

DURÉE LIBRE

Partie réservée au service abonnement Ne rien inscrire

L'AUTEUR



HERVÉ LE GUYADER
professeur émérite de biologie
évolutive à Sorbonne Université,
à Paris

LA MOUCHE DE L'AUBÉPINE S'EST POMMÉE

Comment une mouche habituée à parasiter une aubépine a-t-elle si facilement changé d'hôte lorsque le pommier domestique a été introduit dans la région où elle prospérait ? La réponse à cette vieille énigme se trouve sur ses antennes...

La mouche de la pomme (*Rhagoletis pomonella*) devrait en réalité s'appeler la mouche de l'aubépine. C'est en effet sur une espèce courante d'aubépine américaine, *Crataegus mollis*, que cet insecte vivait avant l'arrivée, il y a quatre siècles, du pommier européen (*Malus domestica*) en Amérique du Nord-Est. Ce pommier a pour ancêtre un pommier sauvage (*Malus sieversii*) endémique des montagnes de l'Asie centrale. Il était donc inconnu en Amérique du Nord avant son introduction par les colons. Sur le continent américain, il a d'abord fleuri et fructifié sans parasites, fournissant pendant longtemps de magnifiques récoltes. Puis *Rhagoletis pomonella* l'a infecté. Comment un tel changement d'hôte s'est-il produit ? Ce type d'événement est somme toute banal, mais celui-ci a longtemps intrigué les biologistes de l'évolution, tant le cycle de vie de l'insecte est inféodé à celui de la plante qu'il

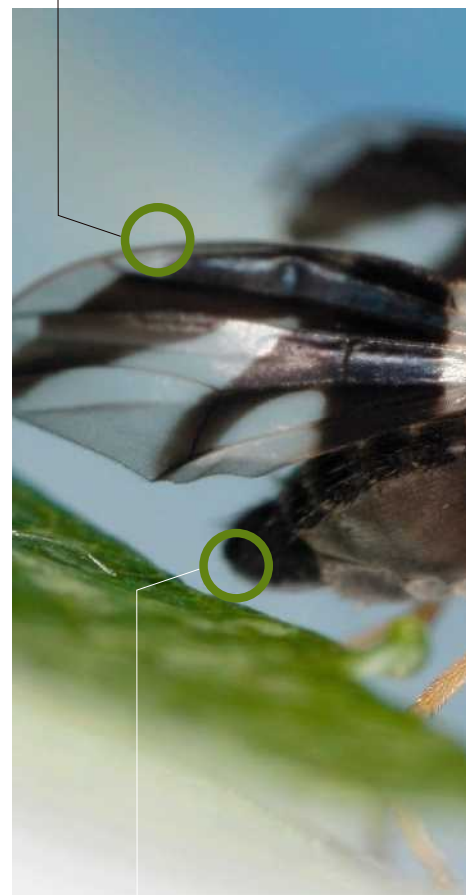
parasite. Récemment, cependant, des études de physiologie comparée ont levé le voile sur les mécanismes à l'œuvre.

UNE FENÊTRE DE QUATRE SEMAINES

Sur l'aubépine, la mouche femelle pond ses œufs sous la peau des fruits, les « cenelles », à raison d'un œuf par baie. Après éclosion, l'asticot s'enfonce dans la pulpe, s'en nourrit et y reste jusqu'à ce que, en automne, le fruit tombe à terre. La larve quitte alors cet abri pour s'enfoncer de quelques centimètres dans le sol, où elle se transforme en une pupa qui reste dormante pendant plusieurs mois. L'adulte (ou imago) éclot vers la mi-septembre et la maturité sexuelle survient une semaine plus tard. Attirés par les cenelles mûres, les insectes y réalisent leurs accouplements. La femelle pond ses œufs et le cycle recommence.

Les cycles de l'hôte et de son parasite doivent coïncider temporellement, car la

Quand elle est menacée, la mouche étend ses ailes et effectue des mouvements qui imitent ceux d'une araignée sauteuse, les rayures de ses ailes apparaissant alors comme des pattes d'araignée.



La femelle dépose les œufs un par un sous la peau du fruit à l'aide de son organe de ponte (ovipositeur). Une femelle pond 300 à 400 œufs durant sa vie.



Hervé Le Guyader a récemment publié : **L'Aventure de la biodiversité**, (Belin, 2018).

EN CHIFFRES

1 522

Les colons espagnols ont introduit le pommier domestique au Mexique en 1522. Cent ans plus tard, on le cultivait jusqu'en Nouvelle-Angleterre. Les premières infestations des pommiers d'Amérique du Nord par la mouche *Rhagoletis pomonella* remontent à 1864.

23 JUIN

C'est la date moyenne d'émergence des imagos de *Rhagoletis pomonella* parasitant les pommiers domestiques, alors que celles de l'aubépine émergent en moyenne plutôt vers la mi-septembre. Les œufs éclosent entre 3 et 7 jours après la ponte.

28

La mouche *Rhagoletis pomonella* compte 28 classes de neurones de l'olfaction, situés dans les sensilles de leurs antennes.



La mouche se nourrit à la surface des fruits. Grâce à sa trompe rétractable, elle libère de la salive sur le fruit, laquelle sert de solvant qui lui permet d'absorber les molécules présentes.



Mouche de la pomme
(*Rhagoletis pomonella*)
Taille : environ 5 mm

durée de vie des femelles n'est que de quatre semaines environ et leur fécondation doit survenir au moment où les cenelles sont à maturité, vers la mi-octobre. Par conséquent, les mouches n'ont pu parasiter le pommier européen qu'en surmontant deux problèmes majeurs, l'un relevant de l'espace, l'autre du temps: il fallait que les insectes puissent trouver des pommes et que celles-ci soient mûres au moment de l'éclosion des imagos. Or le pommier fleurit environ quatre semaines avant l'aubépine: les pommes sont loin d'être mûres lors de l'émergence des insectes... Pourtant, actuellement, les imagos des mouches parasitant le pommier émergent vers la fin juillet, c'est-à-dire bien

avant celles vivant sur l'aubépine. Il y a donc eu un changement important dans la temporalité du cycle de vie de l'animal. Comment l'expliquer?

Il faut compter avec la variabilité du monde vivant. Si la majorité des mouches de l'aubépine éclosent vers la mi-septembre, les émergences s'étalent en fait du début août jusqu'à la mi-octobre. Ainsi, les imagos les plus précoces sont actives lors de la fructification des pommiers. Le scénario devient alors simple à concevoir: ces mouches donnent une descendance également précoce, et la coïncidence avec la fructification des pommiers joue comme une sélection. Ces quelques mouches qui avaient du mal à survivre sur l'aubépine, car émergeant trop tôt, ont ainsi trouvé sur leur nouvel hôte des fruits mûrs où se multiplier. On assiste donc à une sélection qui partage la population ancestrale en deux sous-populations distinctes inféodées à deux hôtes différents.

VERS UNE NOUVELLE ESPÈCE?

Après la Seconde Guerre mondiale, l'affaire *Rhagoletis* a défrayé pendant un temps la communauté des évolutionnistes. En effet, les imagos copulent sur ou près des fruits sur lesquels les femelles vont pondre. Par conséquent, une barrière de reproduction s'établit entre les deux populations, celle qui fréquente l'aubépine et celle qui fréquente le pommier. Isolées l'une de l'autre d'un point de vue génétique, ces deux populations entament donc un processus de spéciation. À l'époque, >

> cependant, le dogme voulait que la spéciation ne se produise qu'après l'isolement spatial de deux populations, spéciation dite «allopatrique». Or les deux populations vivent au même endroit, dans un processus de spéciation dit «sympatrique», ce que l'école de l'évolutionniste Ernst Mayr refusait. C'était presque de l'idéologie...

Aujourd'hui, il ne fait plus aucun doute qu'il s'agit d'un processus de spéciation sympatrique. Déjà, au cours des années 1960, Guy Bush, à l'université d'État du Michigan, aux États-Unis, avait montré, par des études morphologiques (en particulier sur la longueur de l'ovipositeur des femelles – leur organe de ponte), que les deux populations sont bel et bien différenciées. Puis récemment, en 2018, Jeffrey Feder, de l'université de Notre-Dame, dans l'Indiana, et son équipe ont prouvé, cette fois par des études génomiques sophistiquées, que les deux populations sont séparées génétiquement. Plus précisément, l'étude porte d'une part sur des populations de mouches distantes géographiquement les unes des autres et, d'autre part, sur les populations vivant en sympatrie sur des hôtes différents. La divergence est plus grande entre ces populations sympatriques qu'entre des populations allopatriques inféodées au même hôte. Or on sait, par des études en laboratoire, que les mouches parasitant l'aubépine et le pommier sont interfertiles. Ainsi, bien que l'échange génétique ne soit pas totalement interrompu, la sélection est suffisamment forte pour faire diverger les populations sympatriques.

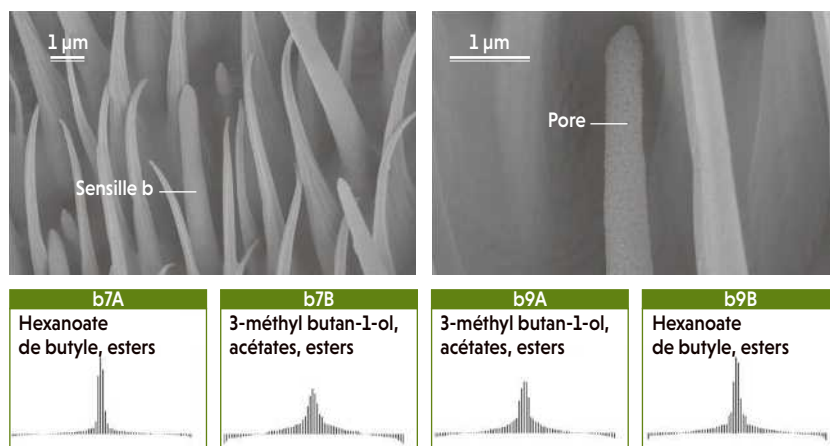
UN CHOIX À L'ODEUR

En fait, la divergence des populations repose sur un phénomène clé : dans leur très grande majorité, les descendants viennent copuler (et pondre) sur les fruits qui ont nourri leurs parents. Cette constance permet à la sélection d'agir pleinement. Très vite, les biologistes ont compris que les mouches étaient attirées par l'odeur du fruit, et à un moindre degré par leur aspect. L'équipe de Jeffrey Feder s'est focalisée sur la question de l'odeur dès 2016, avec un remarquable succès.

En affinant le travail de ses prédécesseurs, l'équipe a listé les molécules volatiles émises par les fruits et reconnues par les mouches. Sur 76 molécules testées, les deux les plus importantes dans la reconnaissance des fruits sont l'hexanoate de butyle pour la pomme et le 3-méthylbutan-1-ol pour la cenelle. Elle a ensuite repéré par électrophysiologie les

L'OLFACTION CHEZ LES INSECTES

Les insectes perçoivent les odeurs principalement par leurs antennes. Ces dernières portent des sensilles en forme de soies (en haut) dont la cuticule est percée de nombreux pores qui laissent pénétrer les molécules odorantes. Des neurones parcourent ces sensilles. Leurs prolongements nerveux (dendrites) portent, près de ces pores, des récepteurs protéiques qui, en reconnaissant les molécules odorantes, déclenchent des stimuli, lesquels sont conduits jusqu'au cerveau où l'information est traitée. Dans le cas présent, deux sensilles (b7 et b9) répondent à l'hexanoate de butyle et au 3-méthyl butan-1-ol (en bas). Le neurone A de la sensille b7 (neurone b7A) et le neurone B de la sensille b9 (neurone b9B) répondent à la première molécule, tandis que les neurones b7B et b9A (suivant la même terminologie) répondent à la deuxième molécule. Enfin, le traitement de l'information est tel que les mouches inféodées à un fruit (pomme ou cenelle) sont attirées par la molécule concernée et repoussées par l'autre.



différents neurones de l'olfaction des antennes qui réagissaient à ces molécules et a analysé leur fonctionnement.

Le système, extrêmement simple, ne met en jeu que quatre neurones. Deux reconnaissent l'hexanoate de butyle, deux le 3-méthylbutan-1-ol (voir l'encadré ci-contre). Toutes les mouches *R. pomonella* ont ces quatre neurones, mais, selon leur hôte, elles sont attirées par une odeur et repoussées par l'autre. Le changement de reconnaissance de ces molécules (un processus évolutif connu par ailleurs) constituerait la base biologique de l'inféodation au végétal hôte.

Mais il y a plus : l'équipe de Jeffrey Feder a aussi testé d'autres aubépines, en particulier celles que l'on trouve dans le sud des États-Unis. Ce n'était pas innocent : on sait que *R. pomonella* a tout d'abord vécu dans cette région avant de coloniser le nord du continent. Or les fruits de ces aubépines ont pour molécules attractives à la fois le 3-méthylbutan-1-ol et l'hexanoate de butyle ! Ainsi, de manière ancestrale, la mouche reconnaissait ces deux molécules : l'odeur du pommier n'était donc pas inconnue ! Sans doute là réside le secret de la mouche : son système olfactif est passé à une seule reconnaissance attractive. ■

BIBLIOGRAPHIE

M. M. Doellman *et al.*, **Genomic differentiation during speciation-with-gene-flow : comparing geographic and host-related variation in divergent life history adaptation in *Rhagoletis pomonella***, *Genes*, vol. 9(5), article 262, 2018.

C. Tait *et al.*, **Sensory specificity and speciation : a potential neuronal life history for host fruit odour discrimination in *Rhagoletis pomonella***, *Proc. R. Soc. B*, vol. 283, article 20162101, 2016.

G. L. Bush, **Sympatric host race formation and speciation in frugivorous flies of the genus *Rhagoletis* (Diptera, Tephritidae)**, *Evolution*, vol. 23(2), pp. 237-251, 1969.