

La colocation en vigne



Interactions entre la plante,
les insectes ravageurs
et leurs parasitoïdes

Insectes et plantes sont étroitement associés dans les processus évolutifs et leurs interactions sont souvent fascinantes à étudier. Ne pouvant pas s'éviter, ils cohabitent plus ou moins en harmonie, interagissent plus ou moins intimement ou co-évoluent. Aucun des protagonistes n'a intérêt à exterminer l'autre qui lui sert de ressource. Chacun adapte alors sa stratégie reproductrice en fonction de l'abondance de l'autre. Des équilibres se créent, l'évolution se chargeant de maintenir leur stabilité. Une très grande proportion d'insectes se nourrit de plantes. En raison de

l'importance de leur biomasse et de leur forte capacité d'accroissement, les populations de ces insectes phytophages jouent un rôle considérable dans les activités humaines et en particulier en agriculture. Ils peuvent être des auxiliaires utiles, comme les pollinisateurs, ou des compétiteurs de la production agricole et sont alors considérés comme « nuisibles » ou « ravageurs » de plantes cultivées.

De fait, les insectes phytophages sont très largement étudiés pour leurs relations intimes avec les plantes, pour leur impact économique mais aussi écologique.

Treille.
Œuvre de Pearson Scott Foresman.

Texte :
Denis THIÉRY et
Fanny VOGELWEITH

Dessins :
Lucas BALITEAU (p. 20 et 24) et
Christophe HENNEQUIN (p. 21)

L'objectif ici est de montrer les interactions établies entre un ravageur de culture, sa plante-hôte la plus abondante – la vigne –, ses compétiteurs et les composantes de la communauté d'ennemis naturels, eux aussi en interaction avec la plante. Cet article illustre aussi comment différentes disciplines scientifiques contribuent à la compréhension de ces interactions écologiques, et les leçons que peuvent en tirer les écologues et les agronomes afin de développer des méthodes de contrôle écologiquement compatibles.

Auxiliaires ou nuisibles, les nombreux colocataires de la vigne

Outre les champignons pathogènes attaquant les grappes, les feuilles ou le cep lui-même, les insectes ravageurs ont une place importante. On connaît le phylloxera qui sévit encore dans certains vignobles, mais l'histoire nous en révèle bien d'autres.

La pyrale de la vigne (*Sparganothis pilleriana*) est, au XVIII^e siècle, le ravageur majeur des vignes françaises. La chenille de ce papillon de la famille des tordeuses cause de très gros dégâts par la défoliation complète du cep, pouvant conduire à une perte totale de vendange et parfois la mort des ceps en cas d'attaques répétées. Elle est accompagnée par la cochylis de la vigne (*Eupoecilia ambiguella*), dont les chenilles ne s'attaquent qu'aux inflorescences et aux baies. Les vignerons sont désarmés face à ces fléaux, ne disposant que de procédés à l'efficacité aléatoire : pulvériser de la poussière, poudrer à l'arsenic (!), ébouillanter l'hiver les ceps pour tuer les stades hivernants, préparer des décoctions de jus de fougère, éventuellement mélangées à de la suie, traiter au pétrole ou à l'essence de térébenthine. On pratique aussi la lutte « biologique » à l'aide d'humains : les concours de ramassage manuel de pontes, de chenilles, ou d'échenillage par écorçage des

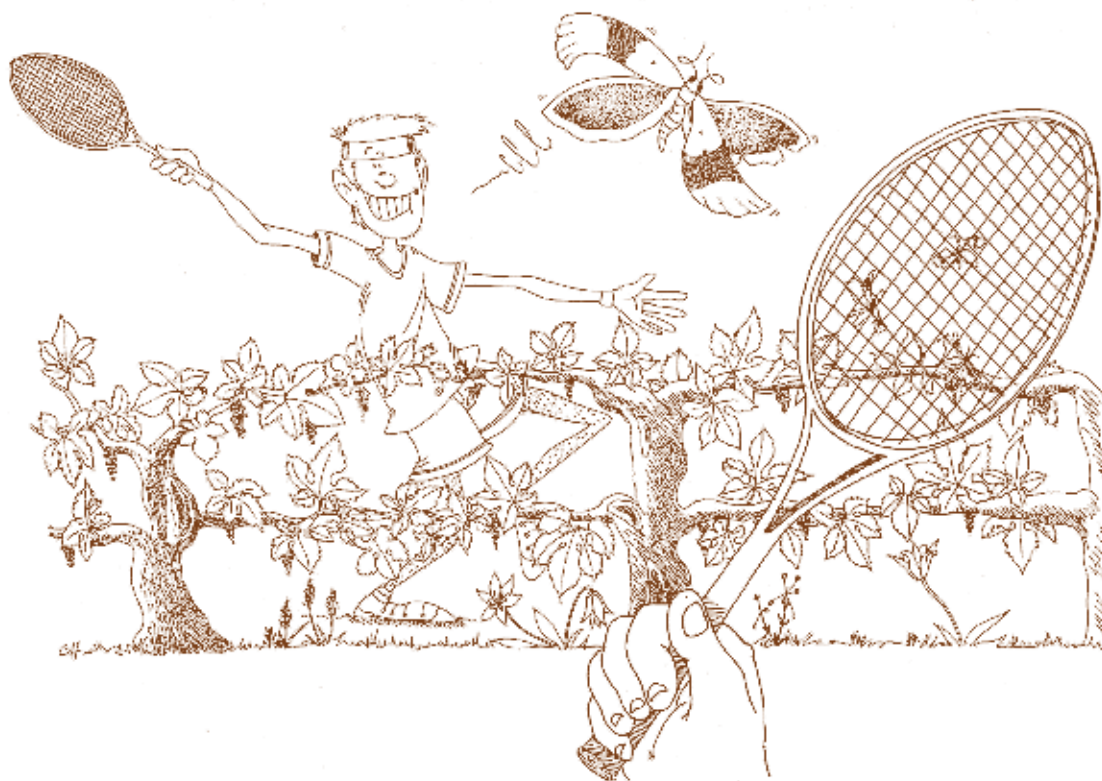


Ci-dessus, pyrale de la vigne.

Ci-contre, fougère. Extrait de Fern specimen, édité par L. Prang & Co. (1861-1897).

On sait que la plupart des fougères sont riches en phytoecdystéroïdes. Ces molécules de défense contre les insectes sont produites par environ 5 % des espèces végétales et principalement chez les ptéridophytes. Elles ont une fonction physiologique analogue à l'ecdysone, hormone régulant la mue des stades larvaires d'insectes. Cela peut expliquer l'usage de jus de fougères en insecticide il y a une centaine d'années. L'une de ces 270 molécules (la 20 hydroxy ecdysone) bloque la mue, inhibe la prise de nourriture des chenilles ainsi que la reproduction de nombreux insectes.





ceps, sont en vogue. En Suisse, où la cochylys faisait de très gros dégâts au début du XIX^e siècle, on ramassait les chenilles au printemps sur les grappes (parfois jusqu'à 4-6 par grappe) à l'aide de pinces d'horlogers. Puis les enfants étaient équipés de raquettes de tennis engluées et sillonnaient les rangs de vignes, à la sortie des classes, afin de chasser les cochylys volant le soir : on comprend mieux que leurs descendants, Federer et Wawrinka, aient gagné si facilement la coupe Davis !

Après la crise phylloxérique, à partir de 1907, l'eudémis de la vigne (*Lobesia botrana*), insecte alors uniquement présent dans les raisins de treilles, va s'installer durablement dans le vignoble. Eudémis va progressivement prendre la place de la pyrale et de la cochylys dans tout le Sud et le Sud-Ouest. Une hypothèse lie cette colonisation rapide à une perte globale de vigueur de la vigne suite à la replantation du vignoble. Cet insecte, dont les chenilles attaquent la grappe à tous les stades de développement, accomplit 2 à 4 cycles reproducteurs par an selon la latitude. Les chenilles d'eudémis et de cochylys sont très souvent liées aux pourritures (provoquées par *Botrytis cinerea*, *Aspergillus carbonarius* ou *niger*, etc.) qui affectent

les baies à l'approche de la vendange. Au début du XX^e siècle, les pertes étaient telles et le fléau d'une telle ampleur que l'état français missionna alors ses meilleurs entomologistes agricoles durant 3 ans dans les différents vignobles français. Cette mission, dirigée par Paul Marchal, professeur d'entomologie à l'Institut national agronomique Paris-Grignon, va étudier en détail la biologie et l'écologie de ces ravageurs. Les Marchal, Picard, Paillet, Feytaud vont ainsi publier une quantité de d'observations encore très utiles. Marchal expose une définition de la protection intégrée des cultures très proche du concept actuel.

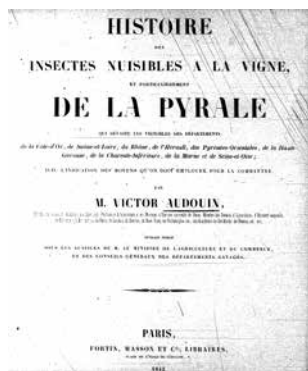
C'est à cette même époque, très probablement, qu'arrive en France une petite cicadelle, *Scaphoideus titanus*, vecteur de la flavescence dorée. Cet insecte piqueur transmet les phytoplasmes (bactéries sans paroi vivant dans le **phloème**) de plante à plante lorsqu'il s'alimente sur les feuilles. Les données génétiques ont montré une origine nord-américaine des insectes trouvés en Europe, ce qui est parfaitement cohérent avec l'importation massive de porte-greffes américains pour vaincre le phylloxera. La

Les mots pour le dire

Phloème : n.m., tissu conducteur de sève élaborée chez les végétaux vasculaires ou trachéophytes (la sève brute est conduite par le xylème).



Émotion champêtre.
Œuvre de Daumier (1857).



Couverture de la monographie d'Audouin (1842), très complète, sur les insectes nuisibles de la vigne, dont la pyrale de la vigne.

flavescence dorée, qui tue les ceps, augmente progressivement. Elle touche actuellement près de 65 % des surfaces viticoles françaises.

De nos jours, les principaux ravageurs sont les vers de la grappe, ou tordeuses de la grappe, chenilles de papillons de la famille des Tortricidae, qui s'attaquent aux grappes ou aux feuilles.

Des relations intimes entre insectes ravageurs, leurs parasitoïdes et la vigne

Les membres de la mission Marchal comprennent très vite la nécessité de la lutte biologique par des insectes parasitoïdes ou par des champignons entomopathogènes. Feytaud écrit, en 1913, que la vigne serait depuis longtemps anéantie si les insectes ampélophages (il parle des vers de la grappe) n'étaient pas contrôlés par des ennemis naturels, principalement les insectes entomophages. Ces agents de lutte biologique étaient connus dès 1840. Audouin, en 1842, décrit très finement la biologie d'un hyménoptère Ichneumonidae, le campoplex de mai, qu'il qualifie de « tueur » de larves de tordeuses. Il s'agit bien du *Campoplex capitator* sur lequel beaucoup d'espoirs se fondent actuellement pour une lutte biologique contre les tordeuses de la grappe. Marchal et Feytaud, en 1911, décrivent des petits hyménoptères parasitoïdes d'œufs des vers de la grappe qu'ils appellent *Oophthora*. Ce sont les fameux



Dessin d'*Oophthora* (Trichogramma) semblidés à l'intérieur d'un œuf de *Cochylis*, donc juste avant émergence, publié en 1911 par Marchal et Feytaud (Comptes rendus de l'Académie des sciences).



Photo d'une femelle de *Campoplex capitator* (cliché de l'auteur).

trichogrammes tant utilisés en lutte biologique, notamment pour protéger le maïs de la pyrale du maïs.

Le siècle qui suit va analyser très finement ce qu'on appelle les relations verticales tri-trophiques : une plante est consommée par un insecte phytophage qui sert de nourriture à des prédateurs ou autres insectes parasites. La plante cultivée est alors un milieu au sein duquel vont s'organiser des communautés d'insectes consommateurs et des communautés d'ennemis naturels. Ne pouvant s'échapper, la plante développe des stratégies de défenses mécaniques ou biochimiques qui permettent de réguler les interactions entre ces niveaux trophiques. L'arsenal biochimique de la plante, constitué de molécules issues de son métabolisme secondaire, est ainsi très riche.

Eudémis et cochylis, deux fléaux de la viticulture aux mœurs très étudiées

Ces deux insectes sont les ravageurs majeurs des vignobles français et européens. Leurs larves ont pourtant un régime polyphage, comportant environ une trentaine de plantes autres que la vigne.

L'eudémis est une espèce originaire du bassin Méditerranéen, initialement inféodée à une Thymelaeaceae, le daphné garou (*Daphne gnidium*), plante tinctoriale très riche en coumarines, dont les baies ont la caractéristique de stimuler très fortement la ponte des femelles. Mais ces baies, petites et éparses aux extrémités des tiges, sont un mets de choix pour de nombreux oiseaux. On imagine une compétition extrême sur cette plante avec des taux de prédation élevés.

L'eudémis a donc probablement changé de plante-hôte principale, comme d'autres ravageurs de cultures, la pyrale du maïs et le doryphore notamment. La vigne, largement cultivée, lui procure une ressource abondante et disponible presque 6 mois de l'année. Du bonheur pour un insecte frugivore ! Si on trouve encore des populations sur daphné, en Grèce ou en Espagne, les populations d'eudémis très importantes sont actuellement sur vigne.

Des études menées sur les interactions entre l'eudémis et la vigne cultivée ont clairement mis en évidence l'incidence du cépage sur la vie de l'insecte.

Choix de la plante par la femelle et son influence sur la croissance des chenilles

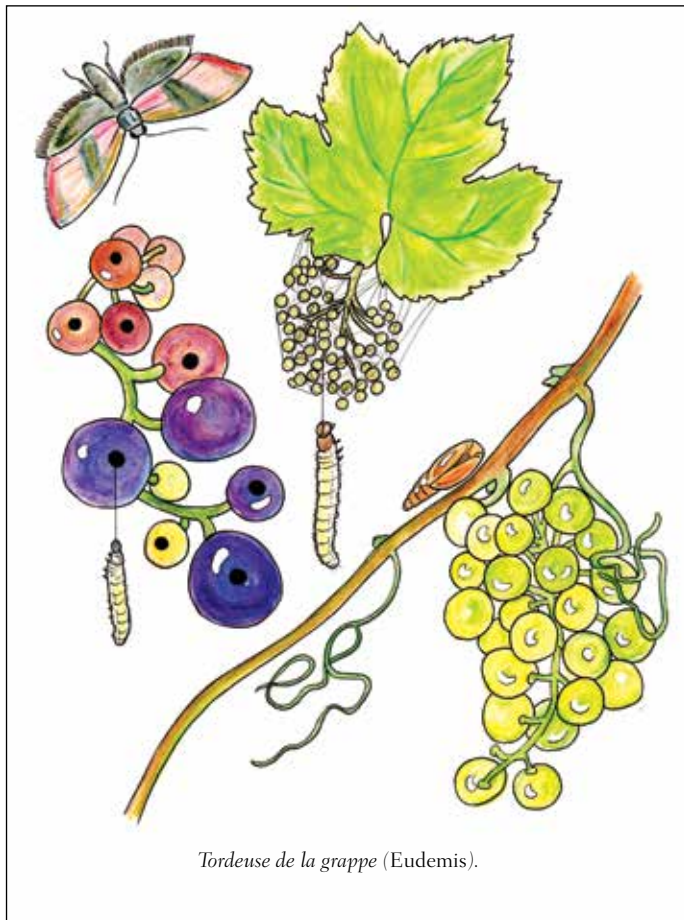
Des travaux montrent que les femelles choisissent la baie sur laquelle elles vont déposer leurs œufs à l'aide de récepteurs gustatifs situés à l'extrémité des pattes et de l'organe de ponte (l'ovipositeur). Cette perception gustative, associée à celle de la rugosité et de l'hygrométrie de la surface, leur permet d'apprécier finement la qualité de la plante choisie. Elles possèdent des récepteurs gustatifs spécifiquement sensibles à différents sucres, dont le fructose, caractéristique de l'état de maturation du fruit. La femelle détecte aussi la présence d'œufs de congénères et ajuste la localisation de sa ponte en évitant les molécules caractéristiques des œufs de compétiteurs potentiels pour sa descendance.

Les vers de la grappe ne se nourrissent pas au stade adulte et les réserves nécessaires à la reproduction et à la vie des adultes sont stockées par la larve. La qualité du végétal consommé par les chenilles influe sur leur taille, leur vitesse de développement, leur survie et sur la fécondité des adultes. La vitesse de croissance larvaire va donc être déterminante. Ainsi, une première étude a montré que les chenilles d'eudémis alimentées sur baies ou fleurs de daphné et sur fleurs d'olivier grandissent plus vite et produisent des adultes à plus fort potentiel reproducteur que les chenilles nourries avec du raisin. Cette étude, confirmée par d'autres, concluait que les vitacées n'étaient pas les espèces végétales présentant les meilleures qualités pour cet insecte. Un autre travail, conduit sur cépages en vignoble, montre que la durée moyenne de développement des chenilles peut varier de près de 30 % selon les cépages. Ce même travail révèle aussi que les chenilles des deux sexes ne sont pas affectées de la même manière, ce qui peut désynchroniser l'émergence des mâles et des femelles



et diminuer la probabilité de rencontre des deux sexes. En outre, selon des résultats récents, les mâles provenant de différents cépages ont des qualités spermatiques différentes, ce qui modifie le potentiel reproducteur de l'espèce. On comprend à travers ces quelques exemples l'importance de la plante ou du cépage sur lesquels les chenilles vont se développer.

Daphne gnidium L.
Extrait de The botanical Cabinet
(1827), de C. Loddiges.



Les chenilles et leurs défenses immunitaires

Beaucoup d'ennemis naturels des insectes phytophages sont des parasitoïdes. Pour se défendre, l'hôte parasité doit produire une réponse rapide et efficace qui localise et neutralise le potentiel de croissance du parasitoïde.

Victime d'un parasitoïde, l'insecte phytophage doit sa survie à son système immunitaire. Le système immunitaire des invertébrés se distingue de celui des vertébrés par l'absence de mémoire basée sur des immunoglobulines spécifiques. En revanche, vertébrés et invertébrés possèdent une réponse immunitaire innée.

Bien que déterminée génétiquement, l'efficacité du système immunitaire est également sous l'influence de facteurs environnementaux comme la quantité et la qualité de la nourriture ingérée. Des avancées récentes montrent que les performances du système immunitaire des insectes phytophages dépendent de la plante-hôte.

Des pratiques écologiques pourraient réduire la pression des ravageurs

Les insectes parasitoïdes sont connus depuis longtemps. Ce sont des insectes parasites d'autres insectes. Ils vivent donc au dépend de leur hôte, mais le tuent, contrairement à beaucoup de vrais parasites. Ils peuvent être endoparasites ou ectoparasites selon qu'ils vivent à l'intérieur ou l'extérieur de l'hôte, solitaires (un œuf et larve par hôte, parfois deux) ou grégaires (parfois plusieurs dizaines d'œufs par hôte).

Les parasitoïdes sont, eux aussi, tributaires des plantes. D'une part, les adultes se nourrissent de nectar, et parfois de pollen, qui allongent la durée de vie, la fécondité des femelles ainsi que leur rayon d'action ; d'autre part, la plante-hôte de leurs proies modifie les caractéristiques biochimiques de l'insecte qui s'en nourrit (odeur et goût des œufs et des larves, odeur des fèces de chenilles) mais aussi sa couleur, sa taille, sa vitesse de développement et l'état de ses défenses. Ces paramètres réunis régulent la reproduction des parasitoïdes.

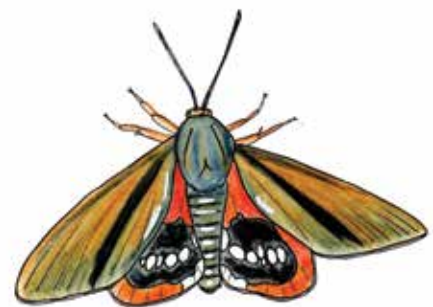
Les insectes parasitoïdes sont largement utilisés en agriculture pour assurer ce que l'on appelle la lutte biologique. Ce rôle a été spectaculaire à la fin du XIX^e siècle, sur les cultures d'agrumes californiens. Des succès indéniables ont aussi été obtenus contre la pyrale du maïs (*Ostrinia nubilalis*) avec des trichogrammes (*Trichogramma brassicae*), contre les aleurodes des serres avec *Encarsia formosa*, contre la cochenille de l'olivier (*Saissetia oleae*) par *Metaphycus lounsburyi*. Des recherches pour lutter contre la destruction des palmiers de la côte d'azur sont actuellement conduites avec succès par l'INRA pour contrôler le papillon palmivore *Paysandisia archon* avec des trichogrammes.

Les recherches actuelles intensifient l'étude des facteurs environnementaux sur l'impact des ravageurs en vignobles (plantation d'autres espèces végétales en inter rang et morcellement paysager autour des parcelles de vigne).

Des premiers résultats livrent des conclusions intéressantes sur le contrôle naturel qui pourra probablement réduire notablement l'usage des pesticides.



Trichogramme.



Paysandisia archon.



Peinture de George Brookshaw (1751-1823).

Le défi scientifique qui se présente est de comprendre en quoi le choix de la plante-hôte par un insecte phytophage conditionne sa résistance à ses ennemis naturels. Les recherches sur le système immunitaire des insectes sont en plein essor. Plusieurs résultats intéressants ont été obtenus chez les vers de la grappe, montrant par exemple le rôle régulateur de la plante-hôte du ravageur (le cépage de vigne) sur l'état des défenses de la chenille.

Pour en savoir plus

- ◆ *Interactions insectes-plantes*, Éditions Quae/IRD, 2013, éditeurs scientifiques : N. SAUVION, P.-A. CALATAYUD, D. THIÉRY, F. MARION-POLL (voir la rubrique « Lectures » p. 46)
- ◆ Une bibliographie est disponible auprès des auteurs :
denis.thiery@bordeaux.inra.fr
fanny@vogelweith.com
INRA, UMR 1065 Santé et Agroécologie du Vignoble,
Bordeaux Sciences Agro,
Institut des Sciences de la Vigne et du Vin de Bordeaux.

Conclusion

L'étude des interactions plantes-insectes enrichit fortement les connaissances et encourage de nouvelles applications. Une communauté scientifique importante y travaille. Un des champs d'application pour le futur est bien l'agriculture puisqu'un enjeu majeur sera d'assurer une production alimentaire pour près de 9 milliards d'humains

sur la planète. Or, l'on s'accorde à dire que les ravageurs des cultures (en grande partie les insectes) contribuent à un bon tiers des pertes. Il est donc vital de développer nos connaissances scientifiques et techniques dans ce domaine et elles seront très probablement modifiées dans les années à venir par les changements environnementaux (climat et pratiques viticoles et environnementales) qui sont annoncés. ■