.3. Les ouvrières | 05 |
| 4.4. Les tâches des ouvrières | 06 |
| II. Biologie de la reproduction chez l'abeille domestique | 07 |
| 1. Anatomie de l'appareil reproducteur de l'abeille domestique | 07 |
| 1.1. Appareil reproducteur de la reine | 07 |
| 1.1.1. Les ovaires | 08 |
| 1.1.2. Les oviductes..... | 09 |
| 1.1.3. La spermathèque..... | 09 |
| 1.1.4. La glande spermathécalle..... | 10 |
| 1.2. Appareil reproducteur d'une ouvrière | 11 |

| | |
|--|----|
| 1.3. Oogenèse..... | 12 |
| 1.3.1. L’ovaire et son fonctionnement..... | 12 |
| 1.3.2. Différenciation des ovocytes et des trophocytes | 12 |
| 1.3.3. Vitellogenèse..... | 13 |
| 1.3.4. Ovulation..... | 13 |
| 1.3.5. Contrôle endocrine de la vitellogenèse..... | 13 |
| 1.4. Appareil reproducteur du faux-bourdon | 14 |
| 1.4.1. Les testicules | 14 |
| 1.4.2. Les vésicules séminales..... | 14 |
| 1.4.3. Les glandes à mucus..... | 15 |
| 1.4.4. L’endophallus..... | 16 |
| 1.4.5. Les crochets copulatifs..... | 17 |
| 1.5. Spermatogénèse et maturité sexuelle..... | 17 |
| 2. Les types de reproduction chez l’abeille domestique..... | 18 |
| 2.1. La parthénogenèse | 18 |
| 2.2. La reproduction sexuée..... | 19 |
| 2.2.1. Le vol nuptial | 19 |
| 2.2.2. Mécanisme d’attraction sexuelle..... | 20 |
| 2.2.3. L’accouplement..... | 20 |
| 2.2.4. La fécondation des œufs | 21 |
| 2.2.5. La ponte..... | 22 |

| | |
|---|-----------|
| 3. Les stades de développement des différentes castes d'abeille domestique..... | 23 |
| 3.1. Les ouvrières | 24 |
| 3.1.1. Le stade œuf | 24 |
| 3.1.2. Le stade larvaire..... | 24 |
| 3.1.3. Le stade nymphal..... | 26 |
| 3.1.4. Le stade adulte | 27 |
| 3.2. La reine | 28 |
| 3.2.1. Le stade œuf..... | 28 |
| 3.2.2. Le stade larvaire..... | 28 |
| 3.2.3. Le stade nymphal | 29 |
| 3.2.4. Le stade Adulte..... | 30 |
| 3.3. Le faux- bourdon | 31 |
| 3.3.1.Le stade œuf | 31 |
| 3.3.2. Le stade larvaire..... | 31 |
| 3.3.3. Le stade nymphal | 31 |
| 3.3.4. Le stade adulte..... | 32 |
| Conclusion..... | 33 |
| Conclusion..... | 34 |
| Références bibliographiques | |

Introduction

Depuis l'aube des temps, l'homme a toujours été intrigué et intéressé par la nature qui l'entourait. Il a su tirer partie des ressources naturelles pour s'adapter à son environnement et ainsi évoluer, créant la domestication et l'agriculture. Parmi les espèces animales domestiquées, il en est une particularité exceptionnelle : l'abeille. Les vertus de ce petit insecte ont tout de suite séduit la curiosité humaine et depuis les temps les plus reculés, l'homme a su profiter des produits de la ruche (**Gharbi, 2011**).

Du point de vue écologique et économique, l'importance de l'abeille domestique pour l'environnement et l'humanité est indéniable. En pollinisant efficacement les plantes, elle permet le maintien de la diversité et assure une qualité de mise à fruit optimale des cultures. L'abeille procure également à l'Humain des produits comme le miel, le pollen, et la gelée royale, qui présentent des valeurs nutritionnelles importantes (**Rousseau, 2014**). Par contre, ses produits comme la propolis et la cire sont utilisés en industries cosmétiques, et depuis ces dernières années, le venin est collecté et commercialisé pour ses vertus thérapeutiques (**Aurore, 2012**). Donc l'abeille domestique est une formidable « usine » de production (**Chauzat et al., 2006 et 2007**).

Du point de vue biologique, une colonie d'abeilles est composée de trois types de castes: la reine, les ouvrières et les mâles (faux-bourdon). La reine est la mère des ouvrières et des faux-bourdons nés dans la colonie. Normalement, il n'y a qu'une reine fécondée par colonie (**Adam, 2010**). La durée de l'alimentation des larves avec de la gelée royale permet d'obtenir soit des ouvrières, soit une reine tandis le mâle est issu d'un œuf non fécondé de la reine (phénomène de parthénogénèse) (**Le conte, 2002**), c'est également la reine qui contrôle la fécondation des œufs en permettant le passage des spermatozoïdes depuis la spermathèque ou non vers l'œuf (**Adam, 2010**).

Il revient à dire que toute la vie de la colonie tourne autour de la reine qui est habituellement accompagnée par sa "cour" de jeunes ouvrières qui la soigne et la nourrit continuellement (**Winston, 1987**). On se doutait que le secret du dimorphisme d'*Apis mellifera* provenait de cette nourriture d'exception. Les nuances de ce secret restaient pourtant un mystère jusqu'il y a peu (**Kamakura, 2011 ; Nijhout, 2003 ; Beetsma, 1979**).

Ce modeste travail vise à synthétiser les travaux qui ont été réalisés autour de la reproduction et des systèmes reproducteurs des différentes castes d'abeilles domestiques, avec un intérêt particulier à la caste sexuée (la reine et le faux- bourdon).

I. Généralités sur l'abeille domestique

1. Position systématique de l'abeille domestique *Apis mellifera*

Les abeilles sont des insectes sociaux qui appartiennent à l'ordre des hyménoptères. Elles vivent en colonies permanentes et se multiplient par essaimage (Martin et al., 2011).

D'après (Adam, 1985), il existe de nombreuses espèces d'abeilles connues depuis bien longtemps et ayant fait depuis plus de deux siècles l'objet de multiples études. Ce n'est que récemment qu'a été établie une classification basée non seulement sur les caractères physiques et la répartition géographique mais également sur la phylogénie. Donc plusieurs classifications ont été proposées pour l'abeille domestique, mais la plus récente est celle établie par Le conte (2002) qui classe l'abeille mellifère comme suit :

Règne : Animal

Embranchement : Arthropodes

Classe : Insectes

Ordre: Hyménoptères

Sous-ordre: Apocrites

Infra ordre: Aculéates

Superfamille: Apoidea

Famille: Apidae supérieurs

Sous famille: Apinae

Tribu: Apini

Genre: *Apis*

Espèce: *Apis mellifera*

2. Les races d'abeilles Algériennes

2.1. *Apis mellifera intermissa* (Buttel-Reepen, 1906)

Dite aussi abeille tellienne, c'est une race d'abeilles mellifères assez grosses. Les populations de cette race sont situées entre l'Atlas et la Méditerranée au nord, la côte atlantique à l'ouest. Elle est en position intermédiaire entre les abeilles tropicales africaines et les races européennes. Son exosquelette est d'un noir brillant et sa taille plus petite qu'*Apis mellifera mellifera* et *Apis mellifera carnica*. Généralement, plus de 100 cellules royales sont construites durant la période d'essaimage et plusieurs reines vierges peuvent coexister jusqu'à

la fécondation de l'une d'elles, observation qui est faite dans d'autres races méditerranéennes (Fayet, 2013).

L'origine de l'abeille tellienne *Apis mellifera intermissa* (Buttel-Reepen 1906) est la Libye, la Tunisie, l'Algérie et le Maroc, mais elle est plus répandue en Algérie. Elle est très agressive, très nerveuse, très essaimeuse, mais aussi très féconde et très bonne récolteuse de pollen et de propolis (Ruttner, 1975).

2.2. *Apis mellifera sahariensis* (Baldensperger, 1922)

Cette abeille comme son nom l'indique vit dans le désert du Maroc et de l'ouest de l'Algérie. Elle est plus petite qu'*Apis mellifera intermissa*, peu essaimeuse, fait peu de cellules royales et les reines vierges sont éliminées pendant l'essaimage. Par ailleurs, la colonie n'est pas très défensive bien qu'un peu nerveuse (Fayet, 2013).

3. La morphologie d'une abeille domestique

Le corps de l'abeille comme celui des autres insectes est divisé en trois parties : tête, thorax et abdomen :

La tête porte une paire d'yeux simples (ocelles), et une paire d'yeux composés (yeux à facettes), des antennes portant des organes sensoriels et des pièces buccales de type lécheur-suceur qui leur permettent d'absorber le nectar et le pollen des fleurs (Wardenier, 2012).

Le thorax porte trois paires de pattes et deux paires d'ailes membraneuses aux nervures peu nombreuses (les abeilles sont des insectes hyménoptères, terme dérivant du grec *hymen*, « membrane », et *pteron*, « aile ») ; les ailes antérieures étant beaucoup plus grandes que les ailes postérieures. Les pattes postérieures sont élargies et garnies de poils raides pour former une corbeille à pollen, qui permet aux ouvrières de transporter jusqu'à la ruche le pollen qui servira à nourrir les larves (Wardenier, 2012).

L'abdomen renferme le tube digestif, qui comprend jabot dans lequel est stocké le nectar (liquide sucré) des fleurs, intestin et rectum. Une glande à venin est relié à un dard appelé aiguillon, qui est une arme exclusivement défensive (Wardenier, 2012).

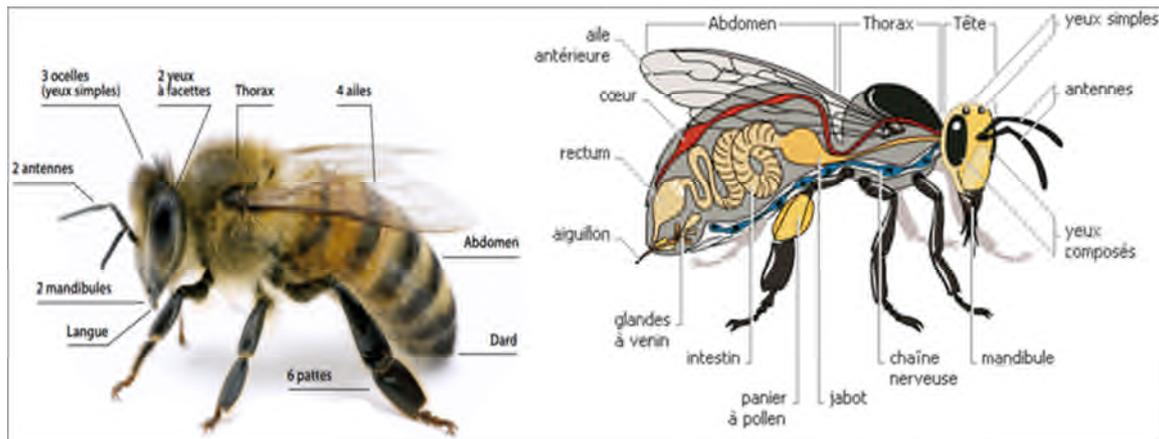


Figure 1 : La morphologie générale d'une abeille (Wardenier, 2012).

4. Les différentes castes d'une colonie d'abeille domestique *Apis mellifera*

4.1. La reine

C'est la seule femelle féconde de la colonie, car son appareil reproducteur est bien développé. Elle ne butine pas et ne construit pas d'alvéoles. Elle est entourée d'une cour d'ouvrières qui lui offre les soins nécessaires, en la nourrissant avec de la gelée royale lui permettant d'assurer ses rôles principaux (Winston, 1987).

- Son premier rôle de pondreuse est indispensable à la survie de la colonie, elle peut pondre environ 1500 à 2000 œufs par jour, permettant un renouvellement optimal des ouvrières.
- Son deuxième rôle est la sécrétion des phéromones royales émises par les glandes mandibulaires de la reine ou QMP (queen mandibular pheromon) qui peuvent être soit « incitatrices », soit « modificatrices ». Les premières induisent une réaction immédiate de la cible, alors que les secondes provoquent une adaptation de sa physiologie, donc une réponse à plus long terme (Leoncini, 2002) ce qui permet:
 - D'attirer les ouvrières qui vont venir former une "cour royale" et de maintenir ainsi l'effet de groupe dans la colonie.
 - D'inhiber la biosynthèse de la JH (Juvenil Hormon) et l'ontogénèse du butinage.
 - D'inhiber le développement ovarien des ouvrières par le biais de ces puissantes phéromones régulant la physiologie et le comportement de ces dernières, empêchant ainsi la naissance de nouvelles reines.
 - D'inhiber le comportement de construction des cellules royales lors de présence d'une reine fécondée et sur la façon de nourrir les larves.

- De stimuler la construction des rayons.
- D'agir sur le comportement sexuel des mâles (**Winston, 1987**).

4.2. Les mâles (faux-bourdons)

Le faux-bourdon est issu d'un œuf non fécondé, son appellation, est due à sa ressemblance avec le vrai bourdon d'un genre d'abeille solitaire qui a un corps volumineux et de couleur bleue (**Le conte, 2002**).

Dans une colonie, on ne trouve que quelques centaines de faux-bourdons, et ils sont élevés dans des cellules significativement plus grandes que celles des ouvrières (**Strauss, 1911**). Un faux-bourdon présente deux gros yeux composés de plusieurs milliers, environ 70 000, de facettes appelées « ommatidies » qui leurs permettent de voir de loin ainsi que trois petits yeux simples appelés « ocelles » pour voir de près et de distinguer la lumière et l'obscurité (**Ravazzi, 2007 ; Blackiston, 2009**)

Un faux-bourdon est adapté pour maximiser son taux de reproduction car sa véritable fonction est de féconder la reine. Ses yeux très développés, vont lui servir à repérer la reine lors du vol nuptial (**Adam, 2010**). En plus grâce à leurs grandes ailes, ils peuvent également participer à la ventilation de la ruche en cas de forte chaleur (**Harrison, 1987**).

4.3. Les ouvrières

Les ouvrières représentent la caste la plus dominante de la colonie. En été, une colonie peut contenir entre 30 000 et 60 000 ouvrières. Les ouvrières pèsent en moyenne $116 \pm 0,61$ mg (**Bower-Walker et Gunn, 2001**). Cependant, ce poids peut varier selon les conditions de nutrition et de l'environnement (**Crailsheim, 1988**). Ce sont des femelles dont l'appareil reproducteur est atrophié suite à l'effet des phéromones sécrétées par la reine qui inhibent leur développement. Une ouvrière est spécialisée dans plusieurs tâches et assume presque toutes les fonctions pour assurer l'organisation sociale de la colonie (**Adam, 2010**).



Figure 2: Les trois castes d'abeille domestique (Notre photo, 2015).

4.4. Les tâches des ouvrières

Après sa naissance, une ouvrière reste presque 18 jours sans sortir de la ruche. Elle est dite ouvrière de maison, c'est-à-dire qu'elle vaque à ses occupations à l'intérieur de la ruche et s'en éloigne uniquement pour accomplir un vol de repérage (Weiss, 1985).

Selon l'âge et l'état physiologique principalement dû au développement glandulaire (Seeley, 1982), une ouvrière peut être : Nettoyeuse, nourrice, architecte, magasinnière, ventileuse, sentinelle (gardienne) et butineuse, comme l'illustre le tableau suivant :

Tableau 1: Âges (jours) auxquels les tâches sont exécutées par les ouvrières.

| Activité | Âges (jours) | Références |
|---|--------------|--|
| Nourrices : nourrissage des larves de moins de 4 jours. | 3-11 | <i>Rosch, 1925 ; Huang, 1990</i> |
| Nourrices : nourrissage des Larves de plus de 4 jours. | 6-13 | <i>Rosch, 1925 ; Rortais et al., 2005</i> |
| Magasinnières : réception du nectar des butineuses par trophallaxie. | 8-14 | <i>Rosch, 1925 ; Tautz, 2008</i> |
| Nettoyeuses : enlever les débris de la ruche. | 10-23 | <i>Rosch, 1925,1927 ; Visscher, 1983 ; Winston, 1987</i> |
| Architectes : égaliser les bords des cellules et construction des nouvelles alvéoles grâce aux glandes cirières. | 2-52 | <i>Rosch, 1925</i> |
| Ventileuses : l'aération avec ses ailes pour éviter l'humidité dans la ruche. | 18 | <i>Fahrenholz et al., 1989 ; Ravazzi, 2007.</i> |
| Sentinelles (gardiennes) : protéger la colonie en surveillant l'entrée de la ruche. | 12-25 | <i>Wager et Breed, 2000.</i> |
| Butineuses : récolter la nourriture nécessaire pour la colonie comme : le pollen, le nectar et l'eau. | 21-42 | <i>Michelsen, 1993 ; Ravazzi, 2007; Nieh, 2010.</i> |

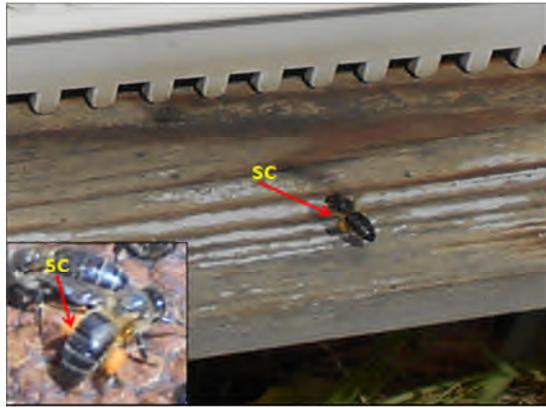


Figure 3 : Ouvrières butineuses, SC : sac rempli de pollen (Notre photo, 2015).

II. Biologie de la reproduction de l'abeille domestique

Les abeilles sont des insectes sociaux avec un système de détermination du sexe haplo- diploïde. Les œufs non fertiles pondus par la reine donnent naissance à des faux bourdons (les mâles) tandis que les œufs fertiles donnent naissance soit à des ouvrières ou à des reines (Winston, 1987).

1. Anatomie de l'appareil reproducteur de l'abeille domestique

1.1. Appareil reproducteur de la reine:

Il est constitué essentiellement de deux ovaires, des oviductes, d'une spermathèque et des glandes spermathécales.

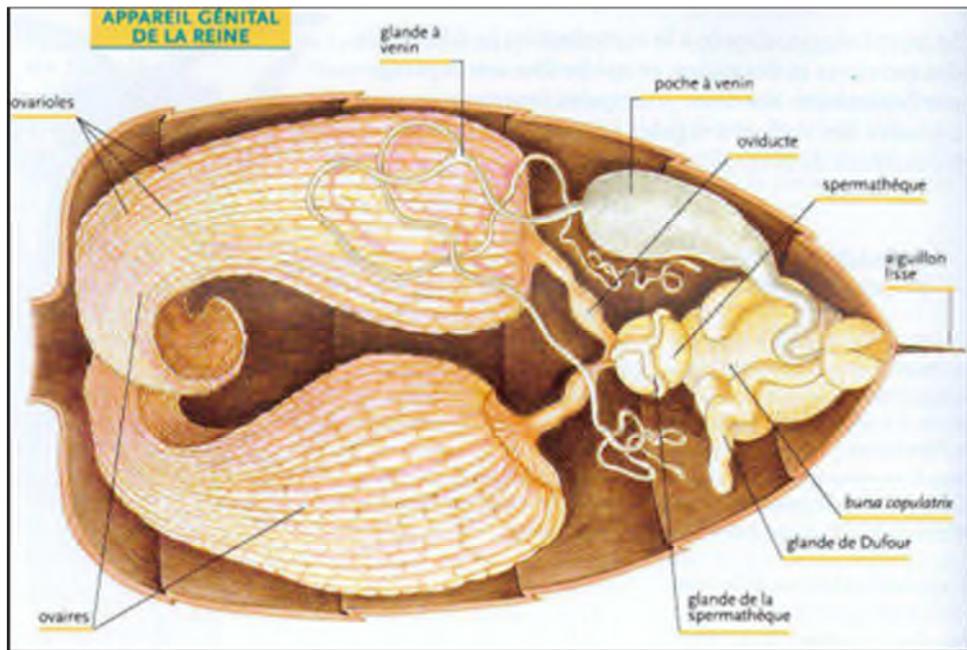


Figure 4 : Appareil reproducteur femelle de la reine (Le conte, 2002)

1.1.1 Les ovaires

La reine dispose de deux ovaires hypertrophiés occupant une grande partie du volume de l'abdomen, reliés à la chambre vaginale par un oviducte, chaque ovaire contient entre 100 et 180 ovarioles qui vont lui fournir les œufs nécessaires tout au long de sa vie, alors que chez les ouvrières il y a généralement moins de dix (Oertel, 1930 ; Snodgrass, 1956 ; Chaud-Netto et Bueno, 1979 ; Morini et Bueno, 1995). La différence dans le nombre d'ovarioles, entre l'ouvrière et la reine est due à l'atrophie des organes reproducteurs des ouvrières pendant le développement larvaire, c'est également du à l'alimentation différentielle qualitative et quantitative des castes (Zander et Becker, 1925 ; Oertel, 1930 ; Lotmar, 1945 ; Kuwabara, 1947 ; Biri, 2010).



Figure 5 : Ovaire d'une reine d'abeille mellifère (Jackson et *al.* 2011)

1.1.2. Les oviductes

Les ovaires sont liés à des organes conducteurs ; deux oviductes latéraux qui se rejoignent pour former un court oviducte médian, dont le rôle est d'acheminer les œufs jusqu'à la cavité vaginale qui débouche dans la chambre de l'aiguillon de la reine (**Biri, 2010**) qui est largement ouverte entre les courbures des soies de l'aiguillon et le dernier sternite (**Winston, 1993**).

1.1.3. La spermathèque

Les spermatozoïdes du mâle sont conservés pendant plusieurs années dans la spermathèque (**Adam, 2010**). Cette particularité anatomique est sous forme d'un sac globulaire ayant un diamètre de 1,1mm, sa paroi est composée d'une seule couche de l'épithélium cylindrique, doublé intérieurement d'une paroi mucineuse épaisse et recouverte d'un vaste réseau de trachée (**Kressin et al., 1996**).

La spermathèque est un organe spécialisé de la reine où sont entreposés les spermatozoïdes entre le ou les moments de copulation et celui de la fertilisation des œufs (**Baer et al., 2009**). Ce sac est connecté à l'oviducte par le conduit spermatique (**Phiancharoen et al., 2004**). Les spermatozoïdes seront entreposés et maintenus en vie pour quelques années grâce aux sécrétions des glandes accessoires du faux-bourdon et des glandes associées à la spermathèque (**Collins et al., 2006; King et al., 2011**).

Les reines d'abeille sont les meilleures conservatrices de sperme, et la spermathèque d'une reine bien inséminée stocke de 4 à 7 millions de spermatozoïdes pendant plusieurs années, lui permettant de féconder efficacement les œufs pondus durant sa vie, et leur donnant un potentiel estimé d'engendrer jusqu'à 1.7 million de progéniture (**Baer, 2005**). D'ailleurs beaucoup de facteurs sont impliqués pour assurer la conservation du sperme à l'intérieur de la spermathèque pour une longue durée dont :

- Les concentrations à haute valeur protéique du liquide spermathécal qui ont un effet positif sur la viabilité de sperme (**Klenk et al., 2004 ; Boer et al., 2009**),
- Les concentrations ioniques de Na^+ et K^+ dans le fluide spermathécal contribuent à la suppression de la motilité de sperme et préserver ainsi les cellules de sperme (**Verma, 1973, 1974, 1978 a, b**)
- La nature lipidique de membrane du spermatozoïde bourdon pourrait également expliquer la longévité extraordinaire de ces cellules (**Winston, 1987**).

La reine peut pondre jusqu'à 1500 œufs durant une période de 24 heures, ce qui représente un taux de ponte de près d'un œuf à la minute (**Winston, 1987**). En revanche, la spermathèque d'une reine vierge est remplie d'un liquide transparent (**Louveaux, 1976**).



Figure 6 : La spermathèque d'une reine fécondée (Notre photo, 2015)

1.1.3. La glande spermathécale

C'est une glande tubulaire en forme d'Y. Elle est étroitement appliquée à la surface de la spermathèque. Celle-ci est, par ailleurs, entourée d'un fin réseau de trachées. Ces trachées

ainsi que les sécrétions nutritives de la glande en «Y » contribuent au maintien en vie des spermatozoïdes contenus dans cet organe pendant plusieurs années (**Louveaux, 1976**).

1.2. Appareil reproducteur d'une ouvrière

Il est formé de deux ovaires atrophiés prolongés par deux oviductes disposés latéralement, qui ont aussi l'aspect de deux filaments blanchâtres débouchant dans le vagin, et d'une spermathèque rudimentaire et non fonctionnelle (**Medori et Colin, 1982**).

Le nombre des ovarioles constituant les ovaires d'une ouvrière adulte est très variable (**Pain, 1968**). Selon **Meier(1916)**, il oscille entre 2 et 12 ovarioles; d'après **Zander (1922)** entre 1 à 20. **Hess (1942)** compte aussi en moyenne 4 à 6 ovarioles par ovaire. Dans certains cas, leur nombre peut aller de 1 à 21.

Les ouvrières peuvent pondre mais sans se faire féconder. En effet, elles ne peuvent pas s'accoupler et leurs œufs donneront toujours des mâles haploïdes (**Haubruge, 1998**).

En plus la ponte des ouvrières est irrégulière, les œufs sont déposés sur le bord de l'alvéoles et non au fond; parfois deux ou plusieurs œufs par cellule (**Winston, 1993**).

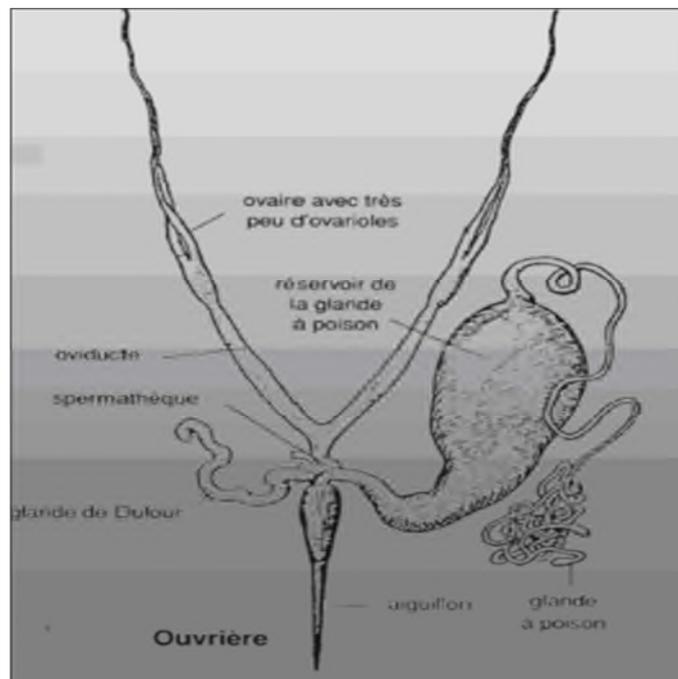


Figure 7 : Appareil reproducteur d'une ouvrière (Pain, 1968)

1.3. Oogenèse

1.3.1. L'ovaire et son fonctionnement

Les ovaires des insectes ainsi que des abeilles sont composés d'un nombre variable d'ovarioles formés de deux parties essentielles: le germarium et le vitellarium (**Raccaud - Schoeller, 1980**).

Le germarium se différencie en premier, il contient des cellules germinales, des cellules mésodermiques qui vont devenir des cellules folliculaires et dans certains cas des cellules sœurs des ovogonies qui joueront un rôle nutritif et qu'on les appelle les trophocytes (**Raccaud -Schoeller, 1980**).

Le vitellarium représente la majeure partie de l'ovariole; c'est à son niveau que se déroule l'accroissement de la cellule germinale et la formation des enveloppes de l'oocyte. En plus il existe chez les insectes plusieurs types d'ovarioles selon la présence ou l'absence de trophocytes (**Raccaud -Schoeller, 1980**).

Les ovaires des abeilles sont de type méroïstique polytrophique (**Grassé, 1977 ; Gilbert, 2004 ; Martins & Serraõ, 2004**), ce qui signifie que la multiplication des ovogonies, cellules germinales femelles immatures qui peuvent se diviser par mitose (**Grassé, 1977**), donne naissance à des clones de cellules où l'ovocyte reste associé à un certain nombre de cellules sœurs (nourricières ou trophocytes) et descend avec elles dans le vitellarium.

Une seule de ces cellules évolue en oocyte, les autres deviendront des trophocytes. Tous ces trophocytes seront inclus dans les follicules du vitellarium en même temps que l'oocyte (**Grassé, 1977**). Les cellules issues de l'ovogonie restent attachées les unes aux autres par des ponts cytoplasmiques (**Gutzeit et al., 1993 ; Gilbert, 2004**). Dans chaque ovariole, on peut suivre les étapes de l'ovogenèse en observant les différentes formations de l'apex à la base (**Gutzeit et al., 1993**).

1.3.2. Différenciation des ovocytes et des trophocytes

Lorsque l'ovogenèse débute, il y a multiplication des ovogonies et des cellules folliculaires à la partie basale du germarium. Les cellules germinales se divisent pour donner des ovogonies primaires qui subissent un nombre précis de mitoses; Après une deuxième division mitotique, chaque ovogonie donne naissance à un seul ovocyte et trois cellules

nutritives (**Raccaud-Schoeller, 1980**). Ces dernières se multiplient jusqu'à arriver à 48 trophocytes autour de chaque ovocyte (**Louveaux, 1976**).

1.3.3. Vitellogenèse:

A l'extrémité antérieure du vitellarium, l'ovocyte commence à se charger de réserves nutritives qui peuvent avoir différentes origines: exogènes et endogènes (**Louveaux, 1976 ; Raccaud -Schoeller 1980**).

D'après **Louveaux (1976)** et **Raccaud -Schoeller (1980)**, les réserves vitellines s'accumulent d'abord dans les trophocytes, et puis passent dans l'ovocyte à travers une ouverture qui subsiste lors de la séparation des deux types de cellules, et lorsque l'ovule devient mûr les trophocytes seront entièrement résorbés.

A la fin de la vitellogenèse, l'ovocyte est entouré alors qu'il est encore dans l'ovariole par deux enveloppes: la membrane vitelline, la plus interne, très fine, et le chorion plus épais (**Raccaud-Schoeller, 1980**).

1.3.4. Ovulation

Lorsque l'ovocyte qui se trouve à la base de l'ovariole est arrivé à maturité, le follicule se rompt et l'ovocyte doit traverser le bouchon épithélial. Après l'ovulation le follicule vide ou follicule résiduel s'effondre, ses cellules dégèrent puis disparaissent (**Raccaud-Schoeller, 1980**).

1.3.5. Contrôle endocrine de la vitellogenèse

Les hormones de contrôle et de régulation interne sont généralement produites par le système endocrine retro-cérébrale (**Raccaud -Schoeller, 1980**). D'après **Raccaud-Schoeller (1980) ; Beaumont et Cassier (1983)** la sécrétion endocrine est assurée par deux types de glandes:

- Corpora cardiaca, en contrôlant plusieurs activités physiologiques.
- Corpora allata, qui sont des glandes endocrines proches du cerveau, souvent associées aux corps cardiaques, en produisant l'hormone juvénile qui a à la fois une fonction

juvénillisante au stade larvaire une fonction gonadotrope au stade imaginal, ainsi que son action sur l'activité des glandes de l'appareil génital.

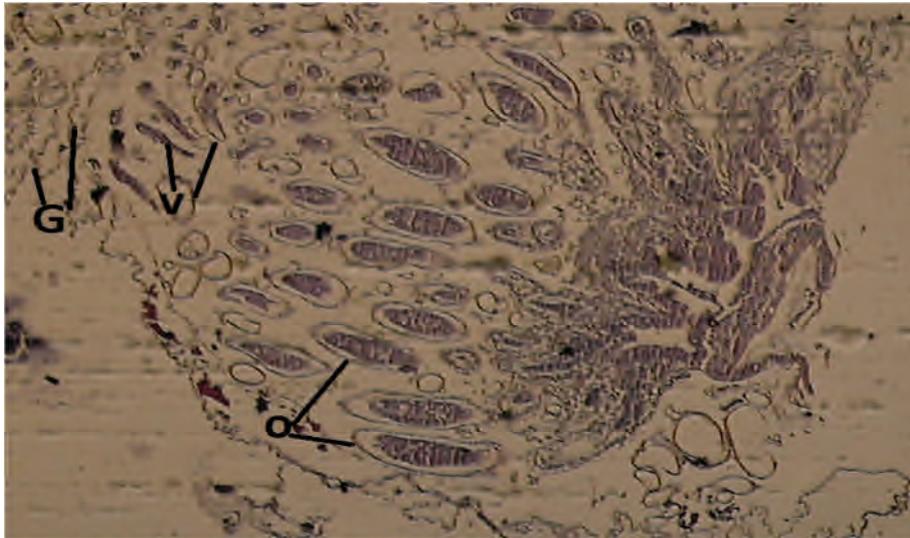


Figure 8 : Coupe histologique qui montre la structure de l'ovaire avec ses différentes parties G : germarium ; V : vitellarium ; O : ovocytes matures Gr×100 (Taouint, 2014).

1.4. Appareil reproducteur du faux-bourdon

L'abdomen d'un faux-bourdon ne comporte pas d'appareil venimeux ni de dard mais son volume est occupé pour une part importante par l'appareil reproducteur (Alleaume, 2012).

1.4.1. Les testicules

L'appareil reproducteur d'un faux-bourdon est composé d'une paire de testicule, ils sont des petites masses placées en position dorsale dans l'abdomen, et ils se composent d'environ 200 tubes séminifères dont les spermatozoïdes sont déjà développés à sa naissance, mais après émergence, les spermatozoïdes formés dans les tubes séminifères migrent au fur et à mesure de leur production vers la vésicule séminale (Le conte, 2002).

1.4.2. Les vésicules séminales

La vésicule séminale est tapissée de cellules épithéliales très grandes qui élaborent le liquide séminal devant servir de nourriture et de produit de conservation aux spermatozoïdes

dans l'attente de l'accouplement. Il ya deux vésicules séminales et chaque une débouche à la base de la glande à mucus (**Bishop, 1920b; Mackensen et Tucker, 1970**).

1.4.3. Les glandes à mucus

Chez les faux bourdons et en terme de volume, les glandes à mucus sont les plus importantes dans le système reproducteur. Elles sont de structure paire et sont situées dans la région postéro-ventrale de l'abdomen. Elles ont une apparence de cacahuètes avec une partie distale plus étroite et une partie proximale plus grande séparée par un étranglement entre les deux. Ces glandes produisent un mucus destiné à protéger le sperme lors de la copulation (**Moors et al.2005**).

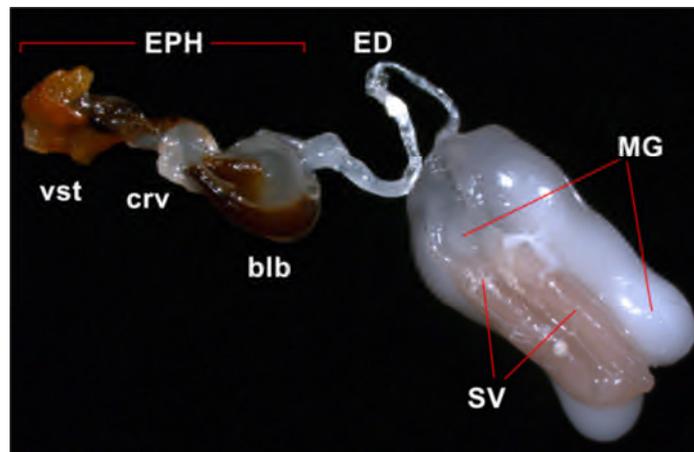


Figure 9 : Organes génitaux du Faux-bourdon : (MG) : glande a mucus, (SV) : vésicule séminale, (ED) : canal éjaculateur, (blb) : bulbe, EPH : endophallus, (crv): cervix, (vst) : vestibulum (Gençer et al., 2014).

1.4.4 L'endophallus

L'endophallus est un organe d'accouplement, au repos, l'endophallus est replié à l'intérieur de l'abdomen mais il se retourne comme un gant lors de la copulation (**Berchtold, Nicole ,2003 ; Hubert,2000 ; Michel,2010**) .

Lorsqu'il y a éjaculation, l'endophallus est expulsé à l'extérieur de l'abdomen , c'est le processus d'éversion (**Woyke, 2008**). Le processus d'éversion se fait naturellement lorsqu'un faux-bourdon agrippe la reine en vol, mais peut également être reproduit de façon manuelle. Puisque l'endophallus en soi ne possède pas de muscle (**Bishop, 1920a**), son éversion résulte de la contraction musculaire abdominale lorsque le faux bourdon est excité ou

par l'application d'une pression sur le thorax causant l'augmentation de la pression de l'hémolymphe à l'intérieur de l'abdomen (Woyke, 2008).



Figure 10 : L'endophallus, C : deux crochets copulatifs (Originale, 2015).

1.4.5. Les crochets copulatifs

Au moment de l'accouplement, les deux crochets copulatifs permettent au faux-bourdon de s'accrocher à la reine. Puis l'endophallus déverse son sperme dans les voies génitales de la reine.

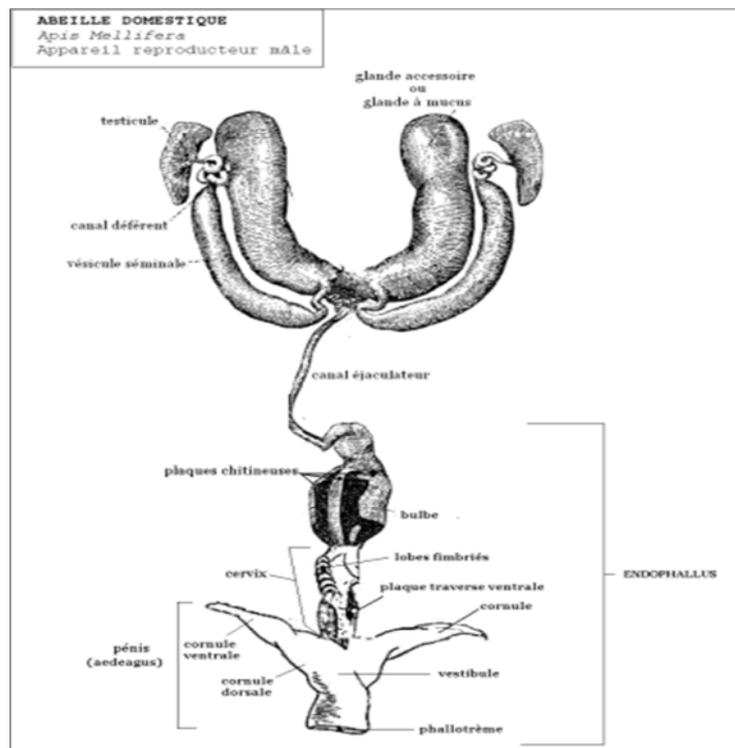


Figure 11: Appareil génital du mâle de l'abeille domestique (Woyke, 2008).

1.5. Spermatogénèse et maturité sexuelle

Les faux-bourçons sont pro-spermatogéniques, c'est-à-dire que le développement des testicules, ainsi que le processus de spermatogénèse, ont lieu avant l'émergence au stade de puppe (**Bishop, 1920a; Page et Peng, 2001**). Les spermatozoïdes sont produits dans les tubules des testicules (**figure 5**) durant le stade de nymphe et commencent à migrer vers les vésicules séminales lorsque les faux-bourçons ont 3 jours d'âge adulte (**Woyke et Jasinski, 1978**); les testicules dégèrent rapidement après l'émergence du faux -bourçon puisque leur contenu est passé aux vésicules séminales. Les spermatozoïdes sont entreposés dans les vésicules séminales jusqu'à l'éjaculation. Les glandes accessoires, ou glandes à mucus, produisent une partie du fluide séminal qui sera mélangé et éjaculé en même temps que les spermatozoïdes via le conduit éjaculateur (**Bishop, 1920b; Mackensen et Tucker, 1970**). Le fluide séminal est hautement protéiné et représente une source d'énergie pour les spermatozoïdes et contribuerait également à la capacitation et à la conservation de ceux-ci (**Chen, 1984**).

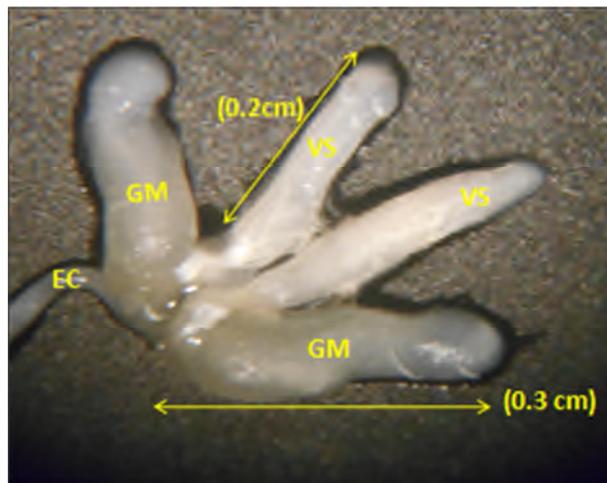


Figure 12 : Organes génitaux du faux-bourçon : les vésicules séminales (VS), les glandes accessoires ou glandes à mucus (MG) et le conduit éjaculateur (EC), (Notre photo, 2015).

A maturité, chaque faux-bourçon produit entre 1.50 et 1.75 μL de sperme contenant environ 11 millions de spermatozoïdes (**Woyke, 1960**). Bien que les estimations de la durée de vie des faux-bourçons adultes varient entre 20 et 40 jours (**Page et Peng, 2001**), il n'existe pas de consensus sur l'âge exact auquel le faux-bourçon atteint la maturité sexuelle ainsi que la durée du potentiel de reproduction chez le faux-bourçon. A maturité, les vésicules séminales sont remplies de sperme et le développement de la glande à mucus est complété (**Rhodes, 2008**). **Bishop (1920a et 1920b)** est l'un des premiers à avoir étudié les faux-bourçons. Il a démontré que les faux-bourçons ne sont pas matures à l'émergence

et qu'ils subissent un processus de maturation post-émergence d'une durée minimale de 9 à 12 jours. Pour plusieurs auteurs, les faux-bourçons de 10 à 21 jours sont mûres et leur sperme possède les qualités optimales pour l'insémination des reines (**Woyke et Jasinsky, 1978; Harbo et Williams, 1987**).

2. Les types de reproduction chez l'abeille domestique

2.1. La parthénogenèse

La parthénogenèse désigne l'apparition de générations sans fécondation. Chez les abeilles, il s'agit d'une parthénogenèse arrhénotoque, selon laquelle les œufs non fécondés donnent naissance à des mâles, dits parthénogénétiques. Le nombre de mâles est relativement faible, de quelques centaines à quelques milliers, à l'exception dans les trois cas :

- si une reine vierge n'a pas la possibilité de voler pour s'accoupler ;
- si une reine disparaît et n'est pas remplacée (les ovaires de certaines ouvrières deviennent alors fonctionnels car ils ne sont plus inhibés par les phéromones de la reine, et les œufs produits, non fécondés, produisent de jeunes mâles) ;
- ou encore lorsque la spermathèque d'une reine est vide (**Pham Délègue, 1999 ; Rossant, 2011**).

Les mâles parthénogénétiques n'ont que n chromosomes, et ils sont dits haploïdes, tandis que la reine et les ouvrières possèdent $2n$ chromosomes et sont dites diploïdes (chez l'abeille, $n=16$). Les gènes du mâle sont rigoureusement identiques à ceux de sa mère. Il peut arriver que des mâles naissent d'œufs fécondés et soient diploïdes, en particulier dans les situations de forte consanguinité, mais ces individus ne sont pas viables (**Pham Délègue, 1999**).

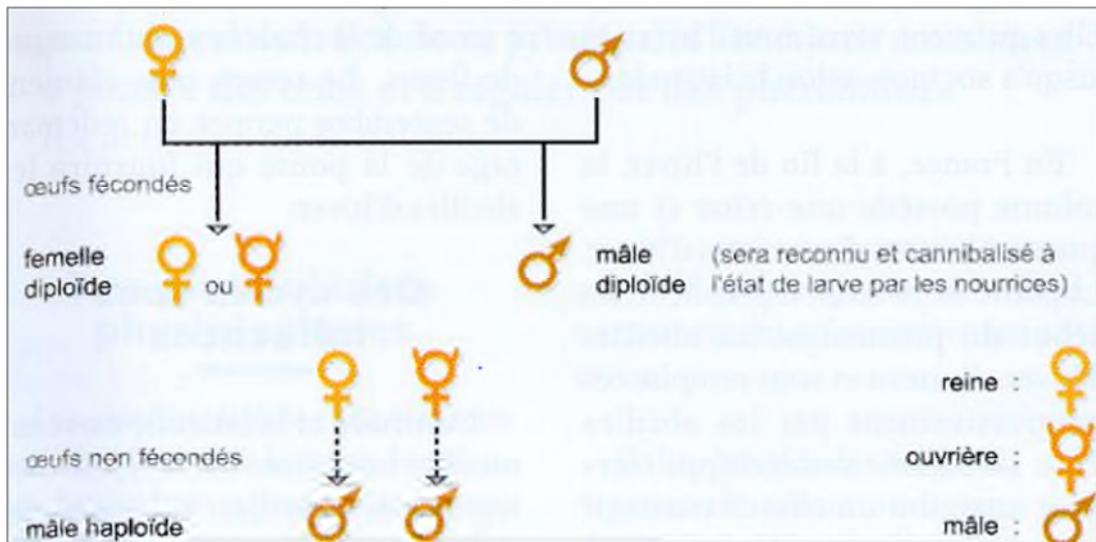


Figure 13 : La reproduction des abeilles (Le Conte Y., 2002).

2.2. La reproduction sexuée

La reproduction de l'abeille domestique est dite polyandrique, c'est-à-dire que la reine s'accouple avec plusieurs mâles, en moyenne une dizaine (Adams, 1977; Woyke, 1960).

2.2.1. Le vol nuptial

La fécondation de la reine par les faux bourdons ne se fait jamais dans la ruche, mais se fait toujours en vol nuptial à une hauteur de 10 à 30 mètres dans un lieu où les mâles se rassemblent situé à environ 2 à 3 km de sa colonie (Le Conte, 2002). Il a lieu généralement pendant une journée où les conditions météorologiques sont favorables à savoir:

- une température de 20°C au minimum ;
- peu de vent, ciel bleu ;
- une grande luminosité entre midi et quatorze heures. En effet, en cas de temps défavorable, la fécondation réalisée sera incomplète (Pham-Délègue, 1999).

L'âge auquel la reine effectue son vol nuptial varie de 3 à 16 jours à partir de sa naissance et la fécondation a lieu généralement pendant les huit premiers jours et au maximum dans les trois semaines qui suivent sa naissance, car après cette période, son système reproductif régresse et n'est plus réceptif (Le Conte, 2002), la reine effectue de 1 à 3 vols de fécondation (Tarpy et Page, 2001) afin de favoriser l'acquisition d'un nombre

maximal de spermatozoïdes. La durée de la sortie de la reine varie entre 10mn et 55mn car c'est le degré de remplissage de la spermathèque qui pousse la reine à effectuer ou non un vol supplémentaire (Woyke, 1960 ; Le Conte, 2002).

2.2.2. Mécanisme d'attraction sexuelle

Les mâles se rassemblent dans des endroits bien précis pour s'accoupler avec la reine, ils la reconnaissent à l'émission phéromonale de ses glandes mandibulaires par l'acide le 9-ODA (Acide 9-oxo-(E)-2-décénoïque) qui attire les mâles et favorise l'accouplement (Winston, 1987; Koeniger et Koeniger, 2000), et par des signaux visuels (Gary, 1963). Mais ils ne la reconnaissent visuellement qu'à moins d'un mètre, et avant de s'accoupler, l'examinent avec leurs antennes et leurs pattes antérieures ce qui assure un brassage génétique très important (Le Conte, 2002).

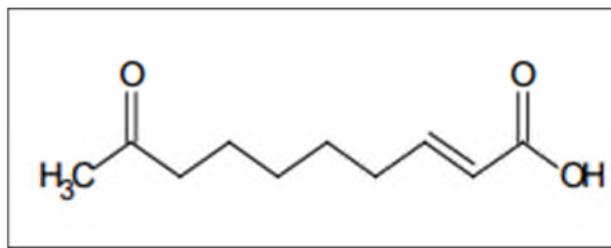


Figure 14 : Structure chimique l'acide le 9-ODA Acide 9-oxo-(E)-2-décénoïque (Maisonasse, 2010).

2.2.3. L'accouplement

Lors de l'accouplement, une partie de l'endophallus ainsi que le mucus provenant de l'éjaculat, demeureront coincés dans la chambre à aiguillon de la reine; c'est ce que l'on appelle le «signe de copulation» (Koeniger, 1990; Woyke, 2010), ce dernier est facilement retiré par le faux-bourdon suivant à l'aide d'une paire de poils spécialisés de l'endophallus (Koeniger, 1990) alors que les ouvrières retireront le signe du dernier mâle lorsque la reine retournera à la colonie (Franck *et al.*, 2002). L'éversion complète de l'endophallus est favorisée par les mouvements actifs de l'abdomen de la reine et le sperme est alors transféré dans ses oviductes (Woyke, 2010), mais par contre l'éjaculation de l'endophallus provoque la rupture des organes génitaux du faux-bourdon qui meurt et tombe au sol (Koeniger, 1990).



Figure 15 : Éversion partielle de l'endophallus (Notre photo, 2015).

Donc les accouplements se poursuivent jusqu'au remplissage de la spermathèque de la reine grâce à des relations successives avec quatre, cinq jusqu'à vingt mâles, ce qui nécessite parfois un deuxième vol de fécondation, d'ailleurs on peut trouver dans la ruche plusieurs fratries où l'ensemble d'ouvrières nées de la même mère, mais ont des pères différents (**Pham-Délègue, 1999**). Le sperme stocké dans la spermathèque sera utilisable durant toute la vie de la reine qui peut y aller jusqu'à 4 ou 5 ans (**Pham-Délègue, 1999**).

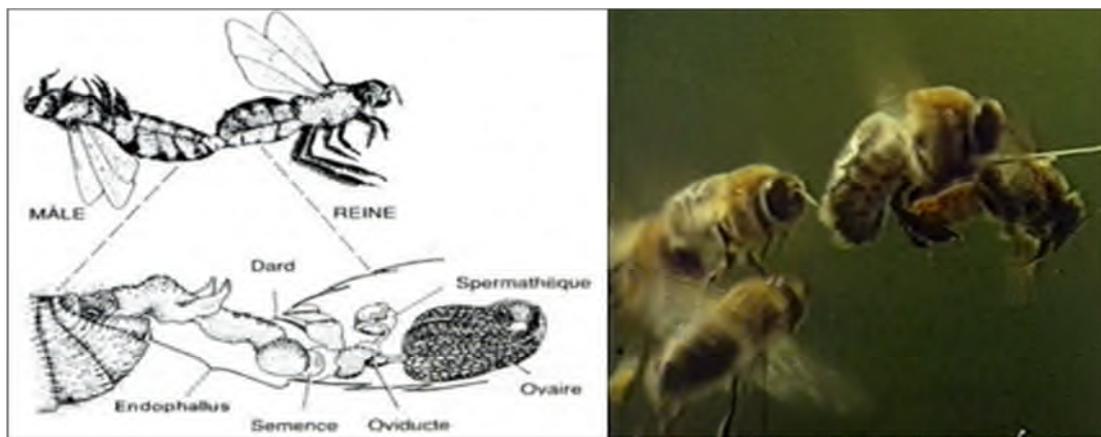


Figure 16 : Mécanismes de l'accouplement chez l'abeille domestique (Didier, 2012).

2.2.4. La fécondation des œufs

L'ensemble de ces copulations laissera environ 87 millions de spermatozoïdes dans les oviductes de la reine dont la majorité sera expulsée alors que seulement 3-5% des spermatozoïdes seront conservés par la reine, soit de 4 à 7 millions (**Roberts et Mackensen, 1951; Woyke, 1964**)

Chez les abeilles, la fécondation dite indirecte, se fait par l'intermédiaire d'une spermathèque, et c'est lors de leur passage dans l'oviducte médian que les œufs destinés à donner naissance des femelles sont fécondés (**Winston, 1991**), d'ailleurs un œuf est fécondé si les spermatozoïdes réactivés sont déposés sur son extrémité où se trouve le micropyle, orifice par lequel s'effectue la fécondation et endroit permettant le passage du spermatozoïde vers l'intérieur (**Baer, 2005**).

Dans certains cas, pendant les premiers jours qui suivent la fécondation, la reine ne pond souvent que des œufs de mâle ; cela provient du fait qu'elle ne sait pas encore contracter, au moment voulu, sa spermathèque pour faire sortir les spermatozoïde destinés à féconder l'œuf (**Meusel et Moritz, 1993**) .

Le processus de contrôle de la fécondation des œufs par la reine n'est pas totalement élucidé : certains auteurs pensent que le sexe de l'œuf serait dû à des causes mécaniques. C'est-à-dire lorsque la reine se cramponne à une cellule de mâle pour y pondre, l'écartement de ses pattes (dû à la grande taille de l'alvéole) empêche les muscles constricteurs de jouer leur rôle. Et de ce fait, l'œuf pondu sera non fécondé (**Meusel et Moritz, 1993**).

2.2.5. La ponte

La reine commence à pondre 2 à 3 jours après son vol nuptial (**Winston, 1987**). Elle pond des œufs dans les alvéoles construites par les ouvrières. Avant de pondre, la reine détermine d'abord si elle est en présence d'une cellule d'ouvrière ou de faux-bourdon à l'aide de ses pattes avant ou de son abdomen (**Winston, 1987 ; Gary, 2008**). Lorsque la reine ne relâche aucun spermatozoïde au moment de la ponte d'un œuf, celui-ci deviendra un individu haploïde, le faux-bourdon. Ainsi, les mâles de la colonie ne possèdent que le bagage génétique de la reine (**Page et Laidlaw, 2008**). Par ailleurs, lorsque la reine fertilise l'œuf avec un ou plusieurs spermatozoïdes en même temps on parle du phénomène de polyspermie (**Meusel et Moritz, 1993**), l'individu produit deviendra une femelle diploïde (**Klenk et al., 2004; Seeley, 2010**).



Figure 17 : La ponte d'œufs par la reine encerclée en rouge (Didier, 2012)

Donc la reine utilise la quantité de sperme emmagasinée dans la spermathèque .Le rythme de ponte (1500-2000 œufs/jour) soit 200 000 œufs par an s'accélère pendant la belle saison (le printemps) (Winston, 1991). On trouve chez les reines fécondées une augmentation de poids de 30 mg par rapport aux reines vierges ce qui s'explique sans doute par l'augmentation rapide du poids des ovaires après la fécondation, mais la quantité de sperme s'épuise au cours de la troisième année quand la spermathèque est vide , c'est dans ces conditions que la reine est dite bourdonneuse car elle ne pond que œufs non fécondés (Chauvin, 1960)

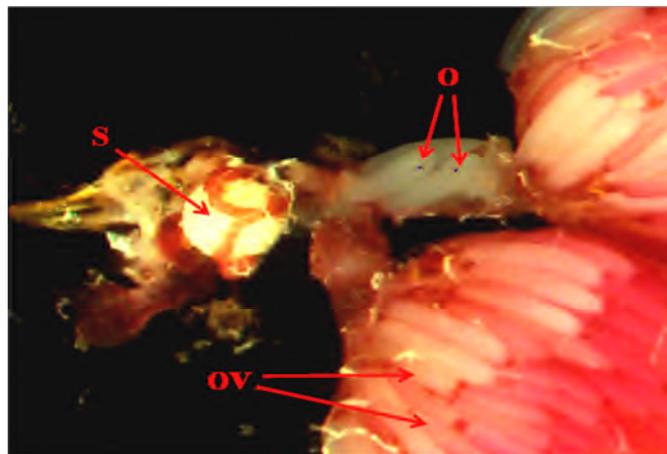


Figure 18 : Deux ovocytes libérés dans l'oviducte latéral, S: spermathèque, OV: ovarioles de la reine, O : ovocyte (Thiaville, 2015)

3. Les stades de développement des différentes castes d'abeille domestique

L'abeille possède un développement de type holométabole, c'est-à-dire une métamorphose complète (Winston, 1987), et quelle que soit la caste, on observe toujours sept stades de développement pour le couvain d'abeilles qui est l'ensemble des formes pré-

imaginables présentes dans les alvéoles aboutissant à l'émergence d'un imago: le stade œuf, cinq stades larvaires, et le stade nymphal (**Winston, 1987; Gary, 2008**).

Le temps de développement pour chaque caste d'abeille est variable : 21 jours sont nécessaires pour produire une femelle ouvrière adulte, 24 jours pour le faux-bourdon et seulement 16 jours pour la reine (**Winston, 1987**). Le stade œuf est de 3 jours pour toutes les castes. Une larve éclot au bout de 3 jours et est nourrie par les abeilles nourricières. C'est la quantité et la composition de l'alimentation larvaire qui déterminera si une femelle deviendra une ouvrière ou une reine (**Page et Peng 2001; Laidlaw 2008**).

3.1. Les ouvrières

3.1.1. Le stade œuf

Les œufs sont blanchâtres, cylindriques, de forme ovale allongée et mesurent 1 à 1,5 x 0,5 mm. Le poids est compris entre 0,12 et 0,22 mg. Ils ont d'abord une disposition verticale au fond des alvéoles, puis oblique et finalement horizontale vers le 3^{ème} jour. L'œuf éclot 3 jours environ après la ponte pour les 3 castes d'abeilles, et donne lieu à une larve de premier stade pesant 0,1 mg (**Alberti et Hänel, 1986; Winston, 1993**).



Figure 19 : Les œufs pondus par la reine (Contributeurs de Wikipédia, 2011a).

3.1.2. Le stade larvaire

Chez les ouvrières le stade larvaire dure 9 jours (**Le Conte, 2002**) où à son éclosion, la larve L1 flotte dans une petite quantité de gelée royale. Elle est blanchâtre, segmentée, courbée et sans yeux. Durant son développement, la larve va consommer toute la nourriture distribuée par les nourrices par un appareil buccal simple mais sans déféquer afin de préserver l'intégrité microbienne de sa nourriture (Tableau n°1) (**Webster et Peng, 1988**). Les

ouvrières vont consommer de la gelée royale durant les 2 ou 3 premiers jours, puis jusqu'à la fin du stade larvaire, un mélange de miel et pollen appelé bouillie larvaire (Jay, 1964).



Figure 20 : Larves d'ouvrières (Notre, 2015).

Tableau 2 : La nourriture distribuée au couvain d'ouvrières (Sammataro et Avitabile, 1998).

| Jours | Stade de développement | Alimentation |
|-------|------------------------|-----------------------------|
| 1 | Oeuf | Vitelline |
| 2 | Oeuf | Vitelline |
| 3 | Oeuf | Vitelline |
| 4 | Larve L1 | Gelée royale |
| 5 | Larve L2-L3 | Gelée royale |
| 6 | Larve L3 | Gelée royale/miel et pollen |
| 7 | Larve L4 | Miel et pollen |
| 8 | Larve L5 | Miel et pollen |
| 9 | Larve L5 | Miel et pollen |

les ouvrières operculent la cellule avec un bouchon de cire à partir de 8 à 8,5 jours après la ponte des œufs où les larves au stade L5 ont fini de consommer toute la nourriture . La larve passe au stade LS (spinning) en se redressant et en tissant un cocon. Pour cela, elle

va osciller la tête de droite à gauche en déposant la soie sur l'alvéole en cire grâce à ses glandes séricigènes et effectue 5 tours dans la cellule. La larve LS (spinning) va déféquer pour la première fois entre les différentes couches de soie (Jay, 1964)



Figure 21 : Couvain operculé des ouvrières avec des alvéoles remplis de pollen et de miel (Notre photo, 2015).

3.1.3. Le stade nymphal

Chez les ouvrières le stade nymphal a une durée de 8 jours (Le Conte, 2002). L'abeille subit une métamorphose et passe de la forme de larve à celle d'un adulte reconnaissable. Le développement va se poursuivre par une pigmentation des yeux en rose puis en rouge et pour finir en marron. La cuticule va quant à elle se colorer en brun puis en noir. Parallèlement, les pattes et les ailes vont se dessiner à la surface de la cuticule avant de prendre leur forme de membres (Jay, 1962 ; Rembold *et al.* 1980).



Figure 22 : Le stade nymphal (Notre photo, 2015)

3.1.4. Le stade adulte

L'ouvrière naissante après 21 jours, appelée aussi imago, présente une cuticule molle qui peut mettre plusieurs heures à sécher et durcir. A ce stade, le développement des glandes hypopharyngiennes et mandibulaires commence et la maturité est atteinte trois jours après la naissance. Dix jours plus tard, c'est au tour des glandes cirières de se développer (**Gould et Gould, 1993**). Vingt jours après, des gènes spécifiques impliqués dans le système olfactif et de mémorisation sont exprimés dans la tête de la butineuse ; ils lui permettent d'effectuer son rôle de récolte de la nourriture pour la colonie (**Alaux et al., 2009**) et son poids après l'émergence est en moyenne de 81-152 mg. Elles vivent de 3 à 8 semaines en été (**Roger et Pain, 1966**) et de 6 à 8 mois en hiver (**Anderson, 1931**).

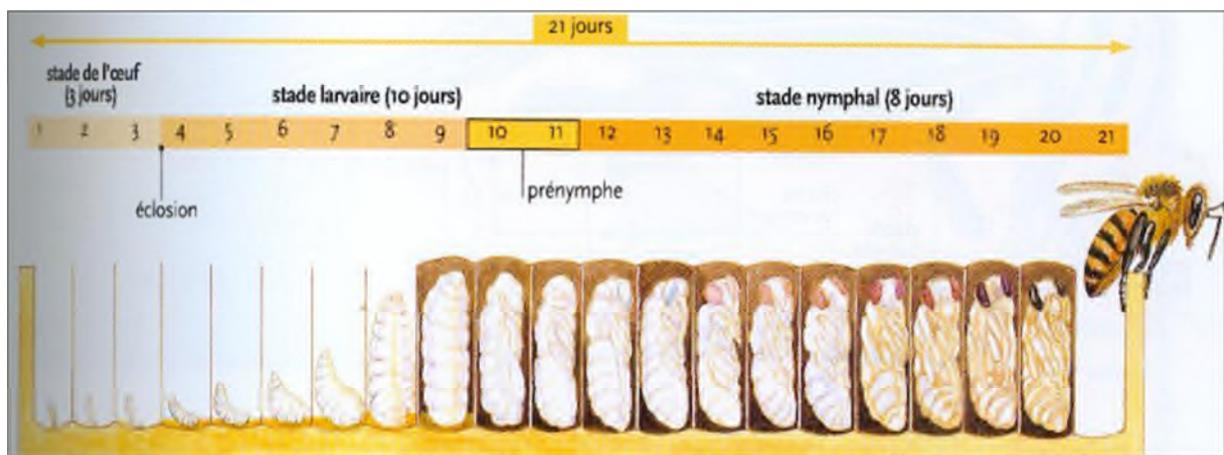


Figure 23 : De l'œuf à l'ouvrière (Le Conte Y., 2002).

3.2. La reine

3.2.1. Le stade œuf

La reine issue d'un œuf similaire à celui d'une ouvrière, mais pondue dans une cellule royale accrochée au rayons (Marchenay et Bérard, 2007), ces cellules spécifiques construites au-dessus des alvéoles d'ouvrières ou sur le côté du cadre. Elles sont plus imposantes que les cellules d'ouvrières et de mâles (Charpentier, 2013).



Figure 24 : Deux cellules royales non operculées sur le côté de cadre à gauche (Notre photo, 2015).

3.2.2. Le stade larvaire

Chez la reine le stade larvaire est d'une durée de 8 jours (Le Conte, 2002) où les larves des reines sont alimentées uniquement avec de la gelée royale qui contient une plus grande proportion de sécrétions des glandes mandibulaires riches en sucre. De plus, les larves royales reçoivent plus de nourriture que les larves d'ouvrières. L'alimentation particulière des larves destinées à devenir des reines influence la détermination de la caste de la femelle via le système endocrinien, plus particulièrement l'hormone juvénile connue pour sa régulation du développement chez les insectes (Nijhout, 2003). Ainsi c'est grâce à la

royalactine : une protéine de la gelée royale que le développement ovarien et la croissance corporelle sont induits et le temps de développement des reines diminue vers les seize jours (Kamakura, 2011).

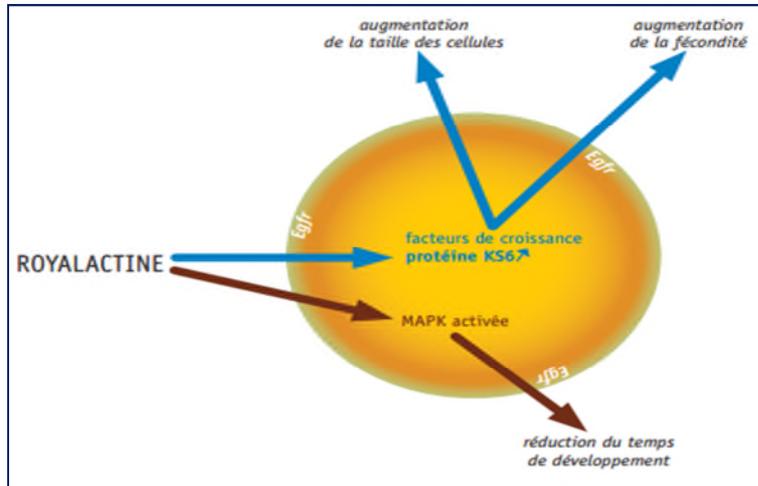


Figure 25 : Le facteur de différenciation des castes (Kamakura, 2011)



Figure 26 : Quatre cellules royales operculées encerclées en rouge (Notre photo, 2015).

3.2.3. Le stade nymphal

Comme chez les ouvrières, après le tissage du cocon, la larve s'immobilise et passe au stade de pré-nymphe et donc une cinquième mue termine l'état larvaire par le passage à l'état de nymphe (Jay, 1964). La métamorphose va se poursuivre tout au long du stade

nymphal 4 jours pour s'achever lors de la mue imaginale par l'apparition d'un imago (Le Conte, 2002).



Figure 27: Une nymphe d'une reine (Notre photo, 2015).

3.2.4. Le stade Adulte

La sixième mue donne naissance à l'adulte parfait ou imago après 16 jours de son développement (Rembold *et al.*, 1980), et une semaine après sa naissance, ses organes sexuels sont matures (Charpentier, 2013) avec un poids de près en moyenne de 178-292 mg soit plus de 2 fois le poids d'une ouvrière (Winston, 1993). Elle vit en moyenne de 1 à 2 ans (Page et Peng, 2001), cependant une durée maximale de 8 ans a été rapportée par une étude faite par Bozina (1961).

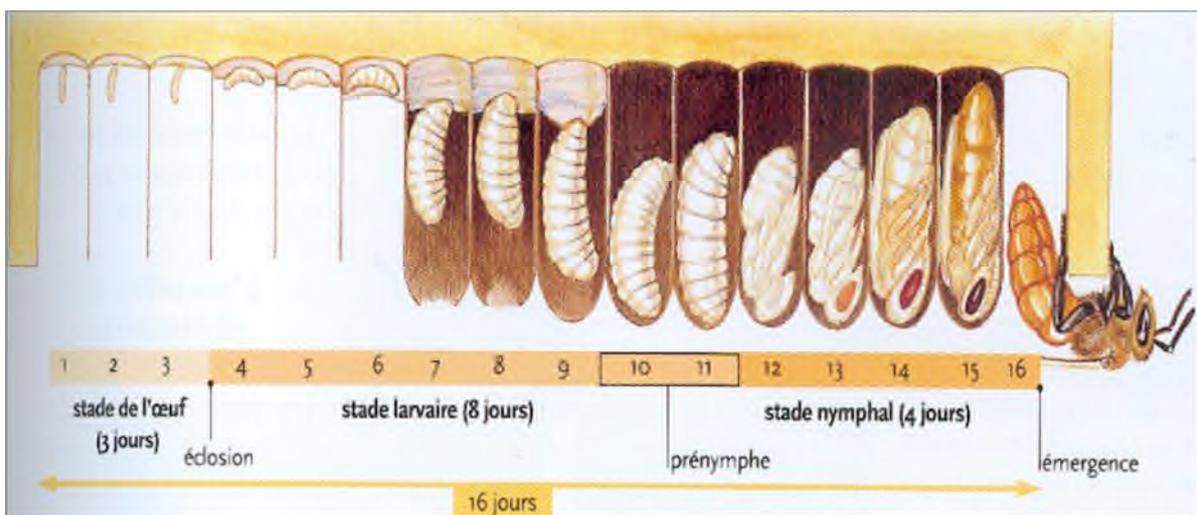


Figure 28 : De l'œuf à la reine (Le Conte Y., 2002).

3.3.Le faux- bourdon

3.3.1.Le stade œuf

Grâce à un mécanisme musculaire, la reine pond des œufs non fécondés contenant $n=16$ chromosomes qui donneront lieu à une descendance exclusivement mâle (**Vandame, 1996**).

3.3.2.Le stade larvaire

Le stade larvaire est effectué en 10 jours soit un jour de plus que l'ouvrière. Les larves mâles se développent dans des cellules de plus grande taille et de forme différente que celles des ouvrières. De même, le stade de prénymphe à l'émergence dure environ 15 jours soit deux jours de plus que celui d'une ouvrière (**Charpentier, 2013**).

L'operculation de l'alvéole a lieu 9 jours pour les œufs de faux-bourdons. La larve (L5) peut atteindre à ce moment un poids de 200 mg ce qui représente le double de poids d'une ouvrière. Donc la durée du stade larvaire non operculé est d'en moyenne 6,3 jours. Pour distinguer les différents stades larvaires il suffit d'observer le diamètre de la tête et le poids des larves (**Rembold et al., 1980 ; Alberti et Hänel, 1986 ; Winston, 1993**).



Figure 29 : Alveoles operculée des faux-bourdons (Notre photo, 2015).

3.3.3.Le stade nymphal

Au stade nymphal qui dure 8 à 9 jours ; la tête, les yeux, les antennes, les pièces buccales, le thorax, les pattes et l'abdomen possèdent les caractéristiques de l'adulte. La

cuticule se sclérotise peu à peu et une pigmentation progressive de la cuticule et des yeux est observée, ce qui va permettre d'estimer l'âge de la nymphe (Jay, 1962a ; Rembold et al., 1980).

3.3.4. Le stade adulte

Après 24 jours de développement de l'œuf les faux bourdons commencent à voler entre le 9^{ème} et le 12^{ème} jours, et ils pèsent environ 196 à 225 mg (Winston, 1993). Cela ne signifie pas qu'ils soient mûrs sexuellement. Un grand nombre de faux bourdons âgés de 10 jours sont capables d'érection, mais la faculté d'érection sera à son maximum vers le 12^{ème} jour. Les mâles meurent durant l'accouplement (Ruttner, 1954) car l'éversion de l'endophallus est irréversible et entraîne la paralysie du mâle (Koeniger et Koeniger, 1991). Après l'éjaculation le mâle se sépare de la reine mais en laissant ses organes génitaux (Koeniger et al, 1979). Les faux bourdons vivent 54 jours en moyenne (Howell et Usinge, 1933) néanmoins, (Ruttner, 1968) annonce une longévité de plus de 70 jours.



Figure 30 : Différents stades de développement d'un faux-bourdon (Thiaville, 2015).

Conclusion

Ce travail de synthèse a eu comme objectif de mettre la lumière sur les différentes parties du système reproducteur mâle et femelle de l'abeille domestique *Apis mellifera* qui occupe la majeure partie de leurs cavités abdominales.

On peut en effet conclure que, malgré que les ouvrières en absence de la reine, aient une aptitude qui rend leurs ovaires fonctionnels. Néanmoins, les deux types d'ovaires n'ont pas des ressemblances du point de vue morphologique, car les ouvrières ont un système reproducteur rudimentaire avec un nombre d'ovarioles très réduit, par opposition à celui des reines qui est très développé. La spermathèque de la reine est très développée lui permettant de stocker les spermatozoïdes durant plusieurs années par contre la spermathèque est rudimentaire et non fonctionnelle chez l'ouvrière.

La quantité limitée de la gelée royale distribuée aux larves d'ouvrières cause une réduction de leurs croissance, une diminution du poids au début du stade imaginal, un allongement du temps de développement vers 21 jours, et plus essentiellement une réduction de la taille des ovaires, ce qui donne la priorité de la fécondité seulement pour la reine qui avait des ovaires très développés.

Un chercheur japonais, a identifié le facteur de croissance qui fait que la reine a une taille supérieure et un temps de développement plus court que les ouvrières, qu'elle a une longévité multipliée par 10 et qu'elle peut pondre jusqu'à 2000 œufs par jour. En effet c'est l'un des composants spécifiques de la gelée royale, une protéine appelée « royalactine » produit par les glandes hypopharyngiennes et mandibulaires des jeunes ouvrières de 5 à 14 jours qui rend une reine plus développée.

Les reines fécondées ont un poids supérieur comparées aux reines vierges, ceci s'explique par le fait que la reine pond en l'espace de 24 heures son propre poids. Ces œufs de contiennent des réserves nécessaires au développement de l'embryon (protéines, graisses, sucres, minéraux, vitamines...) qui est assurée par la vitellogénèse.

L'appareil reproducteur du mâle a une structure très complexe, on peut le résumer en un organe pair produisant les spermatozoïdes formé par les testicules et un organe impair ou organe copulateur (endophallus). Entre les deux se trouvent les vésicules séminales organes essentiellement de stockage et de maturation des spermatozoïdes.

C'est au printemps que la reproduction sexuée chez l'abeille domestique a lieu, où la maturation sexuelle des reines et des faux-bourçons joue un rôle très important, soit dans la

production des œufs ou dans la qualité de spermes (volume de sperme, motilité, viabilité et nombre de spermatozoïdes)

Les spermatozoïdes des faux-bourçons passent par deux étapes de stockage, le premier est au niveau de vésicules séminales (organes de stockage mâle) où les spermatozoïdes acquièrent leur maturation, le deuxième étant la spermathèque (organes de stockage femelle) où les spermatozoïdes sont stockés pendant plusieurs années.

Références bibliographiques

1. **Adam F.** (1985). Les croisements et l'apiculture de demain. Paris: SNA, 127 p
2. **Adam G.** (2010). La biologie de l'abeille. Ecole d'apiculture Sud Luxembourg. 26p
3. **Adams J., Rothman E.D., Kerr W. E., Paulino Z. L.** (1977). Estimation of the number of sex alleles and queen matings from diploid male frequencies in a population of *Apis mellifera*. *Genetics* 86(3): 583-596.
4. **Alaux C., Le Conte Y., Adams H. A., Rodriguez-Zas S., Grozinger C.M., Sinha S., Robinson G.E.** (2009). Regulation of brain gene expression in honey bees by brood pheromone. *Genes, brain, and behavior* 8, 309–19.
5. **Alberti G., Hänel H.** (1986). Fine structure of the genital system in the bee parasite, *Varroa Jacobsoni* (Gamasida: Dermanyssina) with remarks on spermiogenesis, spermatozoa and capacitation. *Exp. Appl. Acarol.*, 2, 63-104.
6. **Alleaume Ch.** (2012). L'abeille domestique (*Apis mellifera*), exemple pour l'étude de l'attractivité des plantes cultivées sur les insectes pollinisateurs. École nationale vétérinaire d'Alfort. 112 p
7. **Anderson J.** (1931). How long does a bee live? *Bee world*, 12, 25.
8. **Aurore ch.** (2012). Le virus de la paralysie chronique de l'abeille : contribution à l'étude de la caractérisation de protéines virales. Thèse doctorat. Université de Provence .France, 217p
9. **Baer Boris** (2005). Sexual selection in *Apis* bees. *Apidologie* 36 (2005), 187-200
10. **Baer B., Eubel H., Taylor N.L., O'toole N., Millar A.H.** (2009). Insights into female sperm storage from the spermathecal fluid proteome of the honeybee *Apis mellifera*. *Genome Biology*, 10, R67.
11. **Beetsma J.** (1979) . The process of queen-worker differentiation in the honeybee. *Bee World* 60, 24-39.
12. **Berchtold L., Nicole D.** (2003). *Biologie de l'abeille*, Edition VDRB
13. **Beaumont A., & Cassier P.** (1983). *Biologie animale des Protozoaires aux Métazoaires épithéloneuriens*. Bordas, Paris, France. 954 pp.
14. **Biri M.** (2010). *Tout savoir sur les abeilles et l'apiculture*. 7^{ème} édition. De Vecchi. Paris.
15. **Bishop G. H.** (1920a). Fertilization in the honey-bee I. The male sexual organs their histological structure and physiological functioning. *Journal of Experimental Zoology* 31(2): 225-265.

- 16. Bishop G. H.** (1920b). Fertilization in the honey-bee II Disposal of the sexual fluids in the organs of the female. *Journal of Experimental Zoology* 31(2): 267-286.
- 17. Blackiston H.** (2009). *Beekeeping for dummies*. 2^{ème} édition. For dummies. Indianapolis. Cobey S. Processus d'insémination de la reine. <euphony.net.be/abeille/elv/processus_insemination.html >.
- 18. Bower-Walker PL., Gunn A.** (2001). The effect of the ectoparasitic mite, varroa destructor on adult worker honeybee (*Apis mellifera*) emergence weights water, protein, carbohydrate and lipid level. *Entomologia experimentalis et applicata*. 101:207-217.
- 19. Bozina KD.** (1961). How long does the queen live? *Pchelovodstvo*38:13 in Remolina S.C, Hughes K.A. 2008.
- 20. Buttel-Reepen .,H.V.** (1906). *Apistica*. Beitrage zur Systematik, Biologie, sowie zur geschichtlichen und geographischen Verbreitung der Honigbiene (*Apis mellifica* L.). Ihrer Variet Aten und der Ilbrigen Apis-Arten. *Veroff.Zool.Museum Berlin*, 117-201.
- 21. Chaud-Netto., J. & Bueno O.C.** (1979). Number of ovarioles in workers of *Apis mellifera adansonii* and *Apis mellifera ligustica*: a comparative study. *J. Apicultural Res.*, 18: 260-263.
- 22. Charpentier G.**(2013). Étude des effets létaux et sublétaux d'une intoxication au thymol sur le développement et l'immunité des larves d'*Apis mellifera* élevées in vitro. Université de Toulouse.
- 23. Chauvin R.** (1960). Progrès récents dans la biologie de l'abeille. *Ann. Abeille* 31 (1960) 5-39.
- 24. Chauzat., M.P., Faucon, J.P., Martel, A.C., Lachaize, J., Cougoule, N., Aubert, M.**(2006). Les pesticides, le pollen et les abeilles. *Phytoma - La Défense des Végétaux*. 594, 40-45.
- 25. Chauzat., M.P. and Faucon., J.P.** (2007). Des cires sentinelles de l'environnement. *Phytoma - La Défense des Végétaux*. 608, 8-12.
- 26. Chen P. S.** (1984). The functional morphology and biochemistry of insect male accessory glands and their secretions. *Annual Review of Entomology* 29(1): 233-255.
- 27. Collins A.M., Williams V., Evans J.D.** (2004). Sperm storage and antioxidative enzyme expression in the honey bee, *Apis mellifera*. *Insect Molecular biology*, 13, 141–146.
- 28. Collins A.M., Caperna T. J., Williams V., Garrett W. M., Evans J .D.** (2006) Proteomic analyses of male contributions to honey bee sperm storage and mating. *Insect Molecular Biology*, 15(5), 541–549.

- 29. Contributeurs de Wikipédia (a)** .(2011). *Apis cerana*. In: Wikipédia [en-ligne], [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Apis_cerana&oldid=62595188].
- 30. Crailsheim K. and Stolberg E.** (1988). Influence of diet, age and colony condition upon intestinal proteolytic activity and size of the hypopharyngeal glands in the honeybee (*Apis mellifera*L.) J. Insect. Physiol. 35n°8:595-602.
- 31. Den Boer S .P. A., Boomsma J. J., Baer B.** (2009). Honey bee males and queens use glandular secretions to enhance sperm viability before and after storage. Journal of Insect Physiology, 55, 538–543.
- 32. Didier B.** (2012). L'abeille mellifère *Apis mellifera*, Reproduction métamorphose des larves. Fédération royale provinciale Liégeoise d'apiculture.57p
- 33. Fahrenholz L., Lamprecht I., Schrick B.** (1989). Thermal investigations of a honey bee colony: thermoregulation of the hive during summer and winter and heat production of members of different bee castes. Journal of Comparative Physiology B 159, 551–560.
- 34. Fayet A** .(2013). Le genre *Apis*⁴. Fich-tech.p.17-18.
- 35. Franck P., Solignac M., Vautrin D., Cornuet J. M., Koeniger G. et Koeniger N.** (2002). Sperm competition and last-male precedence in the honeybee. Animal Behaviour 64: 503-509.
- 36. Gary N. E.** (1963). Observations of mating behaviour in the honeybee. Journal of Apicultural Research 2(1): 3-13.
- 37. Gary N.E.** (2008). « Chapter 8: Activities and Behavior of Honey Bees ». In the hive and the honey bee. Hamilton, Illinois: Dadant and Sons.
- 38. Gençer H. V., Kahya Y., Woyke J.** (2014). Why the viability of spermatozoa diminishes in the honeybee (*Apis mellifera*) within short time during natural mating and preparation for instrumental insemination. Apidologie 45:757–770. DOI:10.1007/s13592-014-0295-0.
- 39. 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 .Université Claude-Bernard - Lyon I (Médecine - Pharmacie). Paris, 249 p
- 40. Gilbert S. F.** (2004). Biologie du développement. 2^{ème} édition De Boeck.
- 41. Gould J.L., Gould C.G.** (1993). Les abeilles, comportement, communication et capacités sensorielles. In pour la science, Paris, 239 p
- 42. Grassé P-P.** (1977). Traité de zoologie: anatomie, systématique, biologie. Tome VIII Fascicule V-A. Masson, Paris, 680 p

- 45. Gutzeit H., Zissler D.O. et Fleig R.** (1993). Oogenesis in the Honeybee *Apis Mellifera* - Cytological Observations on the Formation and Differentiation of Previtellogenic Ovarian Follicles. Roux Archives of Developmental Biology 202(3): 181-191.
- 46. Harbo J. R., Williams J. L.** (1987). Effect of above-freezing temperatures on temporary storage of honeybee spermatozoa. Journal of Apicultural Research 26(1): 53-55.
- 47. Harrison J. M.** (1987). Roles of individual honeybee workers and drones in colonial thermogenesis. Journal of Experimental Biology 129: 53-61.
- 48. Haubruge.** (1998). Base Biotechnologie Agronomie Société et Environnement Les mécanismes responsables de la résistance aux insecticides chez les insectes et les acariens .PP 161-174.
- 49. Hess G.** (1942). Über den Einfluss der Weisellosigkeit und das Fruchtbarkeits-Vitamins E auf die Ovarien der Biene- narbeiterin. Beihqfte der Schweizerischen Bienenzeitung 1, 33-109.
- 50. Howell et Usinger.** (1933). (In Drescher 1968).
- 51. Huang Z .Y.**(1990). A simple in vivoestimation of hypopharyngeal gland activity in honeybees (*Apis mellifera*L., Apidae, Hymenoptera). Journal of Apicultural Research29, 75-81.
- 52. Hubert G.** (2000). Etre performant en Apiculture. Editions Rucher du Tilleul.
- 53. Jackson J.T., Tarpy D.R., Fahrbach S.E.** (2011). Histological estimates of ovariole number in honey bee queens, *Apis mellifera*, reveal lack of correlation with other queen quality measures. Journal of Insect Science 11:82availableonline: insectscience.org/11.82
- 54. Jay S.C.** (1962). Colour changes in honeybee nymphée. Bee World43, 119–122.
- 55. Jay S.C.** (1964).The Cocoon of the Honey Bee, *Apis mellifera* L. The Canadian Entomologist 96, 784–792.
- 56. Kamakura M.** (2011). Royalactin induces queen differentiation in honeybees. Genes and Genetic Systems 86(6): 384-384.
- 57. King M., Eubel H., Harvey Millar A., Baer B.** (2011). Proteins within the seminal fluid are crucial to keep sperm viable in the honeybee *Apis mellifera*. Journal of Insect Physiology 57, 409–414.
- 58. Klenk M., Koeniger G., Koeniger N., Fasold H.** (2004) Proteins in spermathecal gland secretion and spermathecal fluid and the properties of a 29 kDa protein in queens of *Apis mellifera*. Apidologie, 35, 371–381

- 59. Koeniger G., Koeniger N., Fabritius M.** (1979). Some detailed observations of mating in the honeybees. *Bee world* 60, 53-57 in Hrasnigg N. and al. 2005.
- 60. Koeniger G.** (1990). The role of the mating sign in honey bees, *Apis mellifera L.*: does it hinder or promote multiple mating. *Animal Behaviour* 39: 444-449.
- 61. Koeniger G., Koeniger N.** (1991). An evolutionary approach to mating behaviour and Drone copulatory organisin *Apis*. *Apidologie* 22 (1991), 581-590.
- 62. Koeniger N., et Koeniger G.** (2000). Reproductive isolation among species of the genus *Apis*. *Apidologie* 31(2): 313-339.
- 63. Kressin M., Sommer U., Schnorr B.** (1996). The spermathecal epithelium of the queen bee (*Apis mellifera*): morphology, age-dependent changes and cell contacts. *Anatomy Histology Embryology*, 25(1), 31-5.
- 64. Kuwabara M.** (1947). Ueber die Regulation in weisellosen Volke der Honigbiene besonders die Bestimmung des neuen Weisels. *Jour. Fac. Sci. Ser. VI Zool.*, 9: 359-381.
- 65. Laidlaw Jr., H. H.** (2008). « Chapter 23: Production of queens and package bees ».In *The hive and the honey bee*. Hamilton, Illinois : Dadant and Sons.
- 66. Le Conte Y.** (2002). Mieux connaitre l'abeille. In le traité rustica de l'apiculture Paris, Rustica, p.12-51.
- 67. Leoncini I.** (2002). Pheromones et régulation sociale chez l'abeille, *Apis mellifera L.* : Identification d'un inhibiteur du développement comportemental des ouvrières.- 223f Th. : Sciences biologiques fondamentales et appliquées: INAP : 21.
- 68. Lotmar R.** (1945). Die metamorphose des Bienendarms (*Apis mellifera*). *Beihefte Schweiz. Bienen-Zeitung*, 1: 443-506.
- 69. Louveux J.** (1976). Les abeilles et les traitements phytosanitaires. *Phytoma* 28, 280, 18-19.
- 70. Maisonnasse A.** (2010). Communication chimique et regulations sociales dans la colonie d'abeilles (*Apis melliferaL.*). L'UNIVERSITÉ D'AVIGNON.155p
- 71. Mackensen O. et Tucker K. W.** (1970). Instrumental insemination of queen bees (No. 390). *US Agricultural Research Service*: 28 p.
- 72. Marchenay P. et Berard I.** (2007). *L'homme, l'abeille et le miel*. Paris,De Borée, 223 p.
- 73. Martin C., Salvy M., Provost E., Bagneres A. G., Roux M., Crauser D., Clement J. L., Le Conte Y.** (2001). Variations in chemical mimicry by the ectoparasitic mite *Varroajacobsoni* according to the developmental stage of the host honey-bee *Apis mellifera*. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*31, 15.

- 74. Medori P., Collin M.E.** (1982). Les abeilles. Comment les choisir et les protéger de leurs ennemis. Paris, FRA : Baillière, 131p.
- 75. MEIER K.** (1916). Die postembryonale Entwicklung des Geschlechtsapparates der Arbeitsbiene (*Apis mellifera*L.).Z. angew. Ent., 3: 45-74.
- 76. Meusel M. S., et Moritz, R. F.** (1993). Transfer of paternal mitochondrial DNA during fertilization of honeybee (*Apis mellifera* L.) eggs. Current genetics 24(6): 539-543.
- 77. Michel R.** (2010). Je fais mon miel. Manuel Pratique d'apiculture. Hachette Livres, Paris
- 79. Michelsen A.** (1993). The transfer of information in the dance language of honeybees: progress and problems. Journal of Comparative PhysiologyA 173.
- 80. Moors, L., Spaas, O., Koeniger, G., Billen, J.** (2005). Morphological and ultrastructural changes in the mucus glands of *Apis mellifera* drones during pupal development and sexual maturation. Apidologie 36 (2005) 245–254
- 81. Morini M. S. C., & Bueno O. C.** (1995). Análise quantitativa dos ovários de rainhas de *Apis mellifera caucasiana*(Polm.1889) (Hymenoptera, Apidae). Revta. Bras. Ent., 39: 403-407.
- 82. Nieh J.C.** (2010). A negative feedback signal that is triggered by peril curbs honey bee recruitment. Current biology20, 310–5.
- 83. Nijhout H. F.** (2003). The control of body size in insects. Developmental Biology, 261(1): 1-9.
- 84. Oertel E.** (1930). Metamorphosis in the honeybee. J.Morph. Physiol., 50: 295-340.
- 85. Page R. E., et Peng C.Y.** (2001). Aging and development in social insects with emphasis on the honey bee *Apis mellifera*L. Elsevier science inc. Experimental Gerontology. Volume 36, issues 4-6-April 2001.
- 86. Page R. E., et Laidlaw H. H.** (2008). « Chapter 7: Honey Bee Genetics and Breeding ». In The hive and the honey bee. Hamilton, Illinois : Dadant and Sons.
- 87. Pain J.** (1968). L'ovaire des ouvrières. In: Chauvin R (ed) Traité de biologie de l'abeille, vol 1. Masson, Paris, pp 186-199.
- 88. Pham- Délègue M.H.** (1999). Les abeilles. Genève, Minerva, 206 p
- 89. Phiancharoen M. S., Wongsiri N., Koeniger et Koeniger G.** (2004). Instrumental insemination of *Apis mellifera* queens with hetero- and conspecific spermatozoa results in different sperm survival. Apidologie 35(5): 503-511.

- 90. Raccaud-Schoeller J.** (1980). *Les Insectes, Physiologie, Développement*. Paris, France : Masson. 288 p.
- 91. Ravazzi G.** (2007). Abeilles et apiculture. De Vecchi. 159.
- 92. Rembold H., Kremer J.P., Ulrich G.M.** (1980). Characterization of postembryonic developmental stages of the female castes of the honey bee, *Apis mellifera*L. *Apidologie*11, 29–38.
- 93. Roberts W.C. et Mackensen O.** (1951). Breeding improved honey bees. *American Bee Journal* 91(11): 473-475.
- 94. Roger B., Pain J.** (1966). L'influence de la reine d'abeille *Apis mellifera*L. Sur le taux de mortalité des ouvrières accompagnatrices. *Ann. Abeille* 9(I): 5-36.
- 95. Rhodes J. W.** (2008). Semen Production in Drone Honeybees. R. I. R. D. Corporation, Australian Government. RIRDC Publication No 08/130: 80 p.
- 96. Rortais A., Arnold G., Halm M.P., Touffet-Briens F.** (2005). Modes of honey bees exposure to systemic insecticides: estimated amounts of contaminated pollen and nectar consumed by different categories of bees. *Apidologie*36, 71–83.
- 97. Rösch G.A.** (1927). Über die Bautätigkeit im Bienenvolk und das Alter der Baubienen, *Z. Vergl. Physiol.* 6, 265–298.
- 98. Rosch GA.** (1925). Untersuchungen über die Arbeitsteilung im Bienenstaat, 1. Die Tätigkeiten im normalen Bienenstaat und ihre Beziehung zum alter der Arbeitsbienen. *Z. Vergl. Physiol.* 2:571-631.
- 99. Rossant A.** (2011). Le miel, un composé complexe aux propriétés surprenantes. Thèse de doctorat. Université de Limoges. Limoges.
- 100. Rousseau J. A. P.** (2014). Production et qualité du sperme de faux-bourdon durant la saison de production des reines de l'abeille domestique (*Apis mellifera* L.) au Québec. Thèse de doctorat. Université Laval. Canada, p 76.
- 101. Ruttner F.** (1975). African races of honeybees, *Proc. 25th Int. Beekeep. Congr.* Bucharest, Apimondia, pp. 325–362.
- 102. Ruttner F., Mackeusen O.** (1954). The genetics of the honeybee. *Bee world.* 33:53-62, 71-79. (in Fresney 1965).
- 103. Ruttner F.** (1968). Intracial selection of race-hybrid breeding of honey bees. *Am. Bee J.* 108:394-396.
- 104. Sammataro D., Avitabile A.** (1998). *The Beekeeper's Handbook*. Ithaca, New York: Cornell University Press.

- 105. Seeley T. D.** (1982). Adaptive significance of the age polyethism schedule in honeybee colonies. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 11(4): 287-293.
- 106. Seeley T. D.** (2010). *Honeybee democracy*. Princeton, New Jersey : Princeton University Press.
- 107. Snodgrass R.** (1956). *Anatomy of honey bee*. Comstock Publis. Ass., New York, 334p
- 108. Strauss J.** (1911). Die chemische Zusammensetzung der Arbeitsbiene und Drohment während ihrer verschiedenen entwicklungsstadien. *Z. Biol.* 56:347-397 in Hrassnigg N.; Craïlsheim K. 2005.
- 109. Taouint S.** (2014). Contribution à l'étude morphométrique et histologique de quelle ques parties du système reproducteur de la reine d'abeilles *Apis mellifera*. Université Bejaia. 33 p.
- 110. Tarpy, D.R. et R.E. Page.** (2001). The curious promiscuity of queen honey bees (*Apis mellifera*): evolutionary and behavioral mechanisms. *Annales Zoologici Fennici* 38(3-4): 255-265.
- 111. Tautz, J.,** (2008). What Bees Know About Flowers. Dans: *The Buzz about Bees*. Berlin: SpringerVerlag, pp. 70-113.
- 112. Thiaville F.** (2015). Ce n'est pas sorcier-le déclin des abeilles. Documentaire, chaine France 3, 1997. 2 rue Sainte-lucie 75015 Paris, 16 :23.
- 113. Vandame R.** (1996). Importance de l'hybridation de l'hôte dans la tolérance à un parasite. Cas de l'acarien parasite *Varroa jacobsoni* chez les races d'abeilles *Apis mellifera* européenne et africanisée, en climat tropical humide du Mexique. Thèse de doctorat, Université Claude Bernard, Lyon 1, 126 p.
- 114. Verma L.R.** (1974). Honeybee spermatozoa and their survival in the queen's spermatheca. *Bee World*, 55, 53–61.
- 115. Verma L.R** (1978a) Biology of honeybee *Apis mellifera* L. spermatozoa. 1. Effect of different diluents on motility and survival. *Journal of Apicultural Research*, 9, 167–174.
- 116. Verma L. R.** (1978b). Biology of honeybee *Apis mellifera* L. spermatozoa. 2. Effect of washing and of sugars on respiration as measured by the Cartesian diver technique. *Journal of Apicultural Research*, 17, 176–181.
- 117. Visscher P.K.** (1983). The honeybee way of death: necrophoric behaviour in *Apis Mellifera* colonies *Anim. Behav.* 31:1070-1076.
- 118. Wager B.R., Breed M.D.** (2000). Does Honey Bee Sting Alarm Pheromone Give Orientation Information to Defensive Bees? *Annals of the Entomological Society of America* 93, 1329–1332.

- 119. Wardenier R.** (2012). Le monde fascinant des abeilles. Journal des enfants .p 1-4.
- 120. Webster T.C., Peng Y.S.** (1988). The evolution of food-producing glands in eusocial bees (Apoidea, Hymenoptera) 1. Journal of Evolutionary Biology1, 165–176.
- 122. Weiss K.** (1985). L'apiculteur du weekend. Editions européennes apicoles.
- 123. Winston M. L.** (1987).The biology of the honey bee Harvard University Press, Cambridge USA.
- 124. Winston M.L.** (1991). Role of Queen Mandibular pherormone and colony congestion in honey bee (*Apis mellifera L.*) Reproductive swarming (Hymenoptera Apidae). Bozina 1961 cité Winston, 1991.
- 125. Winston M.L.** (1993). La biologie de l'abeille. Traduit de l'anglais par G.LAMBERMONT. Edition Frison Roche, Paris.
- 126. Woyke J. et Jasinski Z.** (1978). Influence of age of drones on results of instrumental insemination of honeybee queens. Apidologie 9(3): 203-211.
- 127. Woyke J.** (1960). Natural and artificial insemination of queen honeybees. Pszcz. Zesz. Nauk 4: 183-275.
- 128. Woyke, J.** (1964). Causes of repeated mating flights by queen honeybees. Journal of Apicultural Research 3(1): 17-23.
- 129. Woyke J.** (2008). Why the eversion of the endophallus of honey bee drone stops at the partly everted stage and significance of this, Apidologie 39, 627–636.
- 130. Woyke J.** (2010). Three substances ejected by *Apis mellifera* drones from everted endophallus and during natural matings with queen bees. Apidologie 41(6): 613-621.
- 131. Zander E.** (1922). Der Bau der Biene, Eugen Ulmer, Stuttgart.
- 132. Zander E. & Becker F.** (1925). Die Ausbildung des Geschlechts bei der Honigbiene. Erlanger Jb. Bienenk., 3: 163-223.

Résumé

Le but du présent travail est de faire une synthèse bibliographique sur le système reproducteur des différentes castes de l'abeille domestique *Apis mellifera*. Le système reproducteur de la reine est constitué: des ovaires hypertrophiés et des oviductes qui conduisent les œufs des ovarioles jusqu'au vagin en passant par la spermathèque, malgré que les ouvrières en absence de la reine, ont une aptitude qui rend ses ovaires fonctionnels, les deux types d'ovaires n'ont pas des ressemblances du point de vue morphologique, car les ouvrières ont un système reproducteur rudimentaire aussi le nombre des ovarioles qui est très réduit, par contre à celui des reines qui est très développé, en plus le développement de l'ovaire est déjà initié au stade larvaire et arrive à sa maturité lors de l'émergence reflétant la capacité future à la ponte. L'appareil reproducteur du mâle a une structure très complexe que l'on peut le résumer en un organe pair produisant les spermatozoïdes formés par les testicules et un organe impair ou organe copulateur (endophallus). Entre les deux se trouvent les vésicules séminales, organes essentiellement de stockage et de maturation des spermatozoïdes.

Les mots clés: *Apis mellifera*, reine, ouvrière, Faux-bourdon, reproduction, appareil reproducteur.

Abstract

The goal of this work is to make a bibliographical synthesis on the reproductive system of different castes from bee domesticates *Apis mellifera*. The reproductive system of the queen is composed by: enormous ovaries, oviducts which lead eggs of the ovarioles to the vagina while passing by the spermatheque, although the workers in absence of the queen have an aptitude which makes its ovaries functional. The two types of the ovaries have not likeness from the morphological point of view, because the workers have a rudimentary reproductive system, on the other hand also the number of the ovarioles which is very reduced, to that of the queens who is very developed, moreover the development of the ovary is already initiate at the larval stage and arrive has its maturity during emergence reflecting the future capacity has the laying. The reproductive track of the male has a very complex structure; we can summarize it in an even body producing the spermatozoïdes formed by the testicles and an odd body or body copulator (endophallus). Between the two are the seminal blisters bodies essentially of storage and maturation of the spermatozoïdes.

Key words: *Apis mellifera*, queen, worker, False-bumblebee, reproduction, reproductive track.