

LES OUTILS CONNECTES EN APICULTURE : EVALUATION DE LEURS APPLICATIONS AUPRES DES APICULTEURS FRANÇAIS

Mélodie Lettmann ¹, Marie-Pierre Chauzat ^{1,2}

Auteur correspondant : marie-pierre.chauzat@anses.fr

1. Anses, Direction de la Stratégie et de la Programmation, Maisons-Alfort, France.
2. Anses, Unité de Pathologie de l'Abeille, Sophia-Antipolis, France.

Résumé

L'effondrement des colonies d'abeilles et plus généralement des populations de pollinisateurs dans le monde, est un phénomène observé depuis de nombreuses années. De nos jours les causes de ce déclin sont connues, mais il est difficile de comprendre leurs dynamiques et par conséquent de prédire leurs impacts. Les apiculteurs et les chercheurs peinent à mettre en place des techniques préventives efficaces pour protéger les colonies et limiter les pertes hivernales. Les nouveaux outils technologiques apicoles pourraient être une aide précieuse pour permettre une surveillance continue et précise des colonies, et ainsi appréhender au mieux leurs besoins. Une meilleure gestion des ruchers grâce à ces nouvelles technologies serait une solution pertinente pour prévenir les mortalités et améliorer le rendement des ruchers. Ces outils semblent également faciliter la détection et prévenir l'apparition des parasites et maladies. Afin de démontrer leur intérêt sur le terrain nous avons interrogé les apiculteurs français qui nous ont transmis leurs expériences et avis sur les balances connectées, les capteurs de température et d'hygrométrie et les systèmes antivol, entre autre.

Mots clés : Apiculture, nouvelles technologies, abeille, questionnaire, ruche connectée

Abstract

Connected tools in precision beekeeping: a survey to preliminary assess the usage by French beekeepers

Since the end of the XXth century, bee colonies and wild pollinator populations are collapsing. The reasons for this are many and the understanding behind factors' decline is complex and hardly predictable. Researchers and beekeepers are facing a major challenge to reduce colonies losses. In this situation it seems to be crucial to monitor accurately bee colonies as far as possible in order to prevent diseases and to limit the consequences of other risks. In this regard, new technological tools for beekeeping could enhance the monitoring of colonies and be an effective solution for estimating colony requirements, avoiding mortality and improving apiary yields. They might also prevent the occurrence of disease and parasites. To demonstrate the relevance of these tools we sent to French beekeepers a questionnaire. By answering this survey, they shared with us their experiences and their feelings on this issue.

Keywords : Beekeeping, new technologies, bee, survey, smart hive

INTRODUCTION

En 2012, Zacepins *et al.*, décrivent pour la première fois le terme d'apiculture de précision (Zacepins, Stalidzans, and Meitalovs 2012). C'est une stratégie de management des ruchers basée sur la surveillance individuelle et continue des colonies grâce aux outils technologiques. Son but premier est de minimiser la consommation des ressources afin de maximiser la productivité des abeilles, cela passe donc par une meilleure appréhension au quotidien des besoins des colonies. De la même façon que l'agriculture de précision, l'apiculture de précision repose sur un schéma décisionnel simple en trois phases: collecte des données, interprétation des données et intervention sur le rucher au besoin. Les nouveaux outils connectés apicoles sont des outils d'aide à la décision pour les apiculteurs. Ils se présentent sous la forme de capteurs thermiques, d'humidité, de poids, d'enregistreurs sonores ou de vibrations, mais aussi de compteurs d'abeilles, de systèmes de vidéo-surveillance (Decourtye *et al.* 2018). Leurs applications sont donc variées, et la transmission des informations peut maintenant se faire sans fil, permettant ainsi d'informer l'apiculteur en temps réel. Ces données serviront de support à l'apiculteur pour déterminer la force de ses colonies et les faiblesses à combler. Les différents capteurs à distance permettent par conséquent une surveillance active et non intrusive des colonies (Marković *et al.* 2016). Le traitement et l'interprétation des données représentent un enjeu majeur qui permettra à l'apiculteur de réagir de façon adéquate et rapide aux différentes situations. La pertinence de cette surveillance est fortement accrue en hiver où l'ouverture des ruches, représente un stress pour la colonie (Edwards-Murphy *et al.* 2016). Il est également important de remarquer que l'utilisation de ces outils est aussi prisée par la communauté scientifique. L'avancée des réseaux sans fil et la miniaturisation des capteurs sont les clés des nouvelles avancées scientifiques en matière de santé et de surveillance des abeilles (Fitzgerald, Murphy, *et al.* 2015). Ces nouveaux capteurs semblent être prometteurs pour la détection des parasites ou maladies, mais aussi pour leur prévention. Certains auteurs supposent que l'étude des variations des patterns thermiques au moyen de capteurs permettrait de détecter la présence de *Varroa destructor* et le niveau d'infestation de la

colonie. De même, les colonies avec un taux d'infestation élevé par *V. destructor* régulent moins bien l'hygrométrie, celle-ci est souvent plus faible de quelques pourcents par rapport à une colonie saine (Hou *et al.* 2016). Les capteurs d'humidité rendent également possible la prévention des maladies puisqu'une humidité anormalement élevée est propice au développement des champignons et acariens (Altun 2012). Les balances de ruches quant à elles, sont souvent appelées balances de miellées car elles offrent la possibilité de suivre en temps réel la productivité d'une colonie (Fitzgerald, Edwards-Murphy, *et al.* 2015), les variations pondérales anormales sont par conséquent synonyme de modification dans le comportement des abeilles (Fitzgerald, Edwards-Murphy, *et al.* 2015, Zacepins *et al.* 2015). Une chute soudaine de plusieurs kilogramme indiquera le départ de nombreuses abeilles, suivant la saison, cela peut être interprété comme un essaimage (Evans 2015). Les balances permettent également de quantifier les réserves et donc d'estimer les besoins en nourrissage au cours de l'hiver (Evans 2015, Human *et al.* 2012, McLellan 1977, Lecocq *et al.* 2015)

Nous nous sommes posés la question de l'intérêt de ces outils pour les apiculteurs français, de leur ressenti, mais aussi de la démocratisation de leur utilisation. Afin d'évaluer la situation en France, nous avons lancé une enquête en ligne pendant deux mois. Grâce à notre enquête nous avons obtenu des données préliminaires sur le nombre d'apiculteurs en France utilisant ce type d'outils et évaluer l'efficacité des outils sur le terrain au travers du ressenti des apiculteurs utilisateurs.

MATERIEL ET METHODE

Rédaction de l'enquête et diffusion

Les questions de l'enquête ont été rédigées suite à la lecture de 56 publications scientifiques. Ces publications avaient toutes pour sujet l'apiculture de précision ou les nouveaux outils technologiques en apiculture. Par ailleurs, deux entretiens téléphoniques ont été réalisés également, l'un avec un fabricant, le second avec un apiculteur utilisateur de ce type d'outils. Cela a permis de cibler les questions pertinentes à développer auprès des apiculteurs. Les questions ont été rédigées sous le logiciel Sphinx et publiées en ligne sur le serveur de l'ANSES du 6 mars 2018 au 17 mai 2018. Le questionnaire comportait 53 questions dont la plupart étaient déroulantes et s'affichaient conditionnellement en fonction des réponses données.

Pour permettre une diffusion large de l'enquête et toucher le plus d'apiculteurs possibles, le lien du questionnaire a été transmis à différents acteurs du monde apicole tels que la fédération française d'apiculture (ADA France), les syndicats apicoles (SNA et SPMF), des vétérinaires spécialisés (Dr Samuel Boucher, ONIRIS et la SNGTV), la revue La santé de l'abeille, la société Hostabee©, mais aussi d'autres groupements sanitaires en lien avec la santé des abeilles (OVS via Laurent Cloastre du GDS France). Tous ces acteurs pouvaient transmettre à leur réseau le questionnaire via différents supports (Site internet, réseaux sociaux, journaux apicoles, mailing liste, newsletter).

Analyse du questionnaire

La représentativité de l'enquête est déterminée par la taille de l'échantillon, c'est-à-dire le nombre de personne à interroger en fonction de la marge d'erreur tolérée. La formule pour estimer la taille minimum pour que l'échantillon illustre la population est la suivante :

$$n = \frac{t^2 \times P(1 - P) \times N}{t^2 \times P(1 - P) + (N - 1) \times y^2}$$
$$n = \frac{1,96^2 \times 0,5(1 - 0,5) \times 53953}{1,96^2 \times 0,5(1 - 0,5) + (53953 - 1) \times 0,05^2} = 381,45$$

n = taille de l'échantillon ; N = taille de la population cible = nombre d'apiculteurs en France = 53953¹ ; P = proportion attendue d'une réponse, si inconnue = 0,5 ; t = intervalle de confiance selon la loi normale centrée réduite pour 95%=1,96 ; y = marge d'erreur d'échantillonnage = 5%. Ce calcul nous permet donc d'affirmer qu'avec un minimum de 381 réponses, notre enquête sera représentative de la population apicole française.

L'analyse descriptive des réponses a été réalisée en s'intéressant à l'équipement des apiculteurs en outils connectés. Certaines caractéristiques des apiculteurs ont été recueillies, telles que le statut professionnel des apiculteurs connectés², ou le milieu d'installation des ruches (rural ou urbain).

L'ensemble des répondants étaient également invités à donner un avis sur ces nouvelles technologies sous la forme de commentaires libres. Les commentaires libres ne peuvent être traités en termes de pourcentage ou de statistiques mais ils apportent des informations et idées pertinentes sur le sujet.

RESULTATS ET DISCUSSION

Fréquentation et réponses

Durant la période de mise en ligne du questionnaire, le serveur a reçu 2057 visites. Beaucoup d'abandons ont été enregistrés (n=1672), la plupart de ces abandons ont eu lieu sur la première ou la deuxième page du questionnaire, cela correspondait à la présentation de l'enquête et aux questions généralistes. On peut donc considérer que ces abandons sont dus à des visites de curiosité et non le résultat de difficultés rencontrées pour remplir le questionnaire. En étudiant la fréquentation journalière du serveur (Figure 1), il est possible de constater l'efficacité des différents relais de transmission de l'enquête.

¹ D'après les chiffres 2017 de FranceAgriMer

² Apiculteurs utilisant des outils connectés apicoles sur leur rucher

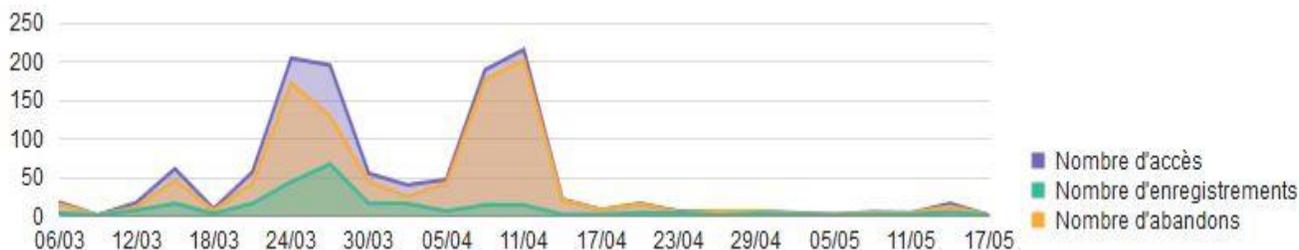


Figure 1 : Analyse de la fréquentation totale du serveur de l'enquête (en violet), du nombre d'abandons (en jaune) et du nombre d'enregistrements de réponse au questionnaire (en vert) en fonction de la date

Trois-cent-quatre-vingt-six réponses complètes au questionnaire ont été enregistrées. Le temps de réponse moyen au questionnaire était de 6 minutes et 26 secondes, avec un minimum de 52 secondes et un maximum 56 minutes et 6 secondes. Avec 386 réponses au questionnaire, nous pouvons affirmer que notre échantillon est représentatif de la population apicole française avec une marge d'erreur de 5% et un niveau de confiance de 95%. Parmi les répondants, 73% se sont déclarés être apiculteurs amateurs (leur production apicole est destinée au cadre familial), 14% être apiculteurs semi-professionnels (l'apiculture n'est pas leur activité principale mais leur production est destinée en partie à la vente) et 13% être apiculteurs professionnels. La répartition socio-professionnelle des apiculteurs ayant répondu au questionnaire est semblable aux proportions annoncées par FranceAgriMer. Les apiculteurs de loisir ou les apiculteurs pour lesquels l'apiculture représente une activité secondaire représente 93% de la population apicole, dans notre étude cette proportion est de 87%. Cette observation confirme la représentativité de notre échantillon. Le biais envisageable de l'étude aurait pu être un nombre d'enregistrement plus élevé de la part des apiculteurs connectés, ce qui aurait pu fausser l'estimation de recensement. Il semblerait que cela ne soit pas le cas, seuls 13% des apiculteurs répondants sont utilisateurs d'outils connectés.

Réponses de l'ensemble des apiculteurs

Au sein de tous les répondants, 27% utilisent des cahiers de miellerie informatisés du type tableur Excel, logiciels spécialisés de gestion apicole, formulaires en ligne GoogleSheet®, ou encore applications pour Smartphone (Hive Tracks®, Hivekeepers®, Hive Tool Mobile®, Apiary book®, Beekeeper®, etc.). Parmi les réfractaires à l'utilisation de cahier de miellerie informatisé, 69,2% considèrent que ces outils ne correspondent pas à leurs besoins, 8,6% qu'ils ne sont pas efficaces et 11,1% qu'ils sont trop compliqués à utiliser. En ce qui concerne les agendas numériques, 11,1% déclarent s'en servir pour tenir un registre des visites au rucher et 13,7% pour se rappeler d'effectuer des tâches précises sur les colonies.

Sur 386 réponses, 206 personnes ont souhaité laisser un commentaire à la fin de l'enquête. Parmi ceux-là, 45 personnes indiquent être défavorables à l'utilisation d'outils connectés en apiculture, contre 59 qui témoignent d'un ressenti favorable envers ces technologies, la différence entre les deux groupes n'est pas significative (Chi2, p = 0.17). Les personnes défavorables évoquent

souvent avoir des inquiétudes quant à l'exposition des abeilles aux ondes, ou sont réfractaires à l'utilisation d'outils numériques. A l'heure actuelle les publications scientifiques sur le sujet ne sont pas assez nombreuses pour pouvoir affirmer avec certitude d'un effet néfaste ou non, et c'est un sujet controversé dans la communauté scientifique. Cependant certains auteurs démontrent que l'exposition des abeilles à des téléphones portables ou à des tours de relai mobile n'affectent pas la productivité des abeilles (Patel, Nordin, and Al-Haiqi 2014, Mall, Pramod, and Yogesh Kumar 2014). Il est cependant utile de notifier que les outils connectés apicoles existent plusieurs années et qu'à travers ce questionnaire, aucun des utilisateurs n'a fait état de comportement anormaux de leur colonies suite à leur installation.

En ce qui concerne le coût de ces outils, 17 personnes les considèrent comme trop chers par rapport à la valeur de leur production. De plus 34 personnes estiment que ces outils ne sont pas utiles pour un petit rucher et qu'ils sont probablement réservés aux professionnels. D'après les répondants, l'âge est également un frein à l'utilisation de ces technologies, 7 apiculteurs déclarent être trop âgés pour travailler avec des outils numériques. En revanche, 26 interrogés aimeraient en savoir plus sur les outils connectés, certains indiquent également leur désir d'être formés par les rucher-écoles à leur utilisation. Les nouveaux outils apicoles sont en effet utilisés à des fins d'enseignement pour quatre répondants, trois dans des ruchers-écoles et un dans un lycée agricole, leur intérêt pédagogique semblant convaincre les utilisateurs.

Parmi les suggestions communiquées, on note que certains répondants (n=3) estiment que ces outils pourraient être utiles pour évaluer le rendement des ruches transhumantes et surveiller les ruches éloignées. Un apiculteur aimerait utiliser une application smartphone, libre de droits, pour géolocaliser les débuts et fins de floraisons en France afin d'améliorer la productivité des abeilles. Sur les champs cultivés, c'est un service qui peut être monnayé entre l'agriculteur et l'apiculteur et qui est organisé en fonction des besoins de l'agriculteur. La plateforme Beewapi (ANAMSO) par exemple, met en relation les apiculteurs avec les agriculteurs pour contractualiser une pollinisation. Les floraisons sauvages sont recensées sur certains sites internet avec des dates approximatives, mais aucune application ou site internet ne donnent en temps réel l'information des floraisons, alors que ces informations pourraient être mises à disposition des apiculteurs grâce aux images satellites ou par des actions de sciences participatives. Actuellement il existe des applications pour smartphone (Blooms for bees®, Bee smart®) permettant aux particuliers de prendre part à des projets de sciences participatives en recensant les pollinisateurs dans leur jardin. Ces informations sont utiles aux chercheurs, mais il pourrait être intéressant d'étendre cela aux floraisons en général en invitant les participants à signaler les arbres ou plantes en fleurs, dans le but d'aider les apiculteurs.

Un apiculteur souhaiterait également une application qui aurait pour but d'augmenter la communication entre les particuliers et les apiculteurs, afin de leur permettre le signalement d'un essaim ou encore pour favoriser les circuits de vente directe. Une autre proposition est d'avoir à disposition une application smartphone avec géolocalisation, pour déclarer aux services vétérinaires les maladies à déclaration obligatoire et les mortalités anormales de façon simplifiée. Cette idée pourrait être un point intéressant à développer dans le cas des suivis épidémiologiques de colonies, cela pourrait éventuellement permettre l'amélioration de la communication entre les services vétérinaires et les apiculteurs. Un apiculteur déclare également utiliser l'application pour

smartphone Beescanning© qui permet à partir de photo smartphone des cadres de déterminer le niveau d'infection par *V. destructor*. D'autres répondants (n=2) aimeraient utiliser une application smartphone liée à des QR codes individualisés par ruche. Les QR codes sont des codes-barres matriciel de forme carrée, ils peuvent être scannés par un smartphone et permettent d'accéder à des informations propres à un seul QR code. Ces QR codes peuvent être installés individuellement sur des ruches pour faciliter l'enregistrement des tâches effectuées ou à effectuer par ruche et ainsi améliorer la gestion du rucher. Un apiculteur déclare utiliser cette technologie et en être satisfait. Ces trois suggestions de la part des apiculteurs sont déjà en cours de développement par le consortium BPRACTICES, lancé par l'Istituto Zooprofilattico Sperimentale del Lazio et della Toscana (IZSLT - Italie). Ce projet permettra l'installation de QR code sur les ruches, l'enregistrement facilité de la présence des parasites et maladies, l'analyse qualitative du miel. Les apiculteurs auront également à disposition un guide des bonnes pratiques apicoles et recevront des conseils relatifs à l'état de santé de leur colonie et aux soins qu'ils doivent effectuer pour traiter leurs colonies. Le projet a aussi pour but de placer des QR codes sur les pots de miel afin que le consommateur puisse obtenir directement les informations relatives à la qualité du miel, sa provenance mais aussi donner un retour à l'apiculteur et noter le miel. Ce retour permettra de créer un lien entre l'apiculteur et le consommateur.

Utilisateurs des outils connectés en France

Parmi les apiculteurs connectés, nous avons estimé leur expérience apicole par leur catégorie socio-professionnelle (apiculteur professionnel ou non), 44% sont apiculteurs professionnels contre 42% pour les apiculteurs amateurs et 14% pour les semi-professionnels (Figure 2). Le nombre d'années d'expérience en apiculture a également été rapporté : 52% déclarent être apiculteurs depuis plus de 10 ans, 40% depuis trois à 10 ans et 8% ont moins de trois ans d'expérience. Ce haut niveau d'expérience apicole se confirme car près de la moitié des apiculteurs connectés possèdent plus de 100 colonies, le reste en possède moins de 50 (Figure 3). Sur ces colonies en moyenne 4,8 sont équipées d'outils connectés, l'intervalle allant d'une à 21 ruches connectées pour un apiculteur. Les apiculteurs connectés travaillent principalement en milieu rural (62%), 18% ont installé leurs ruches en milieu urbain ou semi-urbain, 20% installent leurs ruches indifféremment dans l'un des deux milieux. Les apiculteurs connectés sont par conséquent, des apiculteurs expérimentés et principalement installés en milieu rural, loin de l'image du « geek urbain » néophyte en apiculture, que l'on aurait pu imaginer pour l'utilisation de ce genre d'outils. Cette information est pertinente dans le sens où elle permet d'attester que ces outils représentent un intérêt réel pour améliorer la gestion du rucher, faciliter le suivi de la production, mieux préparer ses visites au rucher et limiter les déplacements, tout cela dans le but d'augmenter le rendement de l'exploitation.

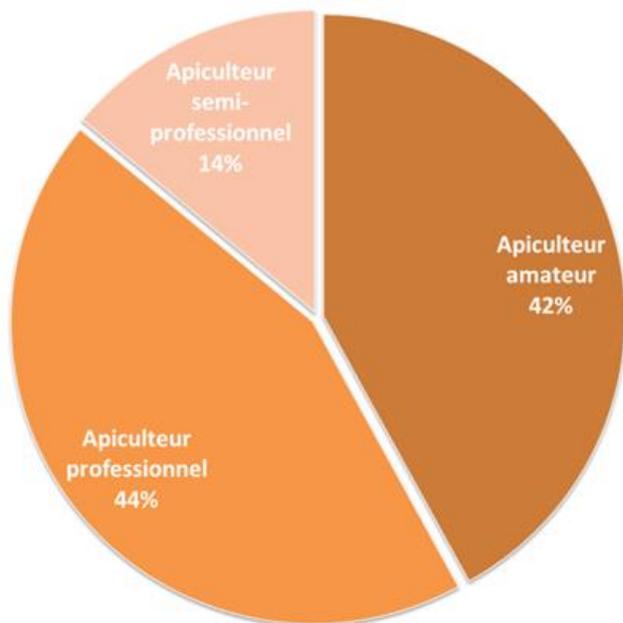


Figure 2. Répartition des apiculteurs connectés en fonction de leur catégorie socioprofessionnelle

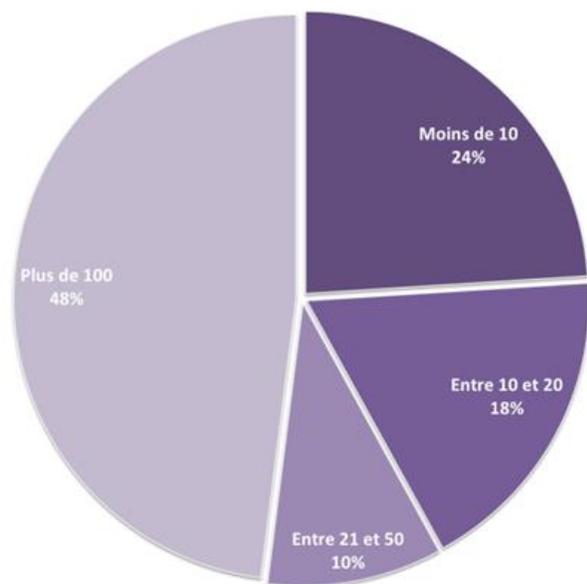


Figure 3. Répartition en pourcentage du nombre de colonies possédées par les apiculteurs connectés

Les apiculteurs se sont équipés de ces outils majoritairement au cours des trois dernières années, seuls 20% ont déclaré être équipés depuis plus de trois ans (Figure 4). L'utilisation de ces outils auprès des apiculteurs semble donc se démocratiser. De nombreuses start-ups ont été créées autour des outils connectés apicoles, l'offre du marché est actuellement florissante et les prix d'entrée de gamme sont de plus en plus attractifs.

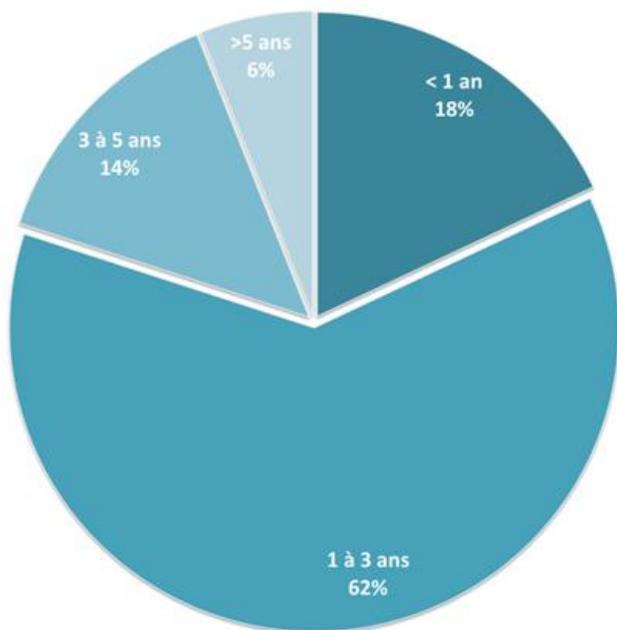


Figure 4. Répartition en pourcentage du nombre d'années d'utilisation d'outils connectés apicoles

Certains répondants (n=2) aimeraient toutefois que leurs outils comprennent une station météo ou un pluviomètre connecté. Pour 52%, les outils connectés sont fortement utiles aux pratiques apicoles, 40% considèrent qu'elles le sont un peu, et 8% les considèrent comme totalement inutiles. Deux personnes signalent être déçus de leur investissement. Toutefois, la plupart des utilisateurs indiquent dans la partie commentaire libre être satisfaits de leur investissement. La majorité des apiculteurs reconnaissent donc l'intérêt des outils connectés.

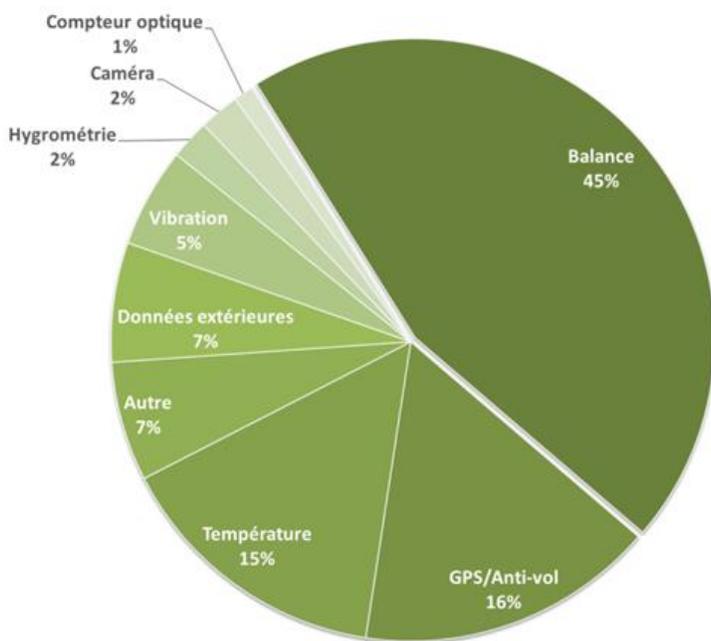


Figure 5. Répartition en pourcentage des outils utilisés par les apiculteurs connectés

Les outils les plus utilisés sont la balance de miellée (45%), suivi des systèmes GPS-Antivol (16%), puis des capteurs de températures (15%) (Figure 5). Les apiculteurs déclarent avoir fait le choix d'investir dans ce type d'outil principalement pour améliorer la gestion du rucher (n=23), mais aussi pour limiter les déplacements (n=14), pour lutter activement contre le vol (n=5), pour des raisons pédagogiques (n=5) ou par simple curiosité (n=4). Les balances de miellées sont utiles pour quantifier les miellées et évaluer les capacités de rendement des colonies dans leur environnement, mais aussi pour suivre la quantité de réserve disponible en période hivernale (Zacepins, Stalidzans, and Meitalovs 2012). Parmi les apiculteurs connectés les professionnels sont majoritaires, le suivi des miellées représente donc un enjeu économique fort mais les amateurs sont aussi curieux de cette information. Couplée à un monitoring des floraisons, des activités agricoles et autres données environnementales, la mesure du poids permet une gestion optimale des ruchers et des périodes de floraisons (Gil-Lebrero *et al.* 2016). On comprend alors que les outils de suivi des données extérieures telles que les conditions météo représentent 7% des investissements des apiculteurs (Figure 5). Déterminer la qualité de la miellée et le potentiel mellifère d'un site est d'autant plus important dans le cas des transhumances. Un apiculteur nous a également indiqué avoir fait le choix d'investir dans un drone pour pouvoir surveiller ses ruches sans avoir à s'équiper de protection. Les seconds outils auxquels les apiculteurs portent un intérêt non négligeable (Figure 5) sont les systèmes GPS et anti-vol. Ceci est un reflet direct de leurs craintes et de leur désarroi face aux vols dont ils sont parfois victimes (31 plaintes pour vol de ruche recensés en 2017 en France, source BFMTV, citant le ministère de l'intérieur). Le suivi des températures permet principalement de monitorer à distance la santé générale de la colonie (Figure 8). Les températures à proximité du couvain varient indépendamment des températures extérieures (Chen *et al.* 2015, Harun *et al.* 2015, Kim 2015). Elles sont cependant très légèrement variables au cours de la journée (Dunham 1931), cela en fonction de l'activité des butineuses et du rythme des miellées (Bayir and Albayrak 2016). Couplé à d'autres types de mesures (poids, humidité, son), les capteurs thermiques sont également prisés des apiculteurs et des chercheurs car ils donnent une estimation fiable de la santé d'une colonie (Zacepins *et al.* 2016). En cas de variations thermiques anormales et non corrélées à la saison, ils permettent d'alerter l'apiculteur qui pourra agir en conséquence. Les capteurs thermiques sont peu coûteux et leur installation est aisée. De plus, dans le contexte actuel de changement climatique, comprendre les patterns thermiques et hydriques internes à la ruche permet une gestion adaptée du rucher et optimisera la production apicole (Dogan *et al.* 2017, Kress 2017, Dogan *et al.*). D'autres outils plus marginaux tels que les accéléromètres ou capteur de vibration sont également installés par les apiculteurs semi-professionnels (n=5). Ces apiculteurs indiquent utiliser cet outil par curiosité et par passion pour l'ingénierie informatique. Les vibrations sont représentatives de l'activité journalière des abeilles (Bencsik *et al.* 2011). Par conséquent certains auteurs estiment que les patterns de vibration sont représentatifs de l'état de santé de la colonie et son développement : plus le couvain est fort, plus les vibrations sont importantes (Bencsik *et al.* 2015). Des caméras de surveillance ont été installées par un apiculteur à l'intérieur de ses ruches. Les systèmes vidéos permettent d'estimer le nombre d'abeilles au sein de la colonie ainsi que sa force (Campbell, Mummert, and Sukthankar 2008) ou une mortalité (Poirot *et al.* 2012). Un apiculteur a indiqué avoir installé un compteur optique. Les compteurs d'entrée-sortie enregistrent l'activité des butineuses (Burrill

and A. 1981, Pešović, Ranđić, and Zoran 2017). Ils ont permis de démontrer la corrélation entre l'activité des butineuses et la productivité d'une colonie (Marceau, Boily, and Perron 1990).

Les systèmes de fabrication personnelle occupent la part importante de 29%, tandis que 71% des répondants ont fait le choix d'investir auprès d'une marque. Deux apiculteurs indiquent avoir fabriqué leur propre système, par passion pour l'informatique et les outils connectés. Cette particularité met en avant la capacité des apiculteurs à redoubler d'ingéniosité pour développer leur propre système de surveillance, à moindre coût, ce qui confirme les constatations des scientifiques (Bromenshenk *et al.* 2015).

Parmi les données reçues, 94% des apiculteurs considèrent que celles-ci sont fiables, toutefois 16% déclarent avoir observé une dérive dans des outils tels que les balances et les capteurs de température. Cette dérive se caractérise par une variation anormale des données et non corrélée à des changements biologiques. Toutefois elle ne semble pas poser de problème particulier car négligeable ou corrigeable principalement grâce à l'expérience de l'apiculteur.

Les outils connectés ont permis de sauver une colonie pour 32% des répondants, principalement grâce aux balances qui informent l'apiculteur qu'une colonie a besoin d'être nourrie pendant l'hiver ou plus simplement si les variations pondérales, thermiques ou hydriques ne sont pas en adéquation avec la saison, une action est alors requise de la part de l'apiculteur. Pour 40% des répondants, le système permet de détecter un essaimage en cours, la courbe de poids variant brutalement de plusieurs kilogrammes en quelques minutes. Cela peut alors être confirmé par vidéosurveillance pour les ruches équipées. En revanche seulement 12% des apiculteurs estiment pouvoir détecter la présence de parasites. Les apiculteurs considèrent majoritairement qu'une ruche dont les données témoignent d'un mauvais développement est signe d'une infection potentielle, le diagnostic sera confirmé par un examen visuel réalisé par l'apiculteur.

CONCLUSION DE L'ENQUETE

Les outils connectés utilisés en apiculture, bien que récents sur le marché, ne semblent pas pouvoir être considérés comme des gadgets ou phénomènes de mode, car leurs applications et l'intérêt qu'ils suscitent auprès des apiculteurs ont été démontrés tout au long de cette étude. Leur utilisation semble se développer au cours des années : de plus en plus d'apiculteurs font le choix d'investir ou du moins se sont intéressés au sujet. Les nombreuses demandes de renseignement qui nous ont été adressées devraient inciter les ruchers-écoles à proposer des formations autour de l'utilisation de ces nouvelles technologies. Ces outils autrefois réservés aux chercheurs ont su trouver leur place dans le quotidien des apiculteurs. L'importance de la recherche sur le sujet représente un enjeu majeur pour les équipes. L'augmentation des publications sur le sujet au cours des dernières années atteste d'un potentiel encore à démontrer. A une époque où les pressions parasitaires et environnementales sont de plus en plus fortes sur les abeilles, les nouveaux outils technologiques apicoles semblent en premier lieu permettre aux chercheurs qu'explorer de nouvelles méthodologies prometteuses pour comprendre les mécanismes du déclin des colonies. Notre étude nous a permis d'attester de leur utilité quotidienne auprès des apiculteurs, leur permettant ainsi d'aborder la question des pratiques apicoles sous un nouveau jour.

Toutes les applications smartphones citées dans le texte sont pour la plupart disponible sur Android et iOS et disponible au téléchargement sur les plateformes habituelles.

REMERCIEMENTS

Les auteurs souhaitent remercier Véronique Da-Riz pour son aide dans l'utilisation du logiciel Sphinx.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Altun, A. A. 2012. "Remote control of the temperature-humidity and climate in the beehives with solar-powered thermoelectric system." *Control Engineering and Applied Informatics* 14 (1):93-99.
- Bayir, R., and A. Albayrak. 2016. "The monitoring of nectar flow period of honey bees using wireless sensor networks." *International Journal of Distributed Sensor Networks* 12 (11). doi: 10.1177/1550147716678003.
- Bencsik, Martin, Joseph Bencsik, Michael Baxter, Andrei Lucian, Julien Romieu, and Mathias Millet. 2011. "Identification of the honey bee swarming process by analysing the time course of hive vibrations." *Computers and Electronics in Agriculture* 76 (1):44-50. doi: 10.1016/j.compag.2011.01.004.
- Bencsik, Martin, Yves Le Conte, Maritza Reyes, Maryline Pioz, David Whittaker, Didier Crauser, Noa Simon Delso, and Michael I Newton. 2015. "Honeybee colony vibrational measurements to highlight the brood cycle." *PloS one* 10 (11):e0141926.
- Bromenshenk, Jerry J, Colin B Henderson, Robert A Seccomb, Phillip M Welch, Scott E Debnam, and David R Firth. 2015. "Bees as biosensors: chemosensory ability, honey bee monitoring systems, and emergent sensor technologies derived from the pollinator syndrome." *Biosensors* 5 (4):678-711.
- Burrill, R.M., and Dietz. A. 1981. "The response of honey bees to variations in solar radiation and temperature." *Apidologie* 12 (4):319-328.
- Campbell, J., L. Mummert, and R. Sukthankar. 2008. "Video Monitoring of Honey Bee Colonies at the Hive Entrance." *Visual observation & analysis of animal & insect behavior* 8 (14).
- Chen, H., J. Zhao, T. Hu, X. Zhao, and D. Liu. 2015. "A comparison of several organosolv pretreatments for improving the enzymatic hydrolysis of wheat straw: Substrate digestibility, fermentability and structural features." *Applied Energy* 150:224-232. doi: 10.1016/j.apenergy.2015.04.030.
- Decourtye, A., A. Dangleant, F. Allier, and C. Alaux. 2018. "La ruche connectée : objet de surveillance environnementale, de zootechnie ou de découverte récréative." *Innovations Agronomiques* 67:77-87.
- Dogan, S, E Akbal, G Ozmen Koca, and A Balta. "Design of a Remote Controlled Beehive for Improving Efficiency of Beekeeping Activities."

- Dogan, S, E Akbal, G Ozmen Koca, and A Balta. 2017. "Design of a Remote Controlled Beehive for Improving Efficiency of Beekeeping Activities." 8th International advanced technologies symposium
- Dunham, W. E. 1931. "Hive Temperatures for Each Hour of a Day." *Ohio Journal of Science* 31 (3).
- Edwards-Murphy, F., M. Magno, P. M. Whelan, J. O'Halloran, and E. M. Popovici. 2016. "B+WSN: Smart beehive with preliminary decision tree analysis for agriculture and honey bee health monitoring." *Computers and Electronics in Agriculture* 124:211-219. doi: 10.1016/j.compag.2016.04.008.
- Evans, S. K. 2015. "Electronic beehive monitoring - applications to research." Quedlinburg.
- Fitzgerald, D. W., F. Edwards-Murphy, W. M. D. Wright, P. M. Whelan, and E. M. Popovici. 2015. "Design and development of a smart weighing scale for beehive monitoring."
- Fitzgerald, D. W., F. E. Murphy, W. M. Wright, P. M. Whelan, and E. M. Popovici. 2015. "Design and Development of a Smart Weighing Scale for Beehive Monitoring." Systems Conference (ISSC), 2015 26th Irish.
- Gil-Lebrero, Sergio, Francisco Javier Quiles-Latorre, Manuel Ortiz-López, Víctor Sánchez-Ruiz, Victoria Gámiz-López, and Juan Jesús Luna-Rodríguez. 2016. "Honey bee colonies remote monitoring system." *Sensors* 17 (1):55.
- Harun, A., S. K. Zaaba, L. M. Kamarudin, A. Zakaria, R. S. Mohamed Farook, D. L. Ndzi, and A. Y. M. Shakaff. 2015. "Stingless bee colony health sensing through integrated wireless system." *Jurnal Teknologi* 77 (28):85-90. doi: 10.11113/jt.v77.6798.
- Hou, C. S., B. B. Li, S. Deng, and Q. Y. Diao. 2016. "Effects of Varroa destructor on temperature and humidity conditions and expression of energy metabolism genes in infested honeybee colonies." *Genet Mol Res* 15 (3). doi: 10.4238/gmr.15038997.
- Human, Hannelie , Robert Brodschneider, Vincent Dietemann, Galen Dively, James D Ellis, Eva Forsgren, Ingemar Fries, Fani Hatjina, Fu-Liang Hu, Rodolf Jaffé, Annette Bruun Jensen, Angela Köhler, Josef P Magyar, Asli Özkýrým, Christian W W Pirk, Robyn Rose, Ursula Strauss, Gina Tanner, David R Tarpy, Jozef J M van der Steen, Anthony Vaudo, Fleming Vejsnæs, Jerzy Wilde, Geoffrey R Williams, and Huo-Qing Zheng. 2012. "Miscellaneous standard methods for Apis mellifera research." *Journal of Apicultural Research*. doi: 10.3896/IBRA.152.4.10.
- Kim, BS. 2015. "Design and Implementation of Adaptive Temperature Data Logger for Honey Bee Hive." *Korean Journal of Apiculture*.
- Kress, A. 2017. "Using Technology to Monitor Honey Bee (Apis mellifera) Winter Clusters: A Study in Comparative Advantages of Thermal Imaging and Temperature/ Humidity Sensing Technologies." Undergraduates, Grand Valley State University.
- Lecocq, A., P. Kryger, F. Vejsnaes, and A. Bruun Jensen. 2015. "Weight Watching and the Effect of Landscape on Honeybee Colony Productivity: Investigating the Value of Colony Weight Monitoring for the Beekeeping Industry." *PLoS One* 10 (7):e0132473. doi: 10.1371/journal.pone.0132473.
- Mall, Pramod, and Yogesh Kumar. 2014. "Effect of electromagnetic radiations on brooding, honey production and foraging behavior of European honeybees (Apis mellifera L.)." *African Journal of Agricultural Research* 9 (13):1078-1085.
- Marceau, J., R. Boily, and J. M. Perron. 1990. "The relationship between hive productivity and honeybee flight activity." *Journal of Apicultural Research* 29 (1):28-34. doi: 0.1080/00218839.1990.11101194.
- Marković, D., U. Pešović, S. Đurašević, and S. Randić. 2016. "Decision support system for temperature monitoring in beehives." *Acta Agriculturae Serbica* 21 (42):135-144. doi: 10.5937/AASer1642135M.

- McLellan, AR. 1977. "Honeybee colony weight as an index of honey production and nectar flow: a critical evaluation." *Journal of Applied Ecology*:401-408.
- Patel, A., R. Nordin, and A. Al-Haiqi. 2014. "Beyond ubiquitous computing: The Malaysian HoneyBee project for Innovative Digital Economy." *Computer Standards and Interfaces* 36 (5):844-854. doi: 10.1016/j.csi.2014.01.003.
- Pešović, Uroš, Siniša Ranđić, and Stamenković Zoran. 2017. "Design and Implementation of Hardware Platform for Monitoring Honeybee Activity." *Proceedings of 4th International Conference on Electrical, Electronics and Computing Engineering - Serbia*.
- Poirot, B., V. Nevers, P. Gomez-Krämer, M. Ménard, D. Crauser, and Y. Le Conte. 2012. "Utilisation d'un compteur d'abeilles par vidéo surveillance pour le suivi à distance et en temps réel de la mortalité au sein des colonies." *Journée Scientifique Apicole (JSA), France*.
- Zacepins, A, E Stalidzans, and J Meitalovs. 2012. "Application of information technologies in precision apiculture." Proceedings of the 13th International Conference on Precision Agriculture (ICPA 2012).
- Zacepins, Aleksejs, Valters Brusbardis, Jurijs Meitalovs, and Egils Stalidzans. 2015. "Challenges in the development of Precision Beekeeping." *Biosystems Engineering* 130:60-71.
- Zacepins, Aleksejs, Armands Kviesis, Egils Stalidzans, Marta Liepniece, and Jurijs Meitalovs. 2016. "Remote detection of the swarming of honey bee colonies by single-point temperature monitoring." *Biosystems Engineering* 148:76-80. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2016.05.012>.