

Ces abeilles piquées d'électronique : les dispositifs qui révolutionnent la recherche en abeille

Benjamin Basso^{1,2}, Didier Crauser^{3,2}, Axel Decourtye^{1,2}, Charlotte Rüger^{1,2}, Fabien Ricard^{1,4}, Stéphane Grateau⁵, Jean-François Bompa⁴

Résumé. L'abeille étant un insecte eusocial, l'étude de son comportement passe obligatoirement par des observations complexes en présence d'un grand nombre d'individus. Les outils électroniques permettent l'acquisition de données totalement nouvelles, actuellement centrées sur les entrées/sorties et l'activité de la reine dans sa colonie.

Mots clés : abeilles, reines, ruche, électronique, entrées/sorties

Introduction

L'abeille est rarement présentée parmi les espèces d'élevage majeures ; pourtant, au-delà de leur exploitation pour la production de miel, les abeilles domestiques sont primordiales pour la pollinisation de nombreuses espèces végétales et donc pour l'économie de nombreuses filières. Cette espèce n'a pas l'histoire de gestion par l'homme qu'ont les autres espèces animales. La création des ruches dites « à cadres », qui permettent de visiter une colonie et de s'assurer de son bon fonctionnement (ponte de la reine, ressource suffisante, pas de problème sanitaire, etc.) ne date ainsi que de la fin du XIX^{ème} siècle. Il en résulte un manque de connaissances sur la biologie de cette espèce, comparativement aux autres.

Cette relative méconnaissance s'explique, en grande partie, par la difficulté d'observer des abeilles dans leur environnement normal sans bouleverser de manière significative le fonctionnement des colonies. En effet, l'abeille dite domestique *Apis mellifera*, est une espèce eusociale qui vit en colonie de plusieurs milliers d'individus avec des tâches bien réparties entre castes. L'observation visuelle, comme elle existe en ruche vitrée, implique donc de se limiter à une petite partie des individus constituant une colonie normale en plus de les mettre dans un environnement nouveau et éloigné de leur habitat naturel dont les parois sont constituées de bois. Il s'agit aussi d'une espèce modèle pour l'étude du comportement, dans le sens où, si l'entité d'intérêt pour l'apiculteur est la colonie (son état de santé, ce qu'elle produit...), qui peut comporter des dizaines de milliers d'abeilles, on souhaite pouvoir analyser le comportement de quelques individus clés au sein d'une multitude d'individus très semblables, comme la ponte d'une reine ou les entrées/sorties des butineuses.

Pour ces différentes raisons, l'utilisation de dispositifs permettant d'étudier le comportement de ces insectes sans intervention humaine ni modification majeure de leur environnement ne permettra pas uniquement d'amasser plus de données mais surtout d'acquérir des connaissances totalement nouvelles sur cette espèce car elles n'étaient pas mesurables avant.

Le suivi des vols : un impact au-delà de la filière

L'enregistrement individuel des entrées/sorties des abeilles a été un des premiers développements des équipes étudiant les abeilles avec différents objectifs :

- ✓ étudier le taux de retour des butineuses selon la ressource visitée pour caractériser la toxicité de certains produits de protection des plantes envers les abeilles ;
- ✓ étudier les vols de fécondations des reines d'abeilles pour conseiller les apiculteurs qui souhaitent maîtriser la génétique de leurs colonies et donc les accouplements.

1 ITSAP-Institut de l'abeille, MNE, 149 rue de Bercy, 75595 Paris cedex 12, France

2 UMT PrADE, 228 route de l'aérodrome, Domaine Saint-Paul/Site Agroparc, 84914 Avignon cedex 9, France

3 UR Abeilles et Environnement, Inra, Site Agroparc, 84914 Avignon cedex 9, France

4 UMR GenPhySE, Inra, Chemin de Borde Rouge, 31326 Castanet-Tolosan, France

5 UE Entomologie, Inra, Le Magneraud Saint-Pierre-d'Amilly, BP 52, 17700 Surgères, France
benjamin.basso@itsap.asso.fr

Différents dispositifs ont été mis au point au fil du temps. Sur le principe, tous sont constitués d'un marqueur sur l'abeille, d'un système de détection à l'entrée de la ruche et d'un PC qui récupère et archive les informations. Il existe au moins trois types de technologies : la détection magnétique, RFID (radio frequency identification) et caméras.

Détection par caméra

Le dispositif consiste à équiper l'entrée de la ruche d'un système optique de détection automatique en temps réel, grâce à l'utilisation de caméra, et permettant de déterminer l'activité de vol (fréquence, horaire...).

Celui-ci est constitué d'un boîtier fixé à l'entrée de la ruche renfermant des couloirs de passage d'abeilles, de plusieurs caméras et d'un éclairage à LED. Deux types de caméras fonctionnent simultanément permettant le suivi global et individuel des abeilles. Le premier étant réalisé par une caméra moyenne résolution dont le but est de compter toutes les abeilles (marquées ou non) qui entrent et qui sortent de la colonie et d'avoir une vue globale de l'activité de vol. Le second type de caméra est constitué de deux caméras haute résolution permettant d'identifier les abeilles taguées donc un suivi individuel. Les tags utilisés sont réalisés en papier plastifié de 3 mm de diamètre. Ceux-ci comportent un code barre bidimensionnel de type « Data Matrix », et sont collés sur le thorax de l'abeille (**Figure 1**).



Figure 1. Abeilles taguées (photo : D. Crauser).

Détection par capteur inductif

Elle permet de détecter un simple objet métallique qui passe dans un champ électromagnétique. Une pastille métallique (zinc) est collée sur le thorax de l'abeille et un capteur inductif annulaire est placé à l'entrée de la ruche. L'abeille qui passe à l'intérieur du capteur est détectée.

- ✓ Avantages : cette technologie à faible coût est simple d'utilisation et les pastilles n'occasionnent pas trop de gêne.
- ✓ Inconvénients : il n'est pas possible de différencier les individus munis de pastilles. Le passage est très réduit et nécessite deux capteurs à la suite pour déterminer le sens de passage.

Détection RFID

Elle permet de lire un numéro sur une « étiquette » RFID (tag passif) quand celle-ci passe dans le champ électromagnétique d'une antenne associée à un lecteur. Deux technologies et fréquences sont utilisées : HF (hautes fréquences) et UHF (ultra hautes fréquences). Dans les deux cas, un tag RFID est collé sur le thorax de l'abeille et est lu par un système de lecteur + antennes placées à l'entrée de la ruche.

- ✓ Avantages : cette technologie permet d'identifier différents individus par un numéro. En UHF, le matériel utilisé a en plus, la possibilité de lire plusieurs tags en même temps sur une seule antenne. Cela permet d'avoir un passage plus grand. Le bloc placé à l'entrée de la ruche renseigne sur le sens de passage.
- ✓ Inconvénients : les tags sont plus gros et plus lourds qu'une pastille métallique et peuvent occasionner un peu de gêne. Le prix du système est plus important. En HF, le matériel utilisé ne permet de lire qu'une seule abeille à la fois. Le passage d'entrée s'en trouve donc réduit comme pour les pastilles métalliques.

Et dans la ruche ?

Comme pour les vols, connaître les déplacements d'un individu dans sa colonie sans modifier son environnement pourrait permettre de tester l'impact de différentes modalités sur ce paramètre. Plus simplement, connaître les déplacements au sein de la colonie permettra de mieux comprendre le fonctionnement de celle-ci. Une telle observation est totalement impossible pour une personne ou avec une caméra, la colonie étant totalement hermétique. Cette connaissance est enfin rendue possible par la mise au point du dispositif CIReine par le Cati Sicpa et l'Itsap-Institut de l'abeille, financé dans le cadre de l'AAP Casdar recherche technologique 2014.

Principe du dispositif CIReine

La reine est équipée d'une puce RFID passive 134Khz, type glass tag, collée sur le thorax (**Figure 2**).

Chaque cadre est constitué d'une plaque de quatre antennes RFID recouverte d'une feuille de cire de chaque côté.

- Les cadres sont reliés à un lecteur RFID connecté à un serveur Linux type Raspberry PI gérant tout le système.



Figure 2. Reine marquée avec une puce RFID (photo : Itsap).

Intégration dans la colonie

Neuf cadres sont placés dans une ruche adaptée aux modifications. Un coffret électronique est fixé à l'arrière de la ruche. Les cadres sont reliés au coffret par l'intermédiaire de connecteurs, permettant de les manipuler facilement. Le système est relié au réseau Ethernet pour pouvoir le visualiser et contrôler à distance.

Fonctionnement du dispositif CIReine

En se déplaçant, la puce de la reine va être lue par une des quatre antennes des cadres. Cela donnera sa position inter cadre au $\frac{1}{4}$ de cadre près. Chaque fois que la puce RFID est lue par le lecteur, on enregistre la date, l'heure, l'antenne, la puissance du signal dans une base de données.

Illustration des résultats

Le système permet ainsi de suivre en temps réel la position de la reine : https://www.youtube.com/watch?v=u1WL_pF4UPQ.

On peut ensuite retracer la présence de la reine sur les différents cadres au fil du temps (**Figure 3**).



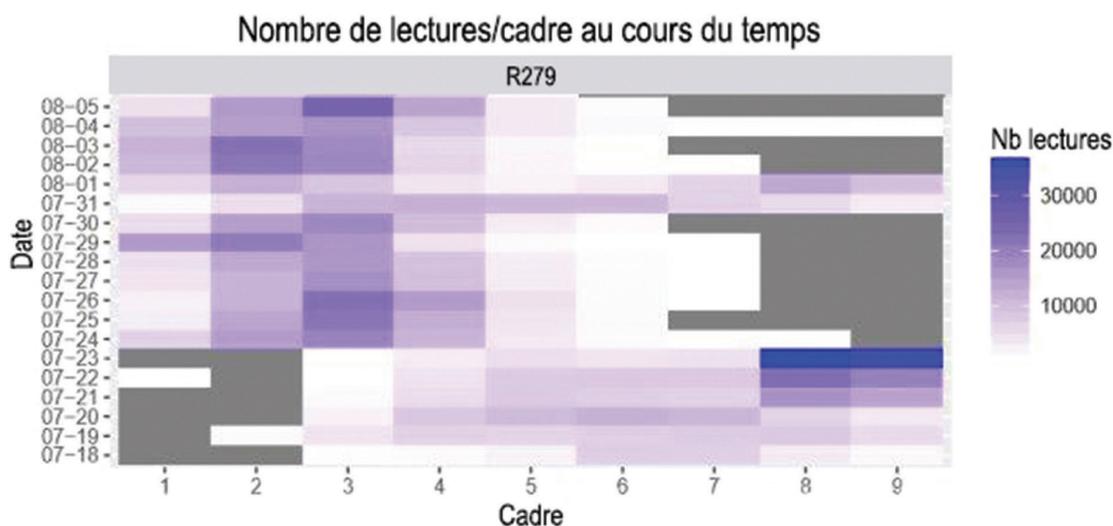


Figure 3. Position d'une reine dans sa colonie du 18/07/2017 au 05/08/2017.

Conclusion : des projets qui essaient

Au vu des premiers résultats et des perspectives offertes par ces dispositifs, de nombreuses pistes sont suivies pour l'amélioration de ces outils ou le développement de nouveaux. Parmi les plus innovants on peut citer les travaux portant sur l'utilisation de radars qui ouvre la voie vers encore de nouvelles pistes de recherches :

- ✓ comportement au rucher,
- ✓ suivi des aires de butinage (nombre d'abeilles sur une zone définie),
- ✓ détection des nids de frelons,
- ✓ suivi des congrégations de mâles.

Sur du matériel plus classique, comme les balances de pesées automatiques, les travaux actuels portent sur la valorisation d'un grand nombre de données. En effet, de nombreux apiculteurs se sont équipés, pour suivre leurs ruchers, de telles balances avec connexion à distance. La mise en commun de cette masse d'informations et leur analyse pourrait aboutir à la mise au point des modèles prédictifs des miellés. C'est un des objectifs du projet Casdar Miellées démarré en 2017 en collaboration avec le Cati Sicpa.