

LA QUATRIÈME SAISON DES INSECTES



KÉVIN TOUGERON, kevin.tougeron@umontreal.ca
Programme de doctorat en sciences biologiques

Chaque année, dès l'évanouissement de l'été, les insectes semblent se volatiliser. Les parcs, jusque-là remplis de papillons multicolores, se vident. À notre plus grand soulagement, les moustiques quittent aussi le voisinage. Toutefois, ces insectes n'ont pas disparu comme par enchantement et, pour la plupart, ils demeurent présents, prêts à vivre la saison froide. Un des aspects méconnus de leur biologie est la façon dont ils régulent leurs cycles de vie au fil des saisons. En particulier, les moyens qu'ils ont développés pour passer l'hiver sont captivants, et presque uniques dans le règne animal. Les insectes ne sont finalement pas aussi loin qu'on le croit, même en pleine tempête de neige.



Qui n'a pas, enfant, capturé un insecte dans un bocal en vue de l'observer minutieusement? Sous bien des aspects, ces petites bêtes constituent des organismes fascinants. Elles revêtent des formes et des couleurs multiples; certaines peuvent voler, d'autres non; certaines vivent la nuit, d'autres le jour. En raison de cette diversité, leur mode de vie a depuis très longtemps éveillé la curiosité des naturalistes, des chercheurs et de tous les passionnés de la nature.

Les insectes sont capables de survivre à des conditions considérées comme extrêmes pour l'humain¹. Formant le groupe animal le plus diversifié sur Terre, ils ont colonisé tous les milieux terrestres de notre planète². On retrouve en effet des espèces aussi bien dans les régions polaires qu'au fond des déserts les plus chauds. Dans les régions tempérées, les insectes doivent faire face à des variations saisonnières de température très importantes au cours de l'année. Au Canada, l'amplitude thermique peut avoisiner les 50 °C entre l'été et l'hiver. Comme la majorité des espèces animales, ce sont des ectothermes, ou animaux à « sang froid », c'est-à-dire que la température de leur corps est directement liée à celle du milieu extérieur, contrairement aux mammifères ou aux oiseaux, qui produisent leur propre chaleur (ce sont des endothermes). De ce fait, les insectes dépendent fortement de la température de leur milieu de vie pour assurer toutes leurs fonctions biologiques vitales comme l'alimentation, la reproduction, les déplacements et la croissance. Ces contraintes physiologiques liées

aux températures les forcent à rester actifs durant certaines périodes de l'année et à devenir inactifs durant d'autres.

Le cycle de vie des insectes

Au cours de leur vie, les insectes passent par différents stades de développement. Habituellement, un embryon se développe au sein d'un œuf pondu par la femelle. Puis, cet embryon grandit et l'œuf éclot pour laisser sortir la larve. La croissance de celle-ci se poursuit jusqu'à ce qu'elle devienne une nymphe qui se change, après une mue particulière, en un adulte capable de se reproduire. Les températures dans lesquelles les insectes vivent pendant leur développement déterminent la vitesse à laquelle ils effectuent ce cycle de vie. Ainsi, dans un contexte de basses températures, les individus deviennent plus gros et grands, car ils s'y développent moins rapidement et ont donc plus de temps pour grandir avant de devenir adultes³. Si les températures descendent trop bas, cependant, le développement peut s'arrêter complètement et ne reprendre qu'au retour de conditions plus favorables.

L'hiver

En réalité, trois solutions s'offrent aux insectes pour survivre à l'hiver. Ils peuvent soit migrer, soit tolérer le froid, soit l'éviter⁴. La première stratégie est peu répandue, car les insectes ne peuvent se déplacer sur d'aussi grandes distances que les oiseaux, par exemple – à quelques exceptions près, comme le papillon monarque, qui migre chaque année de la région

CEPENDANT, LA GRANDE MAJORITÉ DES INSECTES DE MILIEUX TEMPÉRÉS SONT DE VRAIS HIBERNANTS, AU MÊME TITRE QUE LE HÉRISSON ET LA MARMOTTE.

des Grands Lacs au Canada jusqu'au sud du Mexique. Concernant la deuxième stratégie, certains insectes sont dits résistants au froid et tolèrent physiologiquement d'être congelés. Encore une fois, cette stratégie est peu répandue, sauf en de rares exceptions. C'est donc la dernière stratégie qui est la plus prisée par nos amis à six pattes : éviter le froid, ou plus précisément éviter d'être actifs quand le froid arrive.

Dès 1740, René-Antoine de Réaumur, un naturaliste français, consacre un chapitre entier de ses mémoires à la manière dont les abeilles passent l'hiver. Il décrit ce phénomène en ces mots :

Le froid qui arrête la végétation des plantes, qui fait perdre à nos prairies et à nos champs leurs fleurs, met les abeilles dans un état où la nourriture cesse de leur être nécessaire; il les tient dans une espèce d'engourdissement pendant lequel il ne se fait chez elles aucune activité. Au retour du printemps, c'est un surprenant miracle que les insectes dont le sang est gelé retournent à la vie, c'est une vraie résurrection [...] et quand le dégel revient, les mouches à miel sortent de leur espèce de léthargie⁵.

Monsieur de Réaumur fait en réalité ici, sans la nommer explicitement, la première mention de l'hibernation chez les insectes.

L'hibernation, ou la diapause

L'hibernation est un état d'endormissement très profond, entraînant une hypothermie et une baisse importante de la consommation d'énergie par le corps, et permettant aux animaux de passer l'hiver. Souvent, elle s'accompagne de l'accumulation préalable de sucres et de graisses, de la production de composés antigels (comme le glycérol) et de certaines protéines qui évitent aux cellules et aux tissus vivants de geler, ce qui serait fatal à l'organisme⁶. Certains mammifères, comme les ours ou les rats laveurs, n'hibernent pas vraiment; ils tombent dans une sorte de torpeur légère au-dessous d'un certain seuil de température et peuvent se réveiller en plein hiver en cas de redoux. Le même phénomène existe chez les insectes, appelé alors la « quiescence ». Par exemple, le bourdon *Bombus terrestris* peut butiner en hiver sur

les fleurs de houx ou sur les plantes ornementales, du moment que le soleil est assez présent pour permettre son activité⁷.

Cependant, la grande majorité des insectes de milieux tempérés sont de vrais hibernants, au même titre que le hérisson et la marmotte. On parlera généralement de « diapause » pour définir cette phase de léthargie hivernale chez les insectes. Une fois qu'ils sont endormis, impossible de les réveiller avant longtemps! Dans la plupart des cas, la diapause s'amorce dès la fin de l'été, lorsque

la **photopériode*** commence à baisser, ce qui annonce à l'insecte que l'hiver approche et qu'il doit s'y préparer.

En entrant en diapause, l'insecte synchronise son cycle de vie avec son environnement; il ne recommencera à se développer que lorsque ses ressources (plantes hôtes ou proies) redeviendront disponibles et que les températures lui seront de nouveau favorables. Ce sont souvent les œufs, les larves ou les nymphes qui passent la mauvaise saison, immobiles en diapause, en vivant sur les ressources qu'elles ont accumulées. Plus rarement, chez certaines espèces, les adultes entrent en diapause; par exemple, les coccinelles se regroupent en agrégats dans des refuges, parfois près des maisons, d'où elles ne bougeront plus pendant toute la mauvaise saison.

Pour sortir de diapause, les insectes comptent sur leur horloge interne – qui mesure le temps écoulé depuis le début de l'hiver en « comptant » la quantité de froid cumulée depuis leur entrée en diapause – afin de ne pas sortir d'hibernation en plein milieu de l'hiver⁸. Parfois, la diapause n'est pas levée dès le printemps et se prolonge sur plusieurs années (de deux à cinq ans), comme pour le balanin des châtaignes (*Curculio elephas*; voir la figure 1). A priori, cette prolongation semble ne comporter que des désavantages, car plus la larve reste longtemps en diapause, plus elle dépense d'énergie et plus elle s'expose à des maladies ou à des prédateurs. En réalité, l'avantage se situe à l'échelle de la population tout entière : répartir les émergences sur une longue période permet de se prémunir contre les catastrophes liées à certaines années (sécheresse, manque de châtaignes, prédateurs surabondants, etc.) qui pourraient entraîner la mort simultanée de tous les individus⁹.

*** PHOTOPÉRIODE**
Rapport entre la durée de jour
et de nuit, sur 24 heures.



LES ACTIVITÉS HUMAINES PROVOQUENT DES DÉRÈGLEMENTS CLIMATIQUES À L'ÉCHELLE PLANÉTAIRE. D'ICI LA FIN DU SIÈCLE, LES ESTIMATIONS LES PLUS OPTIMISTES PRÉVOIENT UNE AUGMENTATION DES TEMPÉRATURES MOYENNES DE PRÈS DE 2 °C.



FIGURE 1

Larve de balanin des châtaignes

Source : C. Baral. Repéré à <http://demons-et-merveilles.fr>

Un comportement salvateur

Pour augmenter leurs chances de survie pendant l'hiver, certains insectes ont développé des capacités surprenantes. Les larves du parasite *Aphidius nigripes* manipulent le puceron de la pomme de terre, qui leur sert d'hôte, pour influencer son comportement de sorte que celui-ci se déplace vers des sites à l'abri du froid, comme sous les feuilles. Ainsi, quand viendra le temps d'affronter la rigueur de l'hiver et d'entrer en diapause, le parasite verra ses chances de survie maximisées¹⁰. Autre exemple, les larves de coléoptères comme les hannetons sont capables de s'enfouir dans le sol, ce qui leur évite de geler. En fait, s'enterrer dans le sol de seulement dix centimètres permet aux insectes de vivre dans des températures équivalant à ce que donnerait une migration de cent kilomètres vers le sud¹¹. Enfin, la microguêpe parasite *Anaphes victus* s'assure de pondre ses œufs à des endroits qui seront situés sous le couvert neigeux en hiver, ce qui les protégera des vagues de froid et du vent glacial¹².

Les effets des changements climatiques

Les activités humaines provoquent des dérèglements climatiques à l'échelle planétaire. D'ici la fin du siècle, les estimations

les plus optimistes prévoient une augmentation des températures moyennes de près de 2 °C¹³. Un article publié récemment dans la revue *Dire* traite en détail de la forte influence négative que pourrait avoir le réchauffement climatique sur les insectes¹⁴. Toutefois, quelles en seront les implications sur leur hibernation ? Si les températures se réchauffent, pourraient-ils tout simplement ne plus entrer en diapause et rester actifs pendant l'hiver ? La réponse est, comme souvent avec la nature, plus complexe que cela.

L'insecte, par l'entremise de la sélection naturelle, soupèse le pour et le contre de chaque stratégie : rester en diapause tout l'hiver et être sûr de résister au froid, au risque de dépenser son énergie et son temps à hiberner « pour rien », ou au contraire rester actif pendant l'hiver pour se reproduire et exploiter l'environnement, au risque de mourir durant une vague de froid soudaine. En effet, rien ne garantit à l'insecte que les températures demeureront douces tout l'hiver, alors entrer en diapause peut être une solution plus sécuritaire. De plus, un hiver avec des températures plus élevées ne rend pas nécessairement les ressources disponibles pour l'insecte. Les changements climatiques pourraient ainsi faire pencher la balance d'un côté plutôt que de l'autre et déstabiliser les écosystèmes en permettant à des espèces d'être actives à une période de l'année où elles ne l'étaient pas auparavant. Des changements pourraient apparaître dans la **phénologie*** des espèces, de même que des modifications dans les périodes d'activité, une perte progressive de la diapause ou une diminution de sa durée. Voir des papillons voler dans nos jardins jusqu'à la mi-novembre, dans les années à venir, pourrait devenir chose courante. Des preuves montrent déjà que les changements climatiques modifient les stratégies d'hibernation chez

* PHÉNOLOGIE

Succession saisonnière des événements de vie (éclosion, reproduction, etc.).

les insectes. Par exemple, en moins de trente ans, les moustiques *Wyeomyia smithii* d'Amérique du Nord ont retardé leur date d'entrée en diapause de plusieurs semaines¹⁵.

Pour terminer, si les changements climatiques sont rapides, l'évolution et l'adaptation des insectes aux nouveaux climats sont, quant à elles, des processus souvent longs à s'installer, car elles se produisent sur de nombreuses générations. Les insectes pourraient ne pas être en mesure de répondre efficacement à ces changements ou, en tout cas, pas assez vite. Comme chez d'autres espèces animales, le réchauffement des températures pourrait avoir chez eux de fortes répercussions négatives, d'autant plus que ce réchauffement favorise également les phénomènes d'invasions biologiques, l'apparition de nouvelles maladies, la propagation de maladies infectieuses (dengue, fièvre

Zika, maladie de Lyme, etc.)¹⁶ ou encore l'augmentation de l'abondance des ravageurs de culture. Par exemple, les pucerons qui détruisent les cultures de céréales en Europe de l'Ouest ont prolongé leur période d'activité de plusieurs semaines au cours des dernières décennies grâce au réchauffement climatique et demeurent même dorénavant actifs tout l'hiver dans certaines régions, ce qui a considérablement accru les dommages causés aux récoltes¹⁷. Des études sur le long terme nous permettront de mieux connaître les effets des changements climatiques sur les stratégies d'hibernation des insectes et sur la biodiversité et les écosystèmes en général. ©

RÉFÉRENCES

- ¹ Usher, M. B. et Edwards, M. (1984). A dipteran from south of the Antarctic circle: *Belgica antarctica* (Chironomidae) with a description of its larva. *Biological Journal of the Linnean Society*, 23(1), 19-31.
- ² Sabrosky, C. W. (1953). How many insects are there? *Systematic Zoology*, 2(1), 31-36.
- ³ Atkinson, D. (1994). Temperature and organism size—A biological law for ectotherms? *Advances in Ecological Research*, 25, 1-58.
- ⁴ Bale, J. S. (1996). Insect cold hardiness: A matter of life and death. *European Journal of Entomology*, 93, 369-382.
- ⁵ Réaumur, R.-A. F. de. (1740). *Mémoire pour servir à l'histoire des insectes* (1^{re} éd., vol. 4). Paris, France : De l'Imprimerie Royale, p. 667.
- ⁶ Feder, M. E. et Hofmann G. E. (1999). Heat-shock proteins, molecular chaperones, and the stress response: Evolutionary and ecological physiology. *Annual Review of Physiology*, 61, 243-282.
- ⁷ Ferron, P., Missonnier, J. et Mauchamps, B. (dir.). (1990). *Régulation des cycles saisonniers chez les invertébrés. Les Colloques de l'INRA*, 52. Dourdan, France : INRA publications.
- ⁸ Tauber, M. J., Tauber, C. A. et Masaki, S. (1986). *Seasonal Adaptations of Insects* (1^{re} éd., vol. 1). New York, N. Y. : Oxford University Press.
- ⁹ Menu, F. et Desouhant, E. (2002). Bet-hedging for variability in life cycle duration: Bigger and later-emerging chestnut weevils have increased probability of a prolonged diapause. *Oecologia*, 132, 167-174.
- ¹⁰ Brodeur, J. et McNeil, J. N. (1989). Seasonal microhabitat selection by an endoparasitoid through adaptive modification of host behaviour. *Science*, 244, 226-228.
- ¹¹ Hoshikawa, K., Tsutsui, H., Honma, K. et Sakagami, S. F. (1988). Cold resistance in four species of beetles overwintering in the soil, with notes on the overwintering strategies of some soil insects. *Applied Entomology and Zoology*, 23(3), 273-281.
- ¹² Hance, T., van Baaren, J., Vernon, P. et Boivin, G. (2007). Impact of extreme temperatures on parasitoids in a climate change perspective. *Annual Review of Entomology*, 52, 107-126.
- ¹³ Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., ... Midgley, P. M. (dir.). (2013). *Climate Change 2013. The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, Royaume-Uni : Cambridge University Press.
- ¹⁴ Augustin, J. (2015). L'assourdissant été : les insectes et le changement climatique. *Dire*, 24(3), 8-13.
- ¹⁵ Bradshaw, W. E. et Holzapfel, C. M. (2001). Genetic shift in photoperiodic response correlated with global warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98, 14509-14511.
- ¹⁶ Tougeron, K. (2016). La biodiversité sur ordonnance? *Dire*, 25(1), 14-17.
- ¹⁷ Bell, J. R., Alderson, L., Izera, D., Kruger, T., Parker, S., Pickup, J., ... Harrington, R. (2015). Long-term phenological trends, species accumulation rates, aphid traits and climate: Five decades of change in migrating aphids. *Journal of Animal Ecology*, 84, 21-34.