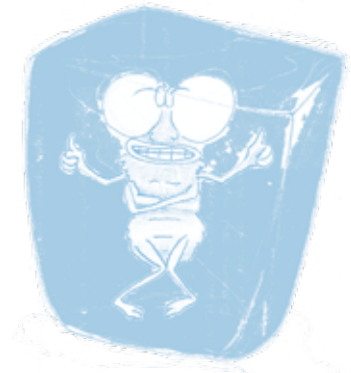
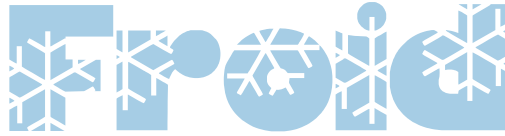




LES STRATÉGIES DE RÉSISTANCE AU

par France Bourgoïn



Durant l'hiver, plusieurs d'entre nous bravent le froid et pratiquent des activités extérieures alors que d'autres demeurent dans leur maison jusqu'au retour des beaux jours. Chez les insectes, c'est un peu la même chose. Certains s'exposent au froid sans s'abriter et demeurent parfois actifs sur la neige, alors que d'autres trouvent refuge dans le sol, dans la litière de feuilles, dans les végétaux. Longtemps, on a cru que la stratégie de résistance au froid chez les insectes se résumaient à deux alternatives : tolérance et intolérance au gel. Or, les insectes ont développé plusieurs adaptations complexes qu'ils utilisent en simultanée. Pour faire face aux variations de climat entre les années et au cours de l'année, ils doivent choisir la stratégie la plus efficace pour leur permettre de survivre.

La migration des individus vers des contrées exemptes de températures froides est rarement observée. Seules quelques espèces de papillons le feraient, dont le champion en titre : le monarque. Il semblerait également qu'une espèce de puceron migrerait en essaim.

Le déplacement vers un abri hivernal est plutôt commun et serait aussi important que les adaptations physiologiques. En choisissant un site protégé, souvent recouvert de neige durant l'hiver, l'insecte gagne une certaine isolation et se protège de l'exposition à de grandes variations thermiques ou à des températures sous 0 °C. Par exemple, le cocon peut être utilisé comme stratégie de survie en empêchant le contact direct avec la glace. Chez les chironomides de l'Arctique ou de milieux tempérés, le cocon produit en hiver serait même différent de celui fabriqué en été et les protégerait contre les dommages mécaniques dus à l'expansion de l'eau. Aussi, bien que la plupart des espèces demeurent inactives au cours de l'hiver, la construction d'un abri permet à plusieurs groupes d'insectes de rester actifs durant toute la saison froide. C'est le cas de *Forficula auricularia* (Dermaptera).

Si les insectes ne peuvent éviter une exposition à des températures sous 0 °C, deux problèmes se posent : la formation de cristaux de glace intracellulaires et la perte d'eau. La formation de cristaux de glace dans la cellule est létale pour la plupart des organismes. Une perte d'eau entraîne éventuellement la déshydratation

de la cellule et la mort de l'organisme s'ensuit. Le succès des stratégies de résistance au froid dépend donc de mécanismes qui contrôlent le comportement de l'eau des fluides corporels à basse température.

Pour éviter la formation de cristaux de glace intracellulaires, les insectes intolérants au gel utilisent des mécanismes qui permettent d'abaisser le point de surfusion (point où la congélation des fluides s'effectue spontanément). La congélation des fluides corporels est probablement causée par une substance (un agent de nucléation) à laquelle s'agglutinent des molécules d'eau. De plus, l'inoculation de glace rend aussi la cristallisation plus rapide. Par conséquent, pour survivre aux températures sous 0 °C, il faut éliminer ou masquer les agents de nucléation.

La production de protéines à hystérésis thermique permet de diminuer l'action des agents de nucléation. Ces protéines, observées entre autres chez *Tenebrio molitor* (Coleoptera), préviennent la croissance de cristaux de glace en se collant à la surface de ceux-ci pour éviter aux molécules d'eau de se joindre aux cristaux. Il semblerait également qu'elles jouent un rôle dans la protection contre le contact direct avec la glace extérieure. D'autres substances à faible poids moléculaire exerceraient une action semblable, notamment les cryoprotectants synthétisés par de nombreuses espèces tolérantes et intolérantes au gel. Les cryoprotectants, comprenant les alcools polyhydriques (glycérol, sorbitol, mannitol, etc.) et les sucres (tréhalose, sucrose, fructose et glucose), aident aussi à maintenir une concentration de substances solubles dans les fluides corporels et à l'intérieur des cellules pour réduire le gradient osmotique à travers la membrane. Ils seraient également très efficaces pour permettre aux cellules de survivre à une déshydratation excessive chez les insectes tolérants au gel. On rencontre souvent plus d'un type de cryoprotectant chez une même espèce d'insecte afin de réduire les risques de toxicité associée à l'accumulation de ceux-ci.





Pour éviter la congélation des cellules, les insectes tolérants au gel permettent la formation de cristaux de glace à l'extérieur de celles-ci. Ces cristaux empêchent une déshydratation rapide des cellules, diminuent le risque de dommages causés par un choc osmotique et permettraient aussi une meilleure conservation des réserves d'énergie. Les insectes tolérants au gel brûlent donc moins d'énergie que ceux qui « surfusionnent ». La formation de cristaux est induite par des protéines de l'hémolymphe, par des lipoprotéines ou par l'inoculation de glace. Il existe aussi des bactéries, telles *Pseudomonas syringae* et *Erwinia herbicola*, qui induisent la formation de cristaux dans l'estomac de l'insecte. C'est le cas de la coccinelle *Hippodamia convergens*.

Avec la formation de cristaux de glace, la cellule est sensible aux dommages occasionnés par la déshydratation. Or, des études montrent qu'une partie des molécules d'eau deviendrait des molécules incapables de geler et se lierait aux macromolécules ou autres composants cellulaires pour maintenir leur structure et, par le fait même, celle de la membrane. Chez certaines espèces, cette déshydratation contrôlée serait un mécanisme pour survivre au froid. Par exemple, chez le coléoptère *Eleodes blanchardi*, 25 % de l'eau serait transformée en eau osmotiquement inactive.

Le point de surfusion et la température à laquelle l'insecte atteint une déshydratation mortelle ne doivent pas être considérés comme les seuils létaux de l'espèce. La résistance au froid dépend aussi de plusieurs facteurs extrinsèques et intrinsèques qui amènent parfois une espèce à être soit tolérante, soit intolérante et à l'être à divers degrés. Parmi ces facteurs, notons la diapause, le stade de développement, la taille des individus, le potentiel génétique, la saison, la durée de l'exposition au froid, l'histoire thermique et les conditions climatiques du lieu où l'insecte passe l'hiver.

Pour ne citer que quelques exemples, l'efficacité des mécanismes, comme l'accumulation de cryoprotectants, est parfois meilleure à un stade de développement donné (*Ostrinia nubilalis*, Lepidoptera, au cinquième stade) ou lorsque les individus sont plus âgés pour un stade donné. Aussi, on observe chez *T. molitor* un point de surfusion plus bas chez les larves de plus petite taille.

L'histoire thermique est probablement l'un des facteurs les plus importants pour induire les mécanismes de résistance au froid, mais aussi pour déterminer quelle stratégie sera utilisée. Dans de nombreux cas, si les insectes sont exposés préalablement à des températures autour de 0 °C, ils deviennent souvent tolérants au gel

à des températures extrêmement basses. À l'inverse, s'il y a une courte exposition à des températures au-dessus de 0 °C, cela peut diminuer la capacité de « surfusionner » (coccinelle *Coleomegilla maculata*). Enfin, dans certains cas, on observe une alternance de tolérance et d'intolérance au cours d'une même saison. Chez le coléoptère *Hydromedion sparsutum*, quelques individus deviendront intolérants au gel après y avoir été tolérants et avoir subi un dégel. Par contre, chez un autre coléoptère, *Pytho deplanatus*, les individus deviendront tolérants au gel après avoir été intolérants à une température extrême. On sait que chez certaines espèces de papillons de nuit, la quantité de cryoprotectants peut s'ajuster au cours de l'hiver, d'où le caractère dynamique des stratégies de survie.

Alors que toutes les adaptations énumérées ci-dessus visaient à tolérer une diminution de la température du corps, certaines espèces survivent au froid en élevant leur température. Après une exposition au soleil, la température de certains mécoptères est plus élevée que celle de l'air et celle à la surface de la neige. Quant aux espèces de papillons de nuit demeurant actives durant l'hiver, l'augmentation de leur température est obtenue par le tremblement des ailes.

Le présent article n'a fait qu'effleurer les diverses adaptations comportementales et physiologiques des insectes au froid. La migration, le choix d'un micro-habitat, les protéines, les cryoprotectants, la formation de cristaux de glace, la transformation de l'eau et la production de chaleur leur permettent en effet de résister aux températures froides, et parfois extrêmes. Toutefois, chez une même espèce, cette capacité varie selon les conditions environnementales et divers facteurs intrinsèques. Mais quelles répercussions aura le réchauffement climatique sur la survie des insectes, surtout dans l'Arctique canadien qui semble se réchauffer plus rapidement que les autres régions? Parions que les évolutionnistes s'intéresseront aux communautés d'insectes pour tester leur théorie!

.....
 France Bourgouin détient un bac et une maîtrise en biologie de l'UQAM. Elle est actuellement assistante à la direction à la pépinière Indigo et agit, entre autres, à titre de conseillère pour l'utilisation de plantes indigènes dans plusieurs études cherchant à attirer les insectes bénéfiques.