



HAL
open science

L'apiculture dirigée par les données et les modèles

Baptiste Magnier, Grégory Zacharewicz

► **To cite this version:**

Baptiste Magnier, Grégory Zacharewicz. L'apiculture dirigée par les données et les modèles. The Conversation France, 2022. hal-03776562

HAL Id: hal-03776562

<https://hal.science/hal-03776562>

Submitted on 13 Sep 2022

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial 4.0 International License

L'apiculture dirigée par les données et les modèles

Publié: 4 mai 2022, 20:41 CEST

Gregory Zacharewicz

Professeur de l'Institut Mines Telecom, IMT Mines Alès – Institut Mines-Télécom

Baptiste Magnier

Associate professor, IMT Mines Alès – Institut Mines-Télécom



Les nouvelles technologies pourraient aider les apiculteurs à mieux gérer leurs ruchers. Nicolas Vigier/flickr

Les abeilles participent de façon notable à la biodiversité. La pollinisation est en effet une étape indispensable du cycle de vie des plantes, et les abeilles y contribuent pleinement. Cependant, les menaces qui pèsent aujourd'hui sur la biodiversité annoncent la disparition des insectes pollinisateurs, et en particulier celle des abeilles domestiques (comme l'*Apis mellifera* résidant en Europe). Cette disparition serait catastrophique pour l'humain : on estime que près de 35 % de notre alimentation dépend des services de pollinisation rendus par les abeilles !

Le syndrome d'effondrement des colonies (en anglais *colony collapse disorder* ou CCD, c'est-à-dire l'abandon systématique des ruches) est un phénomène devenu récurrent chez les colonies d'abeilles domestiques. Une diminution importante des colonies d'abeilles est ainsi signalée dans le monde entier ; elle pourrait causer jusqu'à 90 % de pertes des ruches. Concernant les abeilles mellifères, les causes peuvent être multiples : toxicologiques, parasitaires, virales, voire même prédatrices, avec l'apparition ces dernières années du frelon asiatique (*Vespa velutina*) puis du frelon oriental (*Vespa orientalis*) dans l'hexagone.

En élevant des abeilles, les apiculteurs jouent un rôle clé dans la sauvegarde de l'espèce. Pour les y aider, ils disposent aujourd'hui de solutions moins invasives pour le suivi et la prédiction de l'état de santé des ruches. En particulier, cet article se focalise sur deux de nos travaux de recherche, qui utilisent des technologies de l'internet des objets (en anglais *Internet of things* ou IoT) associées à l'intelligence artificielle, à des modèles informatiques et à des simulations, ceci afin d'aider les apiculteurs dans leurs pratiques métiers.

Comportement des abeilles à l'entrée de la ruche

La première clé de suivi et de prédiction de la santé de la ruche est la modélisation du comportement des abeilles ; elle permet de repérer les forces ou les faiblesses de la ruche, causées par les maladies, les famines ou les prédateurs. On peut ainsi comprendre ce qui se passe à l'intérieur de la ruche en observant ce qui se passe à l'extérieur. Pour cela, l'image et la vidéo sont des sources d'information riches à exploiter, non destructives, et qui constituent un enjeu scientifique et écologique fort. Néanmoins, la modélisation de trajectoire n'avait pas encore été développée, ce qui a motivé notre travail.

Nos premiers travaux ont ainsi porté sur la détection des abeilles, ainsi que la modélisation de leurs trajectoires. L'idée était de capter individuellement les trajectoires de vol des abeilles, puis de caractériser le rythme de l'activité globale devant la ruche afin d'en déduire des observations qui seront consolidées et mises à disposition des scientifiques pour être croisées avec des données apicoles (famine, prédateur, sécheresse...).

En pratique, il s'agissait de capturer le mouvement des abeilles avec une caméra fixe et non-invasive, filmant les entrées et les sorties des insectes. À l'aide d'un capteur de haute résolution et de haute fréquence d'acquisition, des techniques de traitement des images permettent d'isoler l'abeille de l'arrière-plan.

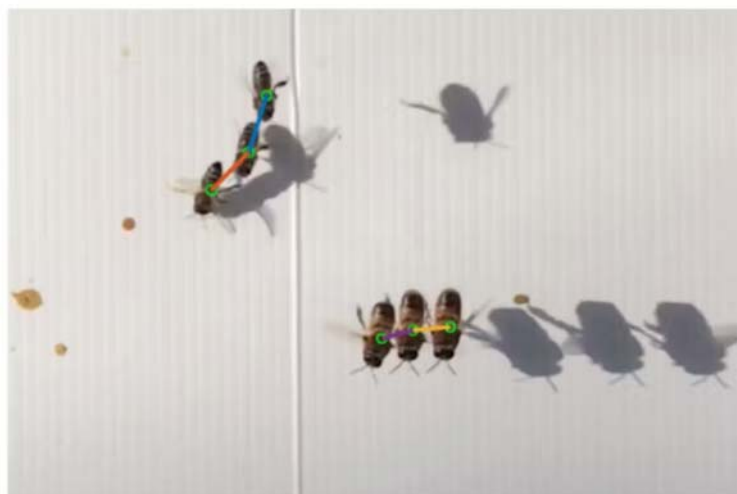


Figure 1 : Centre du corps (point vert) et déplacements (trait rouges, bleu, violet et jaune) de deux abeilles, calculés à partir de plusieurs images. Baptiste Magnier, Gregory Zacharewicz, Fourni par l'auteur

Ensuite, les compteurs d'abeilles sont extraits de chaque image de la vidéo, permettant de détecter le centre de chaque abeille (les points verts sur les abeilles de la figure 1). Puis, l'orientation de chaque abeille est représentée par une ellipse (liées à la forme d'une abeille). L'orientation et la taille des ellipses dans l'image permettent de calculer les déplacements des abeilles entre les différentes images d'une vidéo (traits bleu et rouge pour l'abeille 1 et traits jaune et violet pour l'abeille 2).

Courbe de trajectoires de deux abeilles qui se croisent. Dans l'image de gauche, le croisement est cohérent. Dans l'image de droite, l'une des trajectoires s'arrête pendant que l'autre revient en arrière pour faire une fourche

Figure 2 : Tracé de trajectoires incohérentes (à gauche) et cohérentes (à droite). Baptiste Magnier, Gregory Zacharewicz, Fourni par l'auteur

En effet, il est plus aisé de suivre dans les vidéos ces objets de tailles constantes et mêmes orientations plutôt que des objets déformables. Cette technique évite également de confondre des abeilles et de calculer des trajectoires aberrantes, comme illustrées dans la figure 2.

Différents tracés sont ainsi enregistrés. La figure 3 est un résultat sur une vidéo contenant 1755 images. Elle montre des trajectoires d'abeilles rentrant dans la ruche (traits verts), en sortant (rouge), ou passant simplement devant (bleu). Les trajectoires mal identifiées sont également indiquées en bleu. À partir de ces données, il sera ensuite possible d'étudier et classer le comportement des abeilles.

Dizaines de traits colorés qui se croisent, sans pattern évident

Figure 3 : Suivi des trajectoires d'abeilles devant la ruche, établie à partir de 1 755 images. Traits verts : abeilles rentrant dans la ruche ; traits rouges : abeilles sortant de la ruche ; traits bleus : abeilles passant devant la ruche et trajectoires mal identifiées. Baptiste Magnier, Gregory Zacharewicz, Fourni par l'auteur

À l'avenir, le comportement des abeilles pourra être interprété de manière plus approfondie en complétant l'étude par un apprentissage automatique des données et une méthode semi-supervisée de l'IA.

Caractéristiques physiques de la ruche

La deuxième clé d'aide à la décision pour l'apiculteur est l'analyse de la santé interne de la ruche. Ici les travaux de notre équipe utilisent des balances connectées combinées avec les données issues de plusieurs capteurs (comme l'humidité relative et la température interne) pour analyser l'évolution du poids de chaque ruche, ainsi que des vidéos de l'activité sur la planche d'envol (telles que présentées ci-dessus).

Le projet BeePMN – mené par notre équipe en partenariat avec l'USEK au Liban, ConnectHive en France et l'Atelier du miel au Liban – contribue à la caractérisation physique de l'état de la ruche à partir des données de ruchers provenant de bases de données partagées. Nous avons proposé une méthodologie basée sur la reconnaissance de motifs caractéristiques dans les données de poids enregistrées par un pèse-ruche. Un motif peut être une augmentation du poids, puis un plateau suivi d'une chute de poids qui correspondrait à un départ d'abeilles (par essaimage par exemple).

Par la suite, les données collectées ont été évaluées et traitées grâce à des algorithmes, ce qui a permis de découvrir des motifs récurrents associés aux événements survenant dans la ruche.

L'apiculture connectée

Couplés à d'autres données, ces deux exemples pourront à terme être intégrés à un système de suivi généralisé d'une ruche. Des modèles informatiques (présentés en figure 4) sont déclenchés automatiquement par une série d'alertes prédéfinies, qui invitent l'apiculteur à passer à l'action. Par exemple, l'information pour l'apiculteur du besoin de nourrir les abeilles peut être déclenchée par le passage du poids en dessous d'une valeur de référence lors d'une période particulière en automne ou en hiver.

Concrètement, comme les tâches apicoles ne peuvent pas être automatisées et que l'intervention humaine est obligatoire, le système proposé se contentera d'aider et guider l'apiculteur à planifier et exécuter plus précisément plusieurs tâches pertinentes : l'élevage et la reproduction de nouvelles colonies, l'alimentation des colonies, l'ajout de hausses (partie supérieure de la ruche pour récolter du miel), la planification des opérations sanitaires, le contrôle des parasites (comme le varroa), la planification d'opérations telles que l'hibernation, etc. L'apiculteur pourra ainsi facilement surveiller sa colonie, effectuer ses tâches routinières, répondre aux alertes en cas de dysfonctionnements éventuels et prévoir ses besoins futurs en fournitures.

Diagramme de décision pour estimer s'il faut nourrir la ruche ou non en fonction de son poids et de l'environnement, et envoyant une alerte à l'apiculteur via son smartphone si la réponse est positive

Figure 4 : Ruches, capteurs, IA et smartphones/tablettes forment un système de suivi généralisé. Gregory Zacharewicz, Baptiste Magnier, Fourni par l'auteur

Ces modèles sont basés sur des règles métier construites avec l'aide d'experts du domaine. Il est également envisagé que ces règles métiers puissent ultérieurement évoluer grâce aux apports de la communauté d'apiculteurs utilisant le système.

Enfin, tout ce qui précède sera orchestré et présenté au sein d'une interface conviviale sur smartphone ou tablette, basée sur les principes de la gamification.

Cette contribution améliorera l'expérience des apiculteurs amateurs et professionnels, en réduisant les risques d'exploitation d'un rucher et ouvrira la porte à d'autres entrées disponibles (phénomènes météo détaillée, cartes de floraison, humidité, comportement des colonies d'abeilles, etc.) pour étendre les capacités des simulations. Enfin, l'apport des dernières générations des techniques numériques, et en particulier la simulation, devrait ouvrir la voie à une apiculture de plus grande précision, afin de minimiser les traitements invasifs et de synthèse.