

Grappe hivernale, l'art de l'économie

Janine KIEVITS

Photo : Gérard HENROTTE

L'hiver constitue pour la faune une épreuve redoutable, puisqu'il lui faut faire face tant au froid qu'au manque de nourriture. Certains insectes ont « choisi » de le fuir et partent vers des contrées plus chaudes; c'est le cas notamment du papillon nommé Belle-Dame, dont la migration a été spectaculaire chez nous cette année¹. D'autres misent toutes leurs chances de survie sur quelques individus, reproducteurs abondamment nourris pendant la bonne saison et qui ont pour tâche de fonder seuls une nouvelle colonie au printemps suivant; ainsi font les guêpes, frelons et autres abeilles solitaires. L'abeille mellifère, elle, s'est trouvé un autre chemin : c'est la puissante organisation des colonies qu'elle forme qui va lui permettre de relever le défi, en mettant en œuvre deux moyens complètement originaux dans le monde des insectes : le stockage des réserves d'une part, et d'autre part la réorganisation de la colonie pour former la grappe, système caractérisé par l'absence de couvain et par des modes de fonctionnement qui diffèrent complètement de ceux de la colonie estivale.

La grappe commence à se former dès que la température extérieure descend sous les 15°C; elle est complète - c'est-à-dire que toutes les abeilles de la colonie s'y sont jointes - à 7°C, l'individu entrant rapidement en collapsus à des températures plus basses. Elle a globalement la forme d'une sphère ou d'une ellipsoïde, parfois aplatie sur un côté quand elle se trouve, par exemple, juste sous le couvre-cadres. Elle est évidemment interrompue par les rayons, que les abeilles recouvrent en couches

Les nuits s'allongent et le matin trouve nos jardins couverts de rosée, traversés par les fils de la Vierge. L'automne montre déjà le bout de son nez et, dans nos ruches, les abeilles s'apprêtent à passer la mauvaise saison. Le peuple débordant qui nous a fait la récolte va peu à peu laisser place à la grappe hivernale, presque invisible, ramassée sur elle-même entre les cadres. Mais, même sous la neige, nos ruches resteront chaudes d'une vie mystérieuse. C'est cet aspect de la vie de l'abeille mellifère, l'un des plus méconnus de l'apiculteur, que nous vous proposons d'explorer aujourd'hui.

multiples mais sans y pénétrer; elles se servent des cellules vides comme réserve d'air et comme isolant, ne s'y enfonçant que lorsque la colonie toute entière est au bord du collapsus, c'est-à-dire en train de mourir de froid [1] [2]. La masse d'abeilles se contracte d'autant plus que le froid se fait plus intense, jusqu'à disparaître à nos yeux entre les ruelles. Elle est dynamique, et sa forme change avec le déplacement des abeilles. Mais ses mouvements ne sont ni rapides ni constants et, dans l'ensemble, les abeilles s'y tiennent étrangement calmes.

Qu'y font-elles ? Tout dépend de leur position par rapport à l'ensemble. Les abeilles d'extérieur forment une sorte de manteau couvrant destiné à éviter à celles du centre les déperditions de chaleur. Ces couches d'abeilles superposées, tête vers l'intérieur de la grappe, ont un pouvoir isolant important, lié notamment aux poils thoraciques qui s'entremêlent lorsque les abeilles sont serrées thorax contre thorax [1]. Ce manteau a une structure plus ou moins lâche; il se resserre lorsque la température descend. Il protège un noyau central plus chaud, d'où émane un chuintement caractéristique. C'est qu'une partie des abeilles y frissonne doucement : par contractions isométriques² des muscles de vol, elles produisent de la chaleur. Pour ce faire, elles utilisent exactement le même mécanisme de thermogenèse que pour le chauffage du couvain : les contractions des muscles alaires antagonistes sont synchronisées de façon différente que lors du vol, avec pour effet d'annuler le mouvement et de produire une sorte de tétanie des muscles dorso-longitudinaux (Heinrich); l'énergie

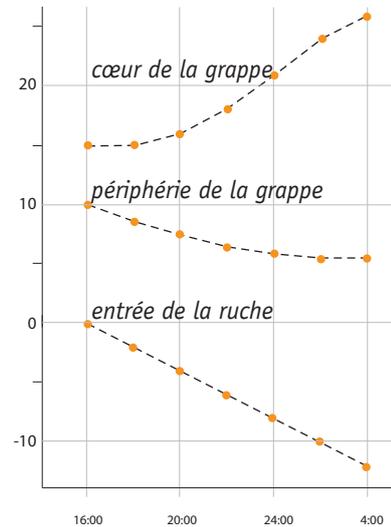


en est dissipée sous forme thermique. Ces contractions sont si fortes que les abeilles chauffeuses consomment autant d'oxygène, voire plus, que les butineuses en vol³. Aussi les abeilles ne peuvent-elles guère entretenir cette activité pendant plus de 30 minutes [4]. En moyenne, on trouve 15-16 % d'abeilles chauffeuses dans le cœur de la grappe [5]; lorsque l'une d'elles s'arrête, une sœur prend le relais si nécessaire.

Des images obtenues par thermographie infrarouge montrent très bien ce contraste entre un cœur de grappe chaud et son manteau protecteur froid [5]. Car en périphérie de la grappe, il fait vraiment frais, pas plus de 6°C parfois; l'abeille ne chauffe pas tout son logement ! Des recherches poussées sur les températures enregistrées en différents points de la masse montrent clairement que la production de chaleur est en outre adaptée à la température environnante : plus celle-ci baisse, plus l'intérieur de la grappe est chaud, les extrêmes allant de 12°C à 33,5°C [6], soit une variation de plus de 20°C ! Voilà qui contraste avec la régulation thermique d'une ruche pourvue de couvain : à hauteur de celui-ci, la température ne varie guère de plus de 3°C (de 33,8°C à 37°C [6]). La régulation thermique de la colonie n'a donc rien d'automatique ni d'uniforme : elle est adaptée aux conditions saisonnières et dépend étroitement de la présence ou non de couvain.

Mais pourquoi le cœur de notre grappe hivernale est-il sujet à de telles fluctuations ? C'est que le défi est tout autre que celui de la couvain. En hiver, il s'agit d'éviter, tout en dépensant le moins d'énergie possible, que la température corporelle des abeilles descende sous la valeur pour laquelle elles entrent en collapsus, ce qui les ferait tomber au fond de la ruche. Cette température est de 10°C; elle peut être maintenue pendant un temps limité par une abeille exposée à une température de 6°C, mais pas moins. Cette dernière valeur est donc celle sous laquelle l'enveloppe la plus externe de la grappe ne peut jamais descendre [6] et, dès qu'une telle situation menace, le cœur se doit de produire un surcroît de chaleur pour rétablir des conditions adéquates à la périphérie. Sur une nuit d'hiver, la température du centre

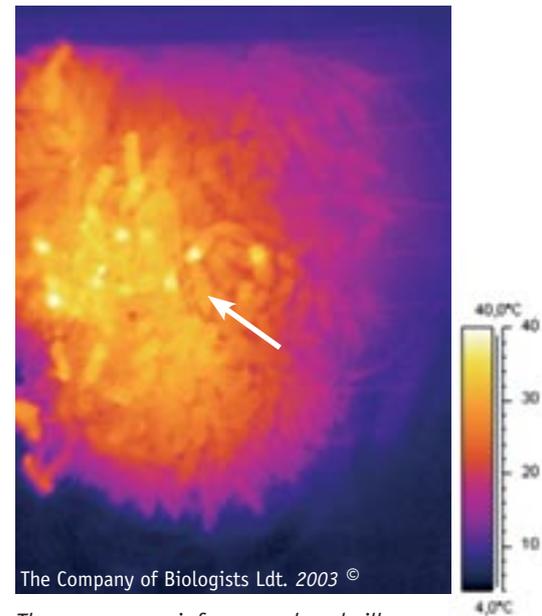
de la grappe peut ainsi augmenter de plus de 10°C [6] ! Ce n'est donc pas pour sa propre survie que l'abeille chauffeuse élève sa température, mais bien pour ses sœurs des couches extérieures; c'est à l'état de celles-ci qu'elle adapte son travail, un état dont elle pourrait être informée par les mouvements qu'effectuent certains individus entre l'intérieur et l'extérieur de la grappe.



[5] Graphique Farhenholz : Evolution des températures dans une ruche au cours d'une nuit d'hiver (entre 16 h et 4 h du matin, le lendemain). La température à l'entrée de la ruche a baissé constamment. La température des abeilles périphériques amorce une descente qui se stabilise rapidement aux environs de 6-7°C grâce au réchauffement substantiel du cœur de la grappe.

Les abeilles du manteau externe sont, elles, quasi-dormantes; leur métabolisme est fortement ralenti et elles ne produisent pas de chaleur. A 10°C en effet, le potentiel musculaire de l'abeille est presque totalement éteint; il s'accroît à partir de 12-13°C et jusqu'à 30°C [3]. Les abeilles chauffeuses, à l'intérieur de la grappe, ont donc besoin d'une ambiance générale plus chaude que celle du manteau pour effectuer leur travail; c'est pourquoi la température de l'ensemble ne peut être uniformément modérée. Elle restera cependant toujours aussi basse que possible, la grappe ajustant son métabolisme global au minimum nécessaire, ce qu'elle fait semble-t-il en contrôlant la quantité d'oxygène disponible pour la respiration.

Une recherche menée en Belgique il y a quelque temps déjà montre en effet que, en régulant sa ventilation, la grappe se maintient activement dans un certain état d'hypoxie, qui va de pair avec un taux de CO₂ plus élevé que la normale [2]; la quantité d'oxygène disponible limite la quantité de glucose consommé puisque le premier est le comburant du second. Que la grappe bouge parce qu'elle est dérangée, et l'oxygène s'y répand : la consommation s'accélère pour compenser la perte de chaleur. Ce phénomène se produit spontanément lorsque la grappe s'alimente, phénomène qui n'est pas continu mais se déroule de préférence aux heures les moins froides de la journée, voire moins souvent s'il fait vraiment froid [2]. Il se produit aussi en cas de dérangements accidentels : ceux-ci sont donc à éviter au maximum car, tout apiculteur le sait, ils se traduisent immédiatement en grammes de réserves !



Thermogramme infrarouge des abeilles du cadre central d'une grappe hivernale sans couvain. La température extérieure était de 3,7° au moment de la réalisation du thermogramme. Les points lumineux jaunes ou blancs sont les thorax d'abeilles chauffeuses. La flèche désigne la reine. On distingue bien le noyau chaud (orange) du manteau (violet). Dans l'angle inférieur gauche, des abeilles chaudes visitent la surface de la grappe.

Avec l'aimable autorisation de l'auteur Stabentheiner A. [5]

1. Voir par exemple le document réalisé à ce propos par Natagora : http://www.natagora.be/fileadmin/Natagora/presse2009/CP_pdf/090520_CP_Extraordinaire_migr_pap_WEB.pdf
 2. Est isométrique la contraction musculaire qui se fait sans mouvement, comme on peut le faire en gonflant le biceps, bras plié à angle droit.
 3. 1,16 µl/g/min. lors des contractions isométriques et 1,14 µl/g/min. lors du vol [3]



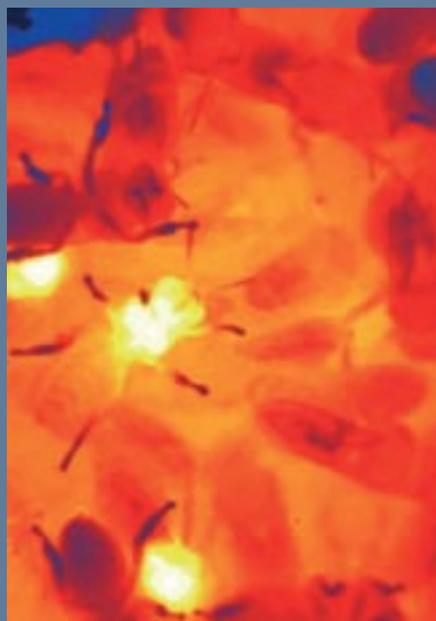
Un cœur chauffant à métabolisme élevé, associé à un manteau d'abeilles à métabolisme très bas, se resserrant avec le froid et jouant ainsi le rôle de couche isolante : voilà la grappe, système performant qui minimise la production de chaleur en l'ajustant en continu aux nécessités du moment, et cela avec deux avantages : éviter le gaspillage des précieuses réserves de miel d'une part, et d'autre part ménager autant que faire se peut la durée de vie des abeilles, dont la longévité diminue lorsque le métabolisme fonctionne à un niveau élevé.

Mais toutes les colonies d'abeilles n'entrent pas avec des chances égales dans cette course à la performance énergétique. La capacité de la grappe à produire de la chaleur et à la maintenir dépend fortement du nombre d'abeilles qui la constituent, au contraire de ce qui se passe dans l'essaïm, dont le métabolisme global est relativement indépendant de la masse [1]. Plus une grappe d'abeilles sera petite (moins de 400 g d'abeilles), plus les pertes thermiques seront élevées. Ce phénomène est exponentiel. Ceci rend ces petites unités quasiment inaptées à la survie [1]. Par ailleurs, le métabolisme global augmente avec le nombre d'individus. Cet accroissement est cependant moins rapide à basse température. La combinaison de ces deux paramètres fait qu'en-deçà d'environ 17 000 abeilles, une grappe va dépenser plus d'énergie pour se maintenir en vie à 2°C qu'à 15°C et que ce rapport s'inversera pour une masse d'abeilles plus élevée. En d'autres termes, un essaïm d'1,7 kg dépense moins d'énergie - et donc consomme moins - à 2°C qu'à 15°C. Il n'est pas sans intérêt de noter que ces expériences ont été faites en Allemagne, dans une région où la température moyenne de janvier est de 1,7°C et le poids moyen des grappes d'abeilles de 1,6 kg [1]. Vous avez dit adaptation ?

Ces recherches corroborent entièrement les observations antérieures, notamment celles de John B. Free qui, sur base d'observations faites sur 149 colonies, note que la quantité d'aliment consommé diminue avec la taille de la grappe, avec une limite du côté des 18 000 abeilles au-delà de laquelle le gain n'est plus sensible [7]. Le même Free observe aussi que c'est pour le même nombre d'abeilles que le taux de mortalité est le plus bas. Ce taux augmente dans les colonies plus petites, logiquement puisque le métabolisme de

celles-ci est plus élevé; il augmente aussi dans les colonies plus grandes, probablement parce que c'est dans celles-ci que la proportion de vieilles abeilles est la plus importante, les ruches élevant proportionnellement moins de couvain au printemps lorsqu'elles sont très populeuses. Le même auteur, étudiant le métabolisme respiratoire de la grappe, note que c'est vers 10°C que celui-ci est minimal alors que celui de l'abeille isolée s'accroît dès que la température baisse sous les 35°C [8]. Enfin, si l'individu abeille réagit bien comme un animal à sang froid, il en va autrement de la colonie dans son ensemble : le rapport entre masse corporelle et conductance thermique est étrangement semblable dans une grappe d'abeilles et chez les mammifères; il diffère totalement chez les lézards par exemple [1]. Thermiquement, la ruche se comporte donc comme un animal à sang chaud, une confirmation de plus que l'abeille est vraiment, comme le dit J. Tautz, un « mammifère à plusieurs corps ».

La colonie d'abeilles est donc bien armée pour lutter contre le froid et n'a guère besoin d'une isolation poussée de la ruche. Il lui faut en revanche du fuel en suffisance pour alimenter la chaudière que constituent les abeilles chauffeuses. Sans nourriture en suffisance, l'ensemble décompense rapidement et, en quelques heures, toute la colonie entre en collapsus : c'est la mort assurée. Le second besoin est le calme : dérangée par le vent, une colonie disparaît rapidement car elle n'arrive pas à maintenir l'équilibre du système que constitue la grappe. Enfin, il lui faut être correctement ventilée : la consommation de ses réserves d'hiver suppose des échanges gazeux représentant quelque 10 m³ d'O₂, autant de CO₂, et la production d'un seau d'eau à peu près... Songeons à tout cela en les installant pour l'hiver !



Sources

[1] Southwick E., 1985 : Allometric relations, metabolism and heat conductance in clusters of honey bees at cool temperatures, *J. comp. physiol B* 156, p. 143 - 149

[2] Van Nerum K. and Buelens H., 1997 : Hypoxia-controlled Winter Metabolism in honeybees (*Apis mellifera*), *Comp. Biochem. Physiol.* 117 A n°4, p. 445 - 455

[3] Heinrich B., 1993 : The hot-blood insects, Springer-Verlag, p. 292 - 322

[4] Tautz J., 2009 : L'étonnante abeille, De Boeck éd.

[5] Stabentheiner A., Pressl H., Papst T., Hrasnig N. and Crailsheim K., 2003 : Endothermic heat production in honeybee winter cluster, *The journal of experimental biology* 206, p. 353 - 358

[6] Fahrenholz L., Lamprecht I. and Schrickler B., 1989 : Thermal investigation of a honeybee colony : thermoregulation of the hive during summer and winter and heat production of members of the different bee castes, *J. comp. physiol. B* 159, p. 551 - 560

[7] Free J.B. and Racey P.A., 1968 : The effect of the size of honeybee colonies on food consumption, brood rearing and the longevity of the bees during winter, *Ent. Exp. & appl.* 11, p. 241 - 249

[8] Free J.B. and Simpson J., 1963 : Respiratory metabolism of honey-bee colonies at low temperatures, *Ent. Exp. & appl.* 6, p. 234 - 238

Abeilles chauffeuses

Sur cette photo infrarouge, il apparaît clairement que c'est au niveau du thorax que l'abeille produit la chaleur.

Photo J. Tautz [4] avec l'aimable autorisation de l'auteur