

# LES ABEILLES JOUENT-ELLES COLLECTIF?

Comme d'autres insectes sociaux, les abeilles ont développé une organisation complexe qui leur permet de résoudre des problèmes que les individus, seuls, ne pourraient affronter. Peut-on pour autant parler d'intelligence collective ?

par Anne Debroise, journaliste

## REPÈRES

- Les abeilles possèdent, à l'échelle individuelle, d'étonnantes capacités d'abstraction.
- Elles s'organisent en colonies qui comprennent des dizaines de milliers d'individus capables de communiquer entre eux.
- Cette organisation leur permet d'optimiser leurs récoltes ou de choisir l'emplacement de la construction d'un nouveau nid en fonction de leur environnement.

Intelligentes, les abeilles ? Difficile à imaginer vu la taille de leur cerveau. Et pourtant... Elles font preuve de capacités d'abstraction étonnantes et sont capables de résoudre les nouveaux problèmes qui se posent à elles tout au long de leur vie. Pour certains scientifiques, c'est de leur organisation sociale qu'elles tirent leurs plus grandes performances. En mesure d'édifier des nids à l'architecture complexe, d'organiser leur récolte pour exploiter les champs de fleurs les plus rentables, elles savent aussi choisir, de manière consensuelle, le site idéal pour établir leur ruche parmi des dizaines de possibilités. Parce que ces processus évoquent les mécanismes de prise de décision dans le cerveau, ils sont souvent qualifiés « d'intelligence collective ». Un terme qui soulève parfois la polémique.

Il y a pourtant bien du génie dans l'organisation des essaims d'abeilles. Elles savent tirer le meilleur parti des fleurs qui les environnent, à tout moment de l'année et de la journée, pour obtenir un miel équilibré. Elles organisent également la répartition des tâches tout au long de leur vie et de leur journée, construisent des nids et des rayons à la structure étonnante. Et cela, sans qu'aucune d'entre elles n'assume la direction de la colonie : la reine n'assure que la reproduction. Un comportement collectif que Guy Théraulaz, du Centre de recherche sur la cognition animale à Toulouse, qualifie d'éminemment intelligent « *puisque'il s'avère efficace, souple et qu'il repose sur des réseaux complexes d'interactions entre les individus d'une même colonie* ».

La manière dont un comportement collectif intelligent naît de comportements individuels et d'interactions simples a d'ailleurs donné naissance à un domaine de recherche très prolifique en informatique et en robotique, appelé « intelligence en essaim ». Elle inspire aujourd'hui des méthodes rapides, souples et économiques pour résoudre des problèmes complexes.

## COMMUNICATION PAR LA DANSE

La clé de tout comportement collectif réside dans la communication entre ses membres. Chez les abeilles, elle passe notamment par des danses, dont la signification a été dévoilée par l'Autrichien Karl von Frisch, dès 1946, et lui a valu le prix Nobel en 1973. Lorsqu'une butineuse veut signaler à ses congénères une source de nourriture éloignée, elle entame, sur les rayons verticaux, dans l'obscurité de la ruche, une danse « en huit » : elle parcourt un demi-cercle dans un sens, revient au point de départ en frétilant le long du diamètre, puis complète le cercle dans l'autre sens, revient par le même diamètre et recommence. La durée du frétillement renseigne sur l'éloignement des fleurs, et l'angle formé par le diamètre et la verticale du lieu donne la direction à emprunter par rapport au soleil à l'heure de la danse. S'ajoute un degré de qualité : plus la source est intéressante, plus l'abeille effectue de tours. Avec ces indications (et après avoir corrigé la direction en fonction de l'heure de la journée), les suivantes retrouveront l'emplacement des fleurs lointaines.



Plus récemment, l'Américain Tom Seeley, de l'université Cornell à Ithaca (États-Unis), a démontré que cette danse servait aussi au moment, crucial pour un essaim, de choisir l'emplacement d'une nouvelle ruche (1). Quand les abeilles deviennent trop nombreuses, la vieille reine quitte la ruche avec la moitié de l'essaim, soit quelques milliers d'abeilles. Les émigrantes commencent par s'agglutiner sur une branche d'arbre. De cet amas sortent des éclaireuses qui vont explorer les emplacements possibles. Celles-ci peuvent passer plus de 45 minutes à examiner un creux dans un arbre pour déterminer s'il répond aux critères recherchés : être suffisamment haut pour échapper aux prédateurs tels les ours, suffisamment grand (plus de 20 litres) pour permettre aux ouvrières de réguler la température de l'habitat avec une petite entrée (moins de 30 cm<sup>2</sup>) protégée des vents pénétrants. Mais comment font-elles ensuite pour compa-

rer tous les emplacements potentiels et choisir le mieux adapté? Les éclaireuses se posent sur la masse de leurs congénères et entament leurs danses. Si l'une d'elles a déniché un site de premier choix, elle peut décrire une centaine de circuits. Pour les plus pauvres, elle se contentera d'une douzaine de tours. Ce paramètre s'avère décisif. Les abeilles en contact avec la danseuse vont se rendre sur le site, et revenir avec leur propre rapport. Or plus la danse dure, plus le nombre d'abeilles qui la suivront sera élevé. Les options peu attractives vont donc petit à petit perdre des partisans, les plus attractives recevront de plus en plus de visites. Tom Seeley a noté que la décision d'emménager était prise dès que l'on pouvait observer une quinzaine d'abeilles visitant simultanément l'endroit. Décision qui apparaît au bout de 72 heures maximum. Soit... Mais que se passe-t-il quand plusieurs options entrent en conflit? ●●●

▲ *L'intelligence individuelle des abeilles joue un rôle essentiel dans le comportement collectif de l'essaim.*

► Lorsque les abeilles deviennent trop nombreuses, la vieille reine quitte la ruche avec la moitié de l'essaim. Avant d'explorer un nouvel emplacement, les émigrantes s'agglutinent sur la branche d'un arbre.



••• En 2012, Tom Seeley décrivait le processus qui permet à la communauté de rallier l'intégralité de la colonie à la même option. Il a observé que les abeilles peuvent réduire au silence les partisans d'un autre choix en leur exprimant leur désaccord par un coup de tête accompagné d'un « buzz » impérieux : une vibration à 350 Hz pendant environ 150 millisecondes. Une éclaircuse qui reçoit plusieurs fois ce signal s'arrêtera de danser, et donc de rallier des suffrages. Un modèle mathématique du comportement des abeilles a démontré que ce système permet effectivement l'émergence rapide d'un consensus. Et pas n'importe lequel ! L'équipe américaine a en effet proposé différentes ruches artificielles à des essaims dans l'île d'Appledore, dans l'état américain du Maine, choisie parce qu'elle est très pauvre en arbres, donc en nids naturels potentiels. Dans 90 % des cas, la colonie prend la meilleure option. Le chercheur n'hésite pas à y voir une prise de décision collective, comparant la colonie à un cerveau et les abeilles à des neurones : « *Nous consta-*

*tons que 1,5 kg d'abeilles dans un essaim d'abeilles, exactement comme les 1,5 kg de neurones du cerveau humain, parviennent à une sagesse collective en s'organisant d'une manière telle que même si chaque individu a une information limitée et une intelligence limitée, le groupe dans son ensemble fait un choix collectif de premier plan.* » Une colonie s'apparenterait donc à un superorganisme, dont l'intelligence dépasse celle du plus intelligent des individus qui le composent.

#### CALCUL MENTAL

Mais à l'université libre de Berlin, le neurobiologiste Randolf Menzel ne voit pas seulement les abeilles comme les rouages d'un superorganisme : « *L'intelligence est avant tout une capacité qui émerge du cerveau, rappelle-t-il. Et l'intelligence dont semble faire preuve la colonie provient des individus qui la composent.* » Le cerveau de l'abeille, avec son petit million de neurones (là où l'homme en possède 100 milliards), n'impressionne guère. Pourtant, les abeilles disposent d'une grande capacité d'abstraction. Elles sont capables de se représenter leur environnement de manière globale, par rapport au Soleil, à des repères visuels ou odorants. Randolf Menzel parle de « carte cognitive » (2) : les abeilles ne se contentent pas de suivre des points de repère dans le paysage,

**Les abeilles ne se lancent pas dans un exercice si elles estiment qu'elles vont à l'échec**

## FOURMIS: QUAND LA PHÉROMONE REMPLACE L'ARCHITECTE

Le mode de communication à la base de l'intelligence collective des abeilles est une danse, celui des fourmis passe par des phéromones. L'équipe de Guy Théraulaz au Centre de recherche sur la cognition animale vient de démontrer que c'est grâce à ces messagers chimiques volatils (ou transmis par contact) que les fourmis sont capables de bâ-

tir des nids à l'architecture complexe, en l'absence d'architecte pour les coordonner (1). «*Quand une ouvrière dépose une boule de terre sur le sol, elle y laisse des phéromones indiquant à ses congénères que c'est là qu'elles doivent déposer leur matériel, explique Guy Théraulaz. Lorsque le pilier ainsi monté atteint leur taille, les fourmis se mettent à*

*coller leurs boules sur ses côtés: elles forment des "chapiteaux", qui finissent par se rejoindre et constituer le plafond. C'est ainsi qu'elles bâtissent des milliers de chambres interconnectées en forme de bulles*». Les chercheurs ont développé un modèle numérique en 3D pour mieux comprendre l'effet de cette phéromone sur l'archi-

teature des nids. Ils ont montré que le temps de dégradation de la phéromone (une demi-heure environ) déterminait la forme des pièces. Ainsi, par temps chaud, la phéromone se dégradant plus vite, il y a moins de piliers et les pièces sont donc plus grandes. Idéal pour évacuer la chaleur!

(1) A. Khuong et al, *PNAS*, 113, 1303, 2016.

elles peuvent tracer de nouveaux chemins entre deux points qu'elles ont explorés au préalable. Les travaux menés par Aurore Avarguès-Weber, au Centre de recherche sur la cognition animale à Toulouse, dévoilent d'autres aptitudes cognitives (3). Son protocole consiste à poser des gouttes d'eau sucrée sur certains motifs géométriques, puis à observer les figures que les abeilles iront par la suite explorer de manière préférentielle. Elle en déduit le type de relation entre figures que les abeilles perçoivent. La chercheuse a ainsi montré que les abeilles identifient les quantités (elles «comptent» jusqu'à 5!), les figures géométriques, distinguent le dessus du dessous, le grand du petit. Elles sont même capables d'anticiper sur leur probabilité de réussite, et elles ne se lancent pas dans un exercice si elles estiment qu'elles vont à l'échec... «*Les abeilles n'ont pas seulement un comportement inné, en conclut Randolph Menzel. Elles apprennent tout le temps et s'adaptent à leur environnement qui change tout au long de l'année. Elles font preuve d'intelligence.*» Et cette intelligence individuelle joue un rôle essentiel dans le comportement des essaims. Le comportement collectif lors de l'essaimage répond à des règles simples: «*Le déplacement d'un essaim vers un nouveau nid n'est pas seulement fondé sur une décision collective. Un petit nombre d'abeilles sait où se rendre, les autres suivent. Ce n'est pas tant le comportement collectif inné qui est un signe d'intelligence sociale, mais plutôt le lien entre les intelligences individuelles, qui se fait par la communication.*»

Si une part de la polémique réside dans le vocabulaire utilisé (restreint-on ou non l'usage du mot intelligence à l'activité d'une assemblée de neurones?), une autre provient sans doute de l'idée que l'intelligence collective développée par un

groupe serait supérieure à l'intelligence des membres du groupe. Or pour Guy Théraulaz, il n'y a pas de hiérarchie: «*L'intelligence collective n'exclut pas l'intelligence individuelle. Mais certains comportements collectifs permettent à un groupe de résoudre des problèmes qui ne seraient pas à la portée d'un individu isolé.*» Pour le chercheur, il y a une prise de décision collective: que ce soit quand les abeilles sélectionnent un nid ou quand les fourmis choisissent une source de nourriture, «*on ne peut attribuer le choix du groupe au comportement d'un seul individu possédant toute l'information*».

### QUESTION D'ALTERNATIVES

En 2012, Stephen Pratt de l'université d'Arizona a abordé la question de front avec des fourmis. Il a comparé le comportement d'une fourmi *Temnothorax* et celui d'une colonie, confrontées au même dilemme que les abeilles de Seeley: le choix du lieu pour établir leur nid (4). Quand individu et colonie doivent choisir entre deux emplacements, leur choix se porte bien sur le site le mieux adapté. Mais quand il s'étend à huit emplacements, seule la colonie fait le bon choix. L'individu seul ne le fait plus que dans 50% des cas. Signe, pour le chercheur, qu'un individu, seul, ne sait pas prendre de bonnes décisions quand il est face à un trop grand nombre d'alternatives. La surcharge cognitive engendrée par un trop grand nombre d'alternatives ne pourrait être surmontée que par le groupe... ■

(1) T. Seeley et al., *Science*, 335, 108, 2012.

(2) R. Menzel & U. Greggers, *Comp Physiol A Neuroethol Sens Neural Behav Physiol.*, 201, 547, 2015.

(3) A. Avarguès-Weber & M. Giurfa, *Proc Biol Sci.*, 280, 1772, 2013.

(4) T. Sasaki & S. Pratt S., *Curr Biol.*, 22, 827, 2012.

### Pour en savoir plus

- Thomas Seeley, *Honeybee Ecology: a Study of Adaptation in Social Life*, Princeton University Press, 2016.
- Thomas Seeley, *Honeybee Democracy*, Princeton University Press, 2010.
- Scott Camazine, Jean-Louis Deneubourg, Nigel Franks, James Sneyd, Guy Théraulaz & Éric Bonabeau, *Self-Organization in Biological Systems*, Princeton University Press, 2001.