

L'AUTEUR



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

LA BOTTE SECRÈTE DE L'ALEURODE

Ce minuscule insecte ravageur des cultures est un champion de la course aux armements. Sa dernière trouvaille? Anéantir les défenses de ses plantes hôtes en utilisant leurs propres armes...

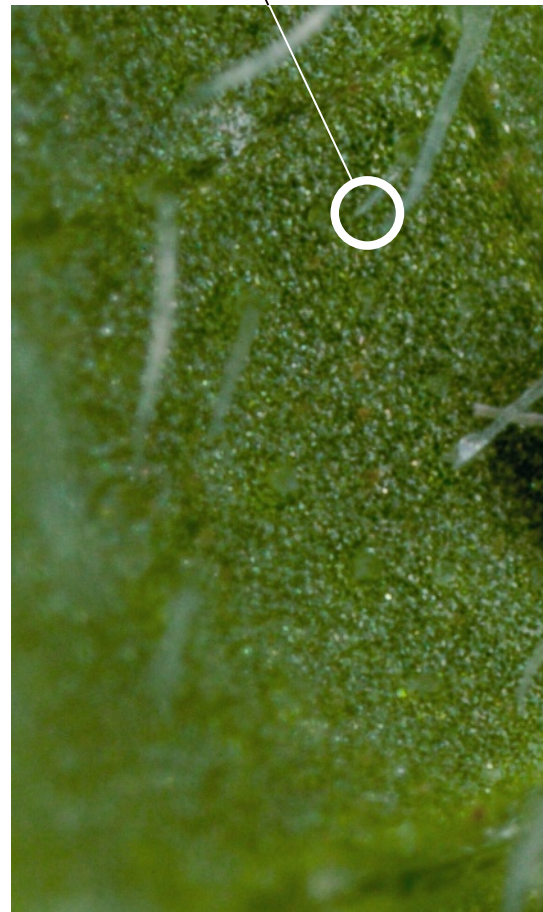
Pour illustrer la lutte pour la vie chère à Darwin, on puise souvent des exemples dans les relations proie-carnivore ou hôte-parasite en laissant de côté celles entre les plantes et les herbivores. Il est vrai que, dans les premiers cas, les dynamiques de chasse ou les tentatives d'infection sont plus faciles à suivre et à comprendre. Au contraire, chez les plantes, à part quelques caractères évidents comme la présence d'épines ou de poils urticants, la plupart des défenses relèvent de la guerre chimique: contre les insectes, les métabolites secondaires – en particulier les glucosides phénoliques – sont leurs meilleures armes. Ces molécules sont des produits de la plante non essentiels à la vie des cellules (contrairement aux métabolites primaires) et interviennent dans les rapports de la plante avec son

environnement, notamment dans la lutte contre les agents pathogènes.

D'un point de vue évolutif, les relations biochimiques entre plantes et insectes herbivores se retrouvent ainsi à la source d'une course aux armements relevant de l'hypothèse de la reine rouge, inspirée du livre *De l'autre côté du miroir*, de Lewis Carroll, où la Reine rouge explique à Alice qu'au pays des Merveilles, il faut courir pour rester au même endroit. Les plantes aussi doivent évoluer sans cesse pour survivre. Elles synthétisent des métabolites secondaires qui repoussent les insectes. Puis ces derniers les maîtrisent, par exemple en les métabolisant. Les plantes alors synthétisent de nouvelles molécules... Cette coévolution paraît sans fin.

Depuis longtemps, biologistes et chimistes se penchent sur ces métabolites

Si ces deux spécimens se nourrissent sur une feuille de melon d'eau, les plantes hôtes de prédilection de l'aleurode du tabac sont le cotonnier, le haricot, le tournesol, l'aubergine, la pomme de terre, le poivron, le tabac, la tomate, les agrumes et diverses plantes ornementales.



Hervé Le Guyader
a récemment publié:
**Biodiversité, le pari
de l'espoir,**
(Le Pommier, 2020).

L'aleurode du tabac est un insecte de l'ordre des hémiptères, comme les punaises, les pucerons et les cigales.

EN CHIFFRES

30

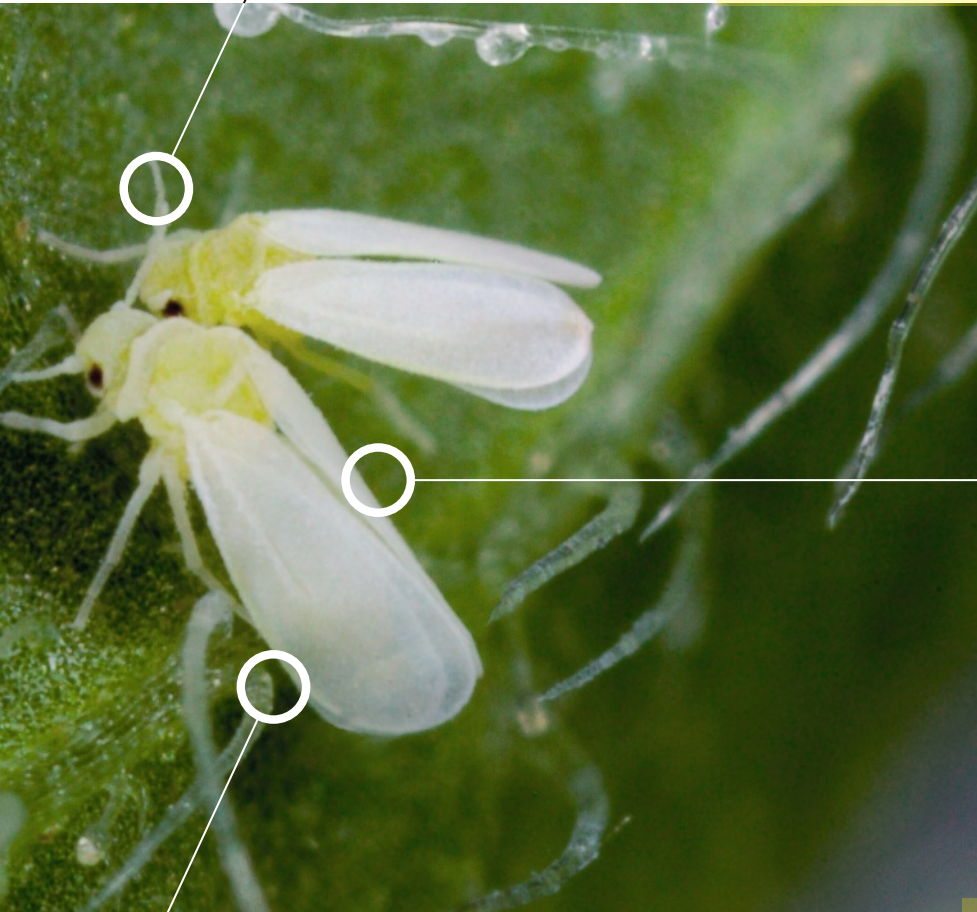
Bemisia tabaci s'est révélé être non pas une seule espèce, mais un complexe d'au moins 30 espèces, voire peut-être une centaine.

86 MILLIONS

Le transfert horizontal du gène d'une plante vers *B. tabaci* s'est produit après la divergence entre *B. tabaci* et ses proches parents, les insectes du genre *Trialeurodes*, qui date d'il y a 86 millions d'années.

600

B. tabaci parasite au moins 600 espèces de plantes, dont le tabac, la tomate, la pomme de terre...



Le gène que cet insecte a acquis d'une plante s'exprime à tous les stades de son développement – larvaire, nymphal, imaginal –, principalement dans le tube digestif. Des conditions spatiotemporelles qui favorisent sa protection vis-à-vis des défenses chimiques de la plante.

Cet insecte peut produire 9 à 15 générations par an.



Aleurode du tabac (*Bemisia tabaci*)

Taille: env. 1 mm

secondaires, d'autant plus que certains intéressent le monde médical. On pensait donc avoir fait le tour de la question. Or une équipe internationale rassemblée par Youjun Zhang, de l'Institut des légumes et des fleurs, à Beijing, en Chine, vient de découvrir la stratégie d'un insecte herbivore qui, tout simplement, se détoxifie grâce à un gène emprunté aux plantes et qui leur sert... à se détoxifier.

UN INSECTE RAVAGEUR

En 1889, l'agronome grec Panagiotis Gennadius décrit l'aleurode du tabac (*Bemisia tabaci*), un insecte qu'il remarque se nourrissant sur un plant de tabac. Cet

insecte, les Anglo-Saxons l'appellent l'«aleurode de la patate douce», et les Indiens l'«aleurode du cotonnier»... Bref, c'est une peste polyphage à répartition mondiale, qui, en suçant la sève des plantes, leur inocule différents virus pathogènes, ce qui entraîne des dégâts considérables.

En réalité, en 2011, Paul De Barro, du centre CSIRO à Brisbane, en Australie, et ses collègues ont montré que *B. tabaci* est non pas une seule espèce avec plusieurs sous-types, mais un complexe d'espèces indistinguables par leur morphologie, trouvées sur plusieurs centaines de plantes différentes de par le monde. À la différence d'autres ravageurs, on n'assiste pas à une spécialisation sur une plante hôte particulière, mais plutôt à une spéciation d'ordre géographique. Dès lors, comment cet insecte résiste-t-il aux

divers métabolites secondaires de ces multiples plantes cibles? L'équipe de Youjun Zhang semble avoir résolu l'énigme: les aleurodes ont acquis un gène de détoxification des plantes particulièrement efficace.

Car les plantes aussi se détoxifient: par différentes opérations chimiques, elles modifient les molécules xénobiotiques (c'est-à-dire qui leur sont étrangères), toxiques pour elles, en molécules neutres qu'elles stockent ensuite dans les vacuoles de leurs cellules. Parmi les principales modifications, on compte des hydroxylations, des glycosylations, des acétylations, des sulfonylations... Il y a une dizaine d'années, l'équipe de Gorō Taguchi, à l'université Shinshū, au Japon, attirait l'attention sur l'importance de la réaction de malonylation pour modifier les glucosides phénoliques xénobiotiques auxquels les plantes sont soumises, qu'ils proviennent de plantes, d'animaux ou de bactéries. Dans cette réaction, une enzyme, la malonyltransférase, catalyse l'ajout d'un radical malonyl $\text{CH}_2(\text{COO}^-)_2$ au glucoside phénolique. L'étude montrait que ce système de détoxification était largement répandu parmi les plantes, dont le tabac.

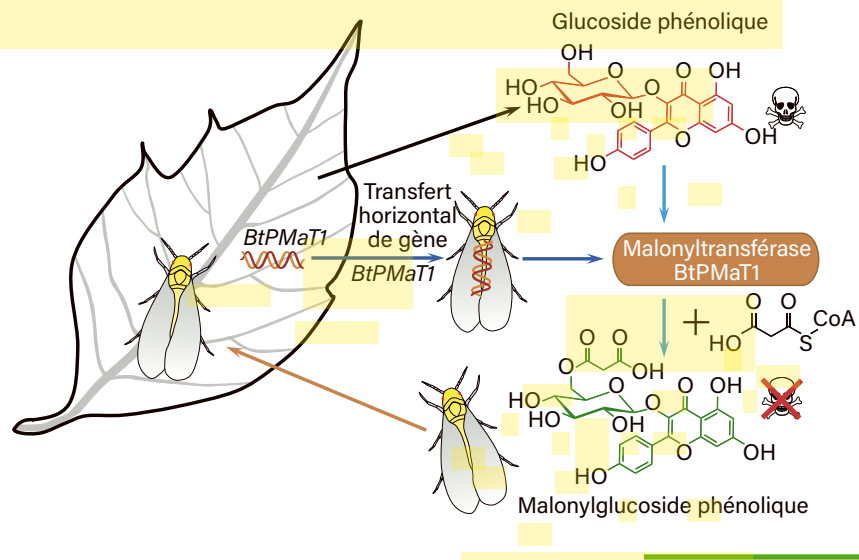
Ainsi, les plantes peuvent se détoxifier facilement de glucosides phénoliques exogènes, car elles possèdent le gène codant la malonyltransférase. Or l'équipe de Youjun Zhang vient de trouver un tel gène dans le génome de l'aleurode du tabac... Donc l'insecte peut agir comme la plante, c'est-à-dire se détoxifier des glucosides phénoliques exogènes pour lui, dont ceux que la plante qu'il parasite produit pour se défendre. Par ce tour de passe-passe, les plantes ont ainsi perdu leur principale défense contre ces ravageurs...

UN GÈNE RÉCUPÉRÉ D'UNE PLANTE

Mais comment cet animal s'est-il trouvé d'un coup pourvu d'une telle enzyme? Par transfert horizontal à partir du monde végétal: l'insecte a directement intégré le gène d'une plante dans son génome sans le recevoir d'un ancêtre. La démonstration de l'équipe de Youjun Zhang est éclatante. Tout d'abord, quand elle a comparé la séquence du gène de l'insecte et de ceux des plantes vertes par phylogénie moléculaire, elle a observé que le gène de l'insecte se trouve dans le sous-arbre des gènes de plantes à fleurs, signe qu'il est d'origine végétale. Puis des analyses fonctionnelles avec la tomate comme plante hôte ont validé le rôle du gène (voir l'encadré ci-dessous).

TEL EST PRIS...

Les aleurodes ont trouvé une parade efficace contre les défenses chimiques de leurs plantes hôtes. Ces insectes ont acquis un gène des plantes, *BtPMT1*, qui code une enzyme, la malonyltransférase *BtPMT1*, laquelle neutralise les glucosides phénoliques que les plantes produisent pour se défendre (ci-dessous). Pour le montrer, l'équipe de Youjun Zhang a transformé génétiquement des tomates produisant des glucosides phénoliques létaux pour les aleurodes à haute dose, de façon que les feuilles expriment des ARN interférentiels qui inhibent l'expression du gène *BtPMT1*. Les insectes se sont nourris de la sève de la plante. Après quelques jours, l'expression du gène était considérablement réduite et la mortalité des insectes fortement accrue: les tomates transgéniques étaient devenues résistantes à ces ravageurs.



S'agit-il d'une originalité? Pas sûr. Suivant une récente étude d'une équipe internationale dirigée par Lingrang Kong, de l'université d'agriculture de Shandong, en Chine, des végétaux en sont aussi bénéficiaires. Ainsi, le chiendent allongé (*Thinopyrum elongatum*), une poacée proche du blé tendre avec lequel il peut s'hybrider, a acquis par transfert horizontal le gène *Fhb7* à partir d'un champignon parasite des épis de poacées – une espèce du genre *Epichloe*. Or ce gène code une enzyme qui rend la plante résistante aux espèces de *Fusarium*, autres champignons proches des *Epichloe* et responsables de fusarioses, des maladies provoquant la brûlure de l'épi et la fonte des semis.

Ainsi, dans la dynamique de la reine rouge, les transferts de gènes semblent jouer leur rôle. Certains agronomes voudraient entrer dans la danse. L'équipe de Youjun Zhang propose la construction d'OGM (artificiels) de tomates exprimant des ARN interférentiels pour les protéger de l'attaque d'un insecte OGM (naturel). Celle de Lingrang Kong souhaite faire passer le gène *Fhb7* au blé tendre par hybridation afin de le rendre résistant aux fusarioses. Un jeu qui ne plaira probablement pas à tous... ■

BIBLIOGRAPHIE

J. Xia et al., **Whitefly hijacks a plant detoxification gene that neutralizes plant toxins**, *Cell*, vol. 184(7), pp. 1693-1705.e17, 2021.

H. Wang et al., **Horizontal gene transfer of *Fhb7* from fungus underlies *Fusarium* head blight resistance in wheat**, *Science*, vol. 368, article eaba5435, 2020.

P. J. De Barro et al., ***Bemisia tabaci*: a statement of species status**, *Annu. Rev. Entomol.*, vol. 56, pp. 1-19, 2011.

G. Taguchi et al., **Malonylation is a key reaction in the metabolism of xenobiotic phenolic glucosides in *Arabidopsis* and tobacco**, *Plant J.*, vol. 63, pp. 1031-1041, 2010.