

Sous la



loupe

L'origine de la métamorphose chez les insectes

par Geneviève Labrie

La métamorphose chez les insectes est une adaptation biologique fascinante, elle leur a permis d'obtenir un très grand succès écologique. Les nombreux caractères morphologiques, physiologiques et comportementaux qui distinguent la forme larvaire et l'adulte permettent aux différents stades d'exploiter divers habitats et ressources, réduisant ainsi la compétition et la mortalité. La métamorphose n'a toutefois pas été présente chez les insectes avant une certaine époque et plusieurs fossiles montrent une absence de métamorphose ou une métamorphose partielle. Comment la métamorphose a-t-elle pu évoluer à partir d'insectes qui n'en présentaient pas? Beaucoup d'incertitudes subsistent sur la manière dont la métamorphose est apparue. Différentes hypothèses basées sur l'endocrinologie et la morphologie, certaines datant de près de 100 ans, ont été proposées pour expliquer l'évolution de la métamorphose.

La métamorphose est une des stratégies d'histoire de vie la plus utilisée chez les animaux. Chez les amphibiens et plusieurs invertébrés marins, la métamorphose est une condition ancestrale et ses origines sont trop anciennes pour permettre d'émettre des hypothèses sur son évolution. Chez les insectes d'aujourd'hui, par contre, les formes les plus vieilles présentent encore un développement direct (chez les Amétaboles) et l'évolution de la métamorphose à partir de ces groupes aurait généré une immense radiation évolutive.

La métamorphose : récapitulatif

Il existe trois types de métamorphose chez les insectes. Les insectes sans métamorphose, les Amétaboles, comme les poissons d'argent (Thysanoures, que vous trouvez dans votre salle de bain), ressemblent grandement aux insectes ancestraux. Les stades juvéniles sont fortement semblables à l'adulte, en plus petits et sans organes reproducteurs, ceux-ci apparaissant quand le juvénile atteint une certaine taille. Les insectes à métamorphose incomplète, les Hémimétaboles,

forment un ensemble polyphylétique (taxon avec plusieurs ancêtres communs), qui inclue les blattes (nos fameuses coquerelles), les sauterelles, les grillons, les libellules (Odonates) et les punaises (Hémiptères). Les stades immatures, appelés nymphes, n'ont pas d'organes reproducteurs; ils portent des bourgeons alaires durant les derniers stades nymphaux, qui se transformeront en ailes fonctionnelles durant la dernière mue vers le stade adulte. Les insectes à métamorphose complète, les Holométaboles, ont été retrouvés dans les fossiles du Permien (-286 à -246 millions d'années) et constituent un groupe monophylétique, c'est-à-dire un groupe qui contient les ancêtres et tous les descendants. Ce groupe comprend les Coléoptères, les mouches, les papillons, les abeilles et les fourmis. Ils ont des stades larvaires, un stade de puppe et l'adulte qui sont très différents, ce qui leur permet de séparer les ressources nécessaires pour la croissance de celles pour la reproduction. Leurs cycles de vie sont aussi très rapides. On n'a qu'à penser aux moustiques qui profitent très rapidement de la moindre chaleur au début de l'été pour venir sucer notre sang!

Les vieilles hypothèses

Mais comment le cycle en trois parties que nous connaissons bien chez nos mouches, Coléoptères, papillons et fourmis a pu évoluer à partir de la nymphe et de l'adulte des insectes plus archaïques? La première hypothèse sur l'évolution de la métamorphose chez les insectes a été émise par M. Berlese en 1913, celui qui nous a légué ce fameux entonnoir pour ramasser les insectes dans la litière du sol. Il avait noté des similitudes entre les différentes formes larvaires et les transitions morphologiques observées durant le développement embryonnaire (avant l'éclosion de l'œuf). Il avait proposé que la larve serait apparue à la suite d'un phénomène de « dé-embryonisation », de telle sorte que la larve serait un embryon se nourrissant librement. La larve prenant plus de responsabilité au niveau de la nutrition, la nymphe aurait été réduite au stade de puppe. Une hypothèse alternative avait proposé que la nymphe des Hémiméta-

boles et la larve des Holométaboles étaient équivalents, et que le stade pupal serait arrivé de façon naturelle à mesure que la disparité entre la larve et l'adulte grandissait. Cette dernière hypothèse a été la plus acceptée jusqu'à tout récemment. Des expériences récentes en endocrinologie suggèrent toutefois que l'hypothèse de Berlese serait la plus probable.

Les nouveautés : parlons d'hormones

Un stade est peu connu chez les insectes Amétaboles et Hémimétaboles, c'est le stade pronymph. Ce début de nymphe se trouve à l'intérieur de l'œuf mais présente des caractéristiques physiques différentes de la nymphe du fait du peu d'espace disponible pour le développement. Par exemple, les pattes et appendices de la pronymph sont plus courts, elle ne possède pas de sclérites qui caractérisent habituellement la cuticule des nymphes et des adultes et les bourgeons alaires ne sont pas présents. De plus, ce stade ne se nourrit pas et les hormones sont différentes. Ce stade pronymph persiste de trois à quatre jours après l'éclosion chez les insectes Amétaboles et quelques minutes à quelques heures chez les Hémimétaboles. Une hypothèse récente par Truman et Riddiford (1999) propose que la pronymph des Hémimétaboles serait à l'origine de la larve des Holométaboles, ce qui rejoindrait l'hypothèse de M. Berlese, élaborée il y a presque 100 ans.

L'appui à cette hypothèse se situe principalement au niveau de l'endocrinologie des insectes. Deux familles d'hormones, les ecdystéroïdes et les hormones juvéniles (JH) contrôlent la mue et la métamorphose des insectes après leur éclosion. Les ecdystéroïdes induisent la production d'une nouvelle cuticule durant la mue, tandis que les hormones juvéniles régulent le caractère de la mue. Pour les nymphes Hémimétaboles aussi bien que pour les larves Holométaboles, la JH induit une mue où le prochain individu est encore de la même forme, mais en plus gros. La diminution de la JH amène la transformation directe à l'adulte chez les Hémimétaboles, l'individu acquiert alors des ailes et des organes reproducteurs. Chez les Holométaboles par contre, cette disparition de la JH induit le stade de pupe. Les études récentes ont montré que la JH est absente chez la pronymph des sauterelles ou des blattes, ce qui n'est pas le cas chez les embryons de chenilles. L'apparition précoce de cette hormone dans l'œuf donnerait naissance à une pronymph qui émergerait de l'œuf plutôt que de s'y développer. La larve des Holométaboles serait

donc cette pronymph, avec la présence d'hormone juvénile en grande quantité.

D'autres caractéristiques morphologiques viennent supporter cette hypothèse. En effet, la pronymph ne possède pas de bourgeons alaires, tout comme la larve des Holométaboles. De plus, les pattes des larves sont développées à un stade intermédiaire entre celles de l'adulte, ce qui est similaire au développement des appendices observés chez la pronymph des Hémimétaboles.

Ajoutons l'écologie à la recette

Cette évolution de la métamorphose s'explique aussi par l'écologie des insectes. Les femelles des ancêtres Holométaboles auraient déposé leurs œufs dans des endroits protégés, comme dans le sol ou sous l'écorce, les rendant ainsi moins vulnérables à la prédation. Ce comportement aurait sélectionné des larves avec des adaptations leur permettant de sortir efficacement de ces endroits plus confinés. Cette larve aurait pu manger dans ces nouveaux habitats, lui permettant d'exploiter des ressources non disponibles à la nymphe ou à l'adulte. Si ces ressources étaient abondantes, il y aurait eu des avantages sélectifs à maintenir cette forme durant plusieurs stades. Au départ, cette croissance post-embryonnaire aurait été séparée entre la larve et la nymphe. Comme la nymphe entrait en compétition avec l'adulte pour la nourriture, la sélection pour croître sous la forme larvaire aurait été forte et aurait complètement séparé les ressources utilisées pour la croissance de celles utilisées pour la reproduction. Cela aurait réduit le stade nymphe à un seul stade qui n'avait plus besoin de se nourrir mais servirait de transition entre la larve et l'adulte et qui serait devenu la pupe. Il est intéressant de noter qu'au moins un groupe d'Hémimétaboles, les thrips (Thysanoptères), présentent cette transition : ils ont typiquement 2 stades larvaires suivis par 2 stades « nymphes » qui ne se nourrissent pas, avant de devenir adultes.

Finalement

Ainsi, la métamorphose serait apparue à la suite d'un changement temporel de l'apparition de la JH, accompagné de comportements d'oviposition différents de la femelle. La pronymph des Hémimétaboles serait devenue la larve des Holométaboles, qui utilisait un habitat complètement différent des adultes. La nymphe étant réduite au stade de pupe, n'ayant plus besoin de se nourrir, les organes reproducteurs, les ailes et les membres carac-

téristiques des adultes apparaissent, menant à l'adulte reproducteur. Bien sûr, de nombreuses recherches restent encore à effectuer, principalement en endocrinologie des Holométaboles, qui n'est encore qu'à ses débuts. Mais nous voilà tout de même éclairés sur une évolution de cette fascinante métamorphose chez les insectes.

Pour en savoir plus :

Truman, J.W. et L.M. Riddiford. 1999. The origins of insect metamorphosis. *Nature* 401 : 447-452.

*Geneviève Labrie, étudiante au laboratoire d'Éric Lucas à l'UQAM, soutiendra sa thèse de doctorat dans les prochaines semaines : Les mécanismes d'invasion de la coccinelle asiatique *Harmonia axyridis* Pallas au Québec.*