

Des secrets de fabrication du miel par les abeilles révélés

Michael Eyer, Peter Neumann et Vincent Dietemann

Grâce à des images aux rayons X de cadres de miel, nous avons pu observer des détails jusqu'ici inconnus de la production de cette denrée sucrée par les abeilles. Nous avons mesuré, grâce à un tomographe, la concentration de sucre dans les cellules de stockage au cours du temps. Cette technique non invasive a permis d'étudier le processus de fabrication du miel sans l'influencer. Nous avons mis en évidence plusieurs manières que les abeilles utilisent pour stocker le nectar et pour en assurer la maturation. Étonnamment, leur processus de fabrication est moins bien organisé que ce à quoi nous nous attendions. De plus, une course contre l'absorption d'humidité se déroule jusqu'à l'operculation complète des cellules de stockage du miel.

Les réserves de miel permettent à la colonie d'abeille de survivre à l'hiver pendant lequel aucune source de nourriture externe n'est disponible. Cette riche source d'énergie est aussi appréciée par les humains pour diverses utilisations. Malgré l'importance du miel pour les sociétés d'abeilles et humaines, on en sait encore très peu sur son processus de fabrication par les ouvrières. Ceci est dû à la difficulté de mesurer ce qu'il se passe dans les cellules sans modifier le processus naturel ou le comportement des abeilles.

Pour pallier à ce problème, nous avons utilisé lors de cette étude faite dans le cadre de la thèse de doctorat de Michael Eyer, la tomographie à rayons X. Cette technique normalement utilisée pour le diagnostic médical humain ou vétérinaire a été adaptée pour scanner des ruches entières (Figure 1). L'une des étapes de fabrication du miel par les abeilles consiste en la concentration du nectar floral ou du miellat récolté pour en augmenter sa teneur en sucre. C'est ce processus que nous avons étudié en détail. Les rayons X émis par le tomographe permettent de mesurer la densité des matériaux inertes, sans en modifier leurs propriétés et sans devoir prélever d'échantillon. Comme la densité du miel varie en fonction de la concentration



Figure 1 : Une ruche prête à être scannée dans le tomographe (V. Dietemann, Centre de recherche apicole).

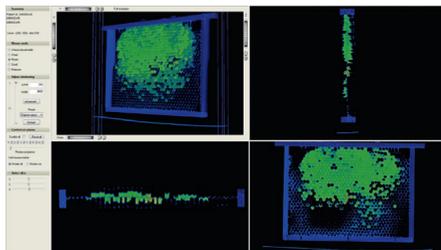


Figure 2 : Image d'un rayon scannée aux rayons X. Le nectar contenu dans les cellules apparaît en vert (M. Eyer, Centre de recherche apicole et Institut pour la santé de l'abeille).

en sucre, nous avons obtenu des images de haute résolution (Figure 2) permettant de visualiser les changements de concentration. De ces informations récoltées à intervalle régulier, nous avons déduit le comportement des ouvrières qui sont responsables de la maturation du miel.

Plongée virtuelle à l'intérieur des cellules



Figure 3 : Un rayon vide est introduit dans une colonie pour ensuite être scanné à intervalles réguliers (V. Dietemann, Centre de recherche apicole).

Des cadres bâtis mais vides ont été placés dans des ruches (Figure 3) pour y suivre le processus de maturation du nectar en miel. Le tomographe permet d'étudier le contenu de chaque cellule en trois dimensions. Ce contenu apparaît avec une brillance différente en fonction de la concentration en sucre. Plus le contenu est concentré en sucre, plus il apparaît blanc. Les motifs observés suggèrent que les ouvrières peignent les murs des cellules avec du nectar concentré, ce qui forme des anneaux en deux dimensions

(Figure 4), ou bien elles déposent le nectar aléatoirement, sans considération de sa concentration, ce qui résulte dans une apparence granuleuse (Figure 5). La taille de ces grains augmente au cours de la maturation, en même temps que les anneaux disparaissent pour laisser place à un motif (étonnamment !) inhomogène qui correspond à celui du miel mûr (Figure 6).

Pas d'ordre dans les rayons

En plus d'un stockage de nectars de concentrations différentes dans les cellules, une analyse spatiale nous a montré que ce n'est que rarement que des cellules de concentration similaire sont mitoyennes. Au contraire, nous nous attendions à trouver plus d'ordre dans les ruches de ces ouvrières d'habitude très bien organisées. Nous avons émis l'hypothèse que des zones



Figure 4 : Cellule dont les murs sont tapissés d'un anneau de nectar de concentration en sucre élevée (M. Eyer, Centre de recherche apicole et Institut pour la santé de l'abeille).

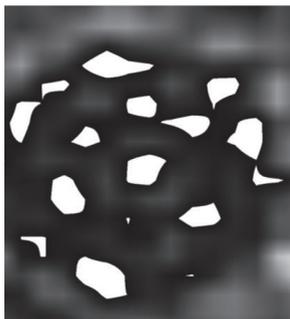


Figure 5 : Cellule contenant des grumeaux de nectars de concentration élevée (M. Eyer, Centre de recherche apicole et Institut pour la santé de l'abeille).



Figure 6 : Cellule contenant du miel mûr. Le miel n'est pas une matrice homogène (M. Eyer, Centre de recherche apicole et Institut pour la santé de l'abeille).

de rayons avec des concentrations de nectar similaires optimiseraient la maturation du miel en nécessitant des conditions, d'humidité par exemple, et un travail identiques. Cette optimisation n'est apparemment pas à l'avantage des abeilles qui « maturent » de toute évidence le miel avec un « service personnalisé » pour chaque cellule. Regrouper les cellules de concentration similaire ne leur permet donc pas d'économiser de l'énergie, ce que la sélection naturelle aurait favorisé. Toutefois, ce regroupement s'opère quand le contenu des cellules approche de la concentration du miel et que celui-ci est placé à son emplacement définitif. Avant d'en arriver là, nous avons observé que le nectar peut être transporté dans des cellules de stockage intermédiaires en subissant une concentration à chaque étape. Ceci a permis de confirmer des hypothèses antérieures faites sur la base d'observations visuelles du processus.

Course contre la clepsydre

La concentration en sucre dans les cellules en cours d'operculation est en moyenne 3.7 % inférieure à celles complètement operculées. Le processus de maturation est donc encore en cours pendant l'operculation. Ceci suggère que le processus actif de maturation continue jusqu'à l'operculation complète pour contrer l'absorption passive d'eau par le miel très concentré en sucre et donc très hydrophile.

Connaissances pour l'apiculteur

L'adaptation d'une technique ancienne, la tomographie, à un nouveau domaine, l'étude des abeilles, a non seulement confirmé des hypothèses antérieures, mais a aussi permis de nouvelles découvertes. Les résultats obtenus indiquent que des mesures de teneur en eau doivent être réalisées sur plusieurs cellules et à des endroits différents du ou des rayons. Ceci est nécessaire pour capturer la variation entre cellules et avoir une mesure plus représentative de l'avancement de la maturation. Ils confirment également la nécessité d'extraire le miel uniquement des rayons dont la grande majorité des cellules est complètement operculée pour garantir la qualité du miel. Cette technique permettra aussi d'acquérir des connaissances utiles pour l'apiculture sur les mécanismes de production du miel et les facteurs qui l'influencent. Il est maintenant par exemple possible d'étudier l'influence de l'architecture de la ruche ou d'un pathogène sur le stockage et la maturation du miel. La gestion des colonies pourrait être améliorée en conséquence afin d'obtenir des récoltes plus importantes et de meilleure qualité.

Pour en savoir plus (en anglais)

Eyer M, Greco MK, Lang J, Neumann P, & Diemann V (2016) No spatial patterns for early nectar storage in honey bee colonies. *Insectes Sociaux* 63: 51-59.

Eyer M, Neumann P, Diemann V (2016) A Look into the Cell: Honey Storage in Honey Bees, *Apis mellifera*. *PLOS ONE* 11(8): e0161059. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0161059>.

Cette étude a été financée par Agroscope et par la fondation Vinetum.

Remerciements

Nous remercions Mark Greco pour avoir établi la technique de tomographie au Centre de recherche apicole et pour la formation des collaborateurs à cette méthode d'imagerie médicale.