

Bees

Big data

■ Agnès FAYET

La notion de Big Data tutoie l'abstraction. Nous ne sommes pas en mesure d'imaginer le volume des gigantesques ensembles de données collectées chaque seconde par de super-ordinateurs. A l'aide d'algorithmes complexes, elles sont filtrées, analysées, partagées et visualisées pour le bénéfice d'entreprises, d'institutions et de pouvoirs publics.

L'intelligence numérique concerne de nombreux secteurs d'activité : finance, télécommunications, technologie, santé, éducation mais aussi environnement et agriculture. Le traitement de ces données, parfois sensibles, est considéré comme un enjeu économique majeure des futures décennies, ce qui risque d'éclipser la question éthique liée à l'utilisation de ces informations. Aujourd'hui, le Big Data est principalement utilisé pour modéliser et analyser des bases de données servant à la prise de décisions (ce que l'on appelle des *Data Warehouse*). L'économie des données frappe aussi à la porte des ruchers. Quel intérêt y a-t-il à connecter des ruchers ? Quel bénéfice un apiculteur peut-il en retirer ? Le temps est venu de faire un point sur la question.

Les ruches connectées

A l'ère de l'internet des objets, l'utilisation de ruches connectées se développe. Le monde apicole n'est toutefois pas un univers très branché ni très prompt à emboîter le pas à la moindre nouveauté technologique. Ceci peut constituer un frein au développement de services faisant intervenir le Big Data apicole. Certaines start-up proposent cependant des solutions incluant capteurs, analyse comparative des données, modélisation prédictive et gestion des risques. On parle de gestion apicole de précision. Les apiculteurs professionnels sont les premiers à y trouver un intérêt puisque les capteurs de surveillance couplés à des fonctions d'alerte évitent bien des visites de ruches et proposent même des plans de maintenance selon les besoins des colonies tels qu'identifiés par les calculateurs. Les capteurs intègrent une batterie d'informations comme les variations de poids des ruches (miellées en saison et consommation de réserve de nourriture en hiver), les sons émis par les abeilles, la température et l'humidité dans la ruche, la force du vent et les conditions météorologiques au rucher ou encore des alertes en temps réel pour prévenir des phénomènes inhabituels au rucher. Ces données immédiates esquissent un état général de la santé des colonies. Des graphiques, bilans de santé, bilans d'actions, aperçus détaillés des conditions météorologiques, etc., viennent en appui à l'apiculteur pour tirer des conclusions sur son année apicole. Des schémas prédictifs de santé des colonies sont également envoyés. L'apiculture derrière un ordinateur ? La formule est caricaturale et réductrice. L'apiculture nécessitera toujours un travail de terrain. Les visites sont simplement plus ciblées et davantage guidées. Les ruches sont surveillées à distance.



Des données en temps réel sur l'état des colonies

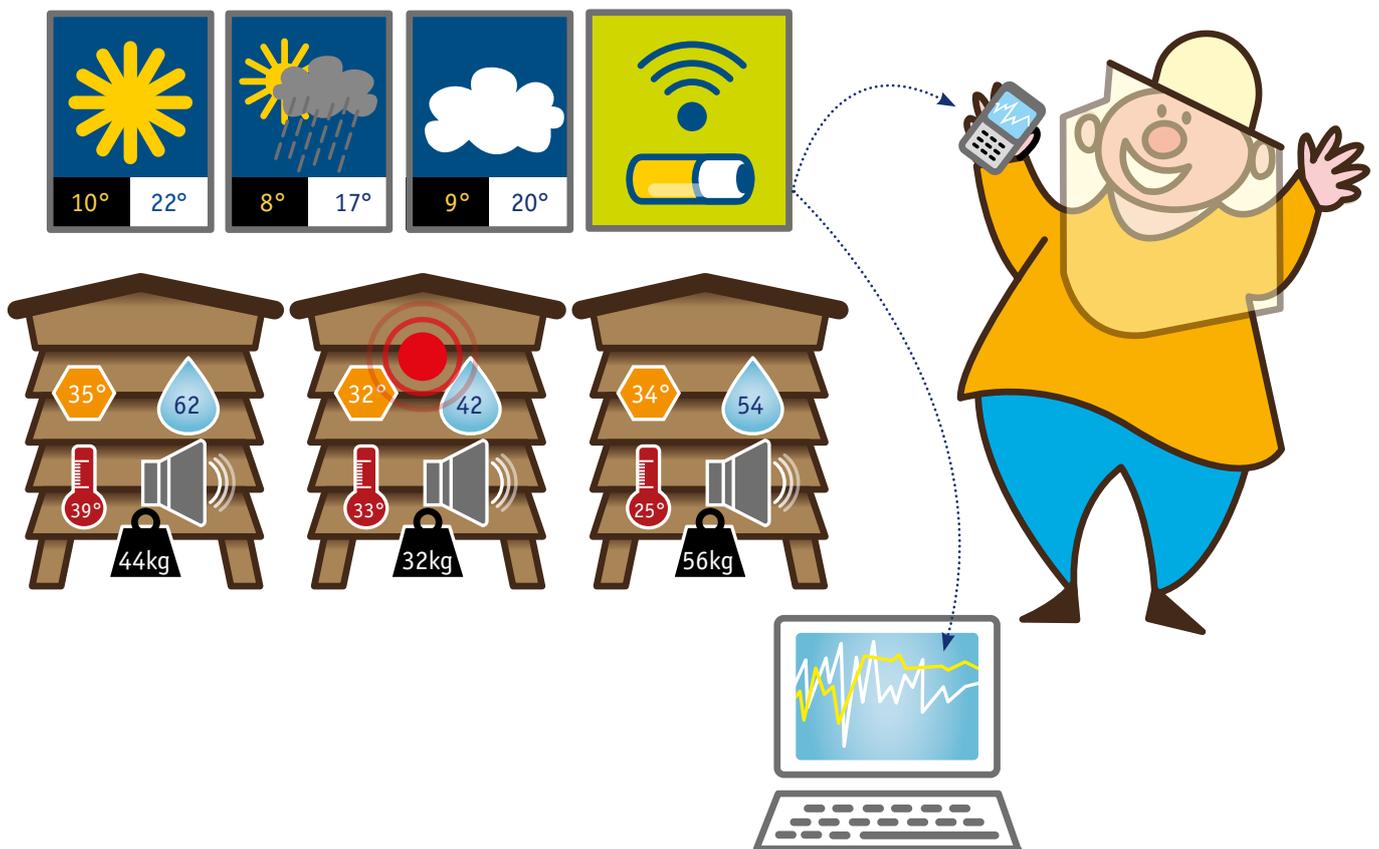
Les données issues des systèmes de surveillance des colonies permettent à l'apiculteur d'obtenir une vision complète des conditions à l'intérieur de la ruche et d'exercer une surveillance en dehors des périodes de visite (la nuit, par mauvais temps, en hiver...) Une surveillance à distance impliquant par exemple le son et l'image permet d'être alerté dans des cas précis comme par exemple lorsque les capteurs détectent une fièvre d'essaimage.

Les systèmes font entrer en jeu la puissance de la technologie numérique : caméra infrarouge pour la collecte d'images à l'intérieur de la ruche, caméra thermique externe, balances, divers capteurs pour surveiller l'état de la colonie et son activité, microphones connectés, accéléromètres, etc. Le système permet une analyse complexe des données reçues. Certains scénarios sont élaborés pour produire une alerte à destination de l'apiculteur qui dispose d'une application sur son smartphone. Outre ce système d'alerte en temps réel, les apiculteurs pourraient bénéficier grâce à cette technologie, d'informations sur la

disponibilité des ressources dans l'environnement ou sur la prévalence (nombre de cas de maladies à un instant ou sur une période précise) de certaines maladies comme la loque américaine dans les environs du rucher...

En quête de modèles d'analyse des données scientifiques

Dans le cadre de programmes scientifiques, des puces RFID sont fixées sur le dos des abeilles¹. Elles permettent de surveiller le nombre de sorties de la ruche des abeilles équipées. Les puces RFID communiquent leurs informations par ondes radio à de mini-ordinateurs placés dans les ruches. Ces petits récepteurs sont très peu gourmands en énergie tout en ayant de grandes capacités. Cette technologie a permis de confirmer bon nombre de connaissances sur les mécanismes de changement de fonction des ouvrières au sein de la colonie, sur les activités de butinage, leur lien avec les conditions météorologiques et la température extérieure, les durées de vol, le lien entre la durée de vol et l'âge des ouvrières, etc. Rappelons également que cette technologie a permis en 2012 à des chercheurs de l'INRA de prouver les





Une ruche connectée, qu'est-ce que c'est ?

C'est une ruche équipée pour surveiller le comportement et la santé de la colonie qui la peuple. Elle est équipée d'une batterie de capteurs, d'enregistreurs et de transmetteurs reliés à un microprocesseur embarqué.

Un système intégré de surveillance des abeilles dans une ruche comporte :

- Un microprocesseur central ;
- Des transducteurs dans la ruche (dispositif convertissant un signal physique en un autre) couplés à :
 - des capteurs de température pour mesurer la température du couvain et la température de la ruche ;
 - des capteurs d'humidité pour mesurer l'humidité relative de la colonie ;
 - une balance pour surveiller les activités de butinage et la consommation de la colonie ;
 - un système de positionnement global ;
 - un compteur d'abeilles pour mesurer l'activité de la colonie ;
 - un système d'enregistrement de l'acoustique des abeilles mellifères couplé à un logiciel de filtrage, de synthèse et d'analyse des données acoustiques. Le système profile les signatures acoustiques des colonies d'abeilles mellifères. Ces signatures, associées à des comportements types de la colonie, servent de données de référence pour détecter les variations acoustiques qui peuvent provenir de facteurs de stress (par exemple une exposition à des concentrations sublétales de produits toxiques aéroportés) ou d'un changement de comportement de la colonie (par exemple une fièvre d'essaimage).
- Une station météo installée sur le site du rucher ;
- une unité d'alimentation pour fournir l'énergie à puissance constante (batterie ou cellule solaire). Le bilan énergétique est aujourd'hui quasi neutre (très basse énergie, alimentation solaire, etc.) ;
- l'information peut être récupérée par ligne téléphonique ou par onde radio via une communication sans fil.



effets du thiametoxam (insecticide néonicotinoïde) sur les capacités d'orientation spatiale des butineuses². Le radar harmonique est utilisé quant à lui en complément pour enregistrer les déplacements des abeilles³. Il s'agit d'une antenne miniature qui permet d'établir des schémas de vols, et de localiser les sites de butinage, etc.

Les programmes scientifiques continuent aujourd'hui à collecter des données sur la santé des colonies d'abeilles. Des modèles d'intégration des informations cherchent à proposer une vision plus globale. Citons à titre d'exemple le modèle européen APIS-RAM qui propose d'évaluer une synergie de facteurs de stress chez les abeilles dans un contexte géographique et agricole⁴. Le principal enjeu reste à cet égard l'enregistrement des données qui, pour être exploitables, doivent être saisies correctement, en assez grand nombre, avec un standard permettant de larges échanges tout en

respectant les politiques de confidentialité. L'hétérogénéité des données et la possibilité de mise à jour en temps réel sont des points techniques capitaux à résoudre pour le succès de ce type de service.

Le chemin vers une apiculture de précision est tracé. La technologie pourrait être un allié pour les apiculteurs afin de relever plus facilement les défis de notre époque. Elle nécessite en amont une synergie de compétences : celles de physiciens, d'entomologistes, d'éthologues, d'agronomes, de mathématiciens, d'informaticiens, etc. Elle suppose aussi la collaboration et la curiosité du secteur apicole qui se trouve à la fois pourvoyeur et bénéficiaire de données. Les informations qui sont relevées dans les ruches connectées ont un grand intérêt pour l'apiculteur à titre personnel mais aussi pour la communauté apicole dans son ensemble si toutefois le travail est exécuté en réseau.

Références :

1. Aupinel, P., Henry, M., Decourtye, A. (2017). Utilisation de puces RFID pour le suivi des abeilles. *Cahier des Techniques de l'INRA*, 2017, 117-122
2. Henry, M., Beguin, M., Requier, F., Rollin, O., Odoux, J. F., Aupinel, P., ... & Decourtye, A. (2012). A common pesticide decreases foraging success and survival in honey bees. *Science*, 336(6079), 348-350.
3. Carreck, N. L., Osborne, J. L., Capaldi, E. A., & Riley, J. R. (1999). Tracking bees with radar. *Bee World*, 80(3), 124-131.
4. https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/event/170626bees/170626-10_Topping.pdf

MOTS CLÉS :

technologie, données, ruche connectée

RÉSUMÉ :

petite synthèse sur le potentiel des ruches connectées et du traitement massif de données pour le travail de l'apiculteur et la surveillance des colonies.

La ruche connectée

Les offres commerciales se développent pour offrir aux apiculteurs des services de surveillance de la santé de leurs colonies. Une veille à distance des ruches permet d'obtenir un certain nombre de données utilisables pour décider du degré d'urgence d'une visite de la colonie. Ces systèmes doivent répondre aux besoins et à certaines contraintes. Ils doivent être peu invasifs, opérationnels à distance pendant de longues périodes et permettre une surveillance en temps réel.

Les progrès technologiques ont aujourd'hui permis de trouver des solutions applicables dans les ruches pour ce qui est désormais appelé «l'apiculture de précision».

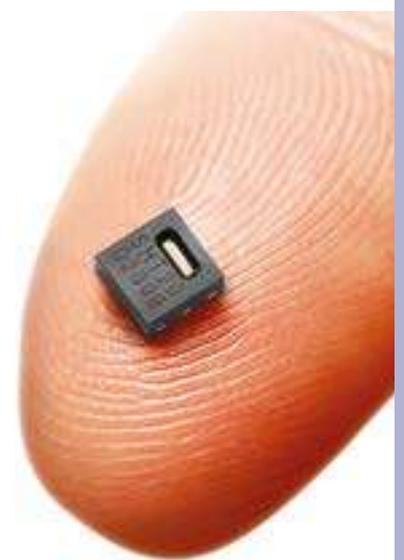
Un réseau de surveillance dans la ruche

Pour surveiller les conditions environnementales à l'intérieur d'une colonie et récupérer des données telles que la température du couvain ou l'humidité relative de la colonie, les systèmes de surveillance utilisent des micro-capteurs connectés à un réseau sans fil appelé **WSN** (Wireless Sensor Network). Un WSN est composé d'un ensemble d'unités de traitement embarquées dans la ruche que l'on appelle des «nœuds». Les nœuds sont la base du développement de l'internet des objets. Ils communiquent via des liens sans fil. Les nœuds d'un WSN peuvent être utilisés pour obtenir des données de capteurs surveillant la température, l'humidité, le CO², etc.). Les nœuds se connectent et communiquent via une passerelle qui peut envoyer les données des éléments à une station

de base qui stocke, traite et envoie les informations à une base de données. L'ordinateur local associé à un rucher peut fonctionner de manière isolée ou comme un serveur de base de données qui partage des informations en réseau pour le bénéfice d'un collectif d'apiculteurs.

Capteurs et nœuds de capteurs

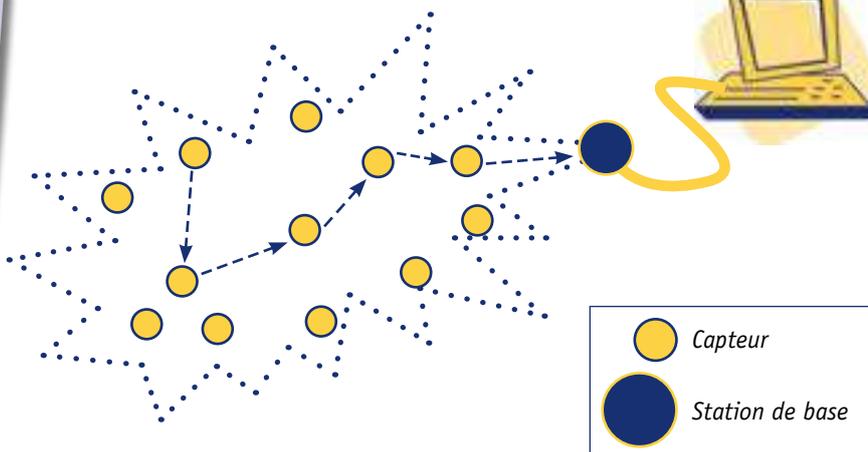
Un **capteur** est un module dont le but est de détecter des événements ou des changements dans un environnement. Il n'est pas autonome et envoie ses informations à d'autres appareils électroniques comme un ordinateur. Un capteur peut surveiller une grande diversité de conditions environnementales : température, humidité, mouvement, condition



Capteur d'humidité et de température SHT20 - Sensirion

d'éclairage, pression, bruit, vitesse, accélération, direction, etc.

Un **nœud de capteurs** est un nœud, dans un réseau de capteurs, capable d'effectuer un traitement, de recueillir des informations sensorielles et de communiquer avec d'autres nœuds connectés au réseau. Tous les nœuds ne sont pas des nœuds de capteurs. Un nœud de capteurs est composé d'un processeur avec une mémoire, de capteurs pour effectuer certaines mesures, d'un moyen de communiquer les données (radio ou interface USB), d'une alimentation électrique autonome.



L'usage des capteurs (environnementaux, etc.) dans une ruche

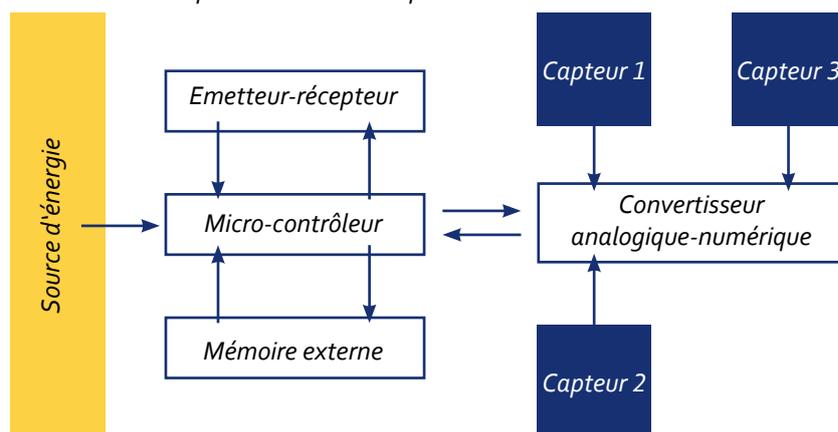
La gamme des capteurs environnementaux disponibles sur le marché est très large aujourd'hui. On trouve des capteurs thermiques, optiques, vibrationnels ou encore des microphones... Ils sont largement utilisés dans la surveillance de la qualité de l'environnement, dans le contexte de l'agriculture de précision par exemple. Certains capteurs ont également un autre objectif. Ils peuvent servir à assurer la sécurité de la ruche connectée. C'est le cas des puces GPS, des traceurs, des capteurs de mouvement, etc. Les capteurs permettent de sélectionner sur mesure le type d'information que l'on souhaite surveiller dans sa ruche connectée.

En association à une **caméra thermique**, il est possible de suivre la dynamique des populations d'abeilles dans la ruche, la force du couvain en été et la position de la grappe en hiver.

En association à un **compteur d'abeilles** couplé à des **détecteurs infrarouges** et à des **émetteurs** fixés à l'entrée de la ruche, il est possible de surveiller l'activité de vol.

En association à une **balance électronique**, il est possible de surveiller le gain ou la perte de poids des colo-

Architecture basique d'un nœud de capteurs



nies pour suivre les miellées en été et la consommation des réserves en hiver.

Naturellement, la protection des capteurs, des caméras et de tous les appareils électroniques est un véritable défi puisque les abeilles enduiront ces corps étrangers de propolis.

Gestion de l'énergie et du mode de transmission des informations

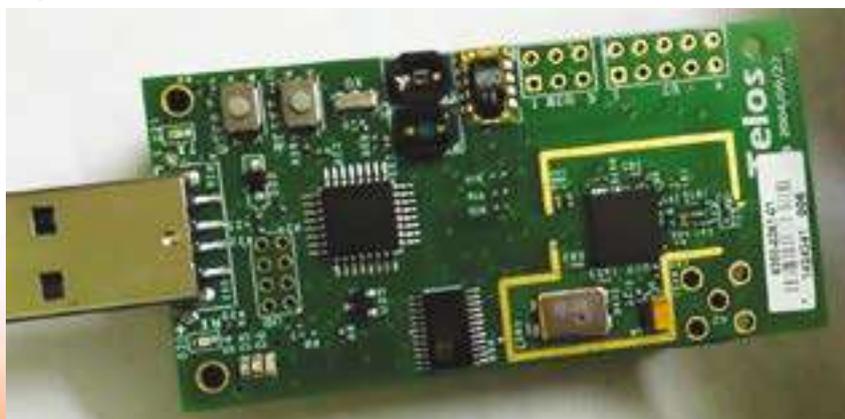
Plusieurs options technologiques existent en ce qui concerne la **gestion de l'énergie** du système et le **mode de transmission** des données. Quelle technologie sans fil utiliser ? Comment gérer la question de l'énergie nécessaire ?

Les réseaux de capteurs sans fil (WSN) sont alimentés par des batte-

ries : piles AAA, batterie au lithium, énergie solaire. La faible dépense énergétique est un enjeu majeur avec des batteries de taille réduite et de faible capacité, particulièrement pendant la transmission des données. Une alternance de mode actif et mode veille permet d'éviter la consommation superflue d'énergie. Outre le traitement des données, la partie communication est considérée comme le deuxième élément consommateur d'énergie du WSN. L'émetteur-récepteur Radio Fréquence consomme la majeure partie de l'énergie pendant l'état actif. La durée de vie du réseau peut être augmentée en ayant des nœuds qui ne font fonctionner leurs communications que pendant de courtes périodes.

La récupération des données

Les données fournies par le WSN sont envoyées à une **interface informatique**. Une application web permettra ensuite à l'utilisateur de suivre les résultats à distance via un **tableau de bord** sur son smartphone ou son ordinateur connecté à internet. L'un des intérêts du système est de surveiller la santé des colonies, de recevoir certaines alertes (préparation à l'essaimage, faiblesse des colonies, etc.) qui permettent de prévoir des visites ciblées. Un autre intérêt est de recevoir des statistiques sur l'évolution des colonies.



Un nœud de capteurs sans fil de type TelosB - Crossbow Technology

MOTS CLÉS :

fiche technique, technologie, ruches, données, environnement