



Figure 1. Adulte de Piéride de la rave se nourrissant de nectar dans une inflorescence de Compositée - Cliché H. Guyot-OPIE

Par Jacques Huignard

LES PLANTES ET LES INSECTES : UNE LUTTE PERMANENTE - 2

Détourner les défenses

Les systèmes de défense des plantes, même très élaborés peuvent cependant être détournés par des insectes phytophages qui deviennent capables de se développer dans des plantes riches en composés secondaires et même utiliser ces composés pour s'orienter ou se protéger ! Ils ont pu établir des relations très étroites avec leurs plantes-hôtes et sont devenus des espèces spécialistes. Ils se dé-

veloppent dans ces plantes riches en composés secondaires, soit en les transformant dans leur tube digestif, soit en les stockant dans des glandes ou dans leur hémolymphe. Ils peuvent même utiliser ces composés pour reconnaître leur plante-hôte et se reproduire.

■ LA PIÉRIDE ET LE SOUFRE

La Piéride de la rave *Pieris rapae* (Lép. Piéridé) se développe aux

dépens des crucifères sauvages et cultivées comme le chou ou la rave (fig. 1).

Ces crucifères synthétisent des produits soufrés volatils qui sont libérés dans l'atmosphère et sont reconnus par les femelles de ce papillon. Ils permettent la découverte de la plante-hôte sur laquelle les femelles vont se reproduire et leur descendance va se développer. Lorsque la femelle se trouve sur sa plante, elle va l'explorer avec ses récepteurs sensoriels situés au niveau des pièces buccales et son ovipositeur afin de rechercher à la surface des feuilles les glucosinolates, qui sont des composés organiques soufrés caractéristiques des crucifères. C'est uniquement lorsque la femelle a reconnu leur présence qu'il y a alors induction du comportement de ponte et émission des œufs sur les feuilles. Cette sensibilité vis-à-vis des composés chimiques spécifiques de la plante-hôte (ici la rave ou le chou) permet l'émission des œufs sur un substrat favorable au développement de la descendance et assure la spécificité des relations plantes-insectes. La larve va devoir déjouer les défenses chimiques des plantes car les crucifères contiennent dans les feuilles non seulement des glucosinolates mais également l'enzyme permettant la transformation de ces composés (appelée

myrosinase). Lorsqu'une chenille généraliste mâche une feuille, elle broie les parois cellulaires et met en contact les glucosinolates et la myrosinase ; il y a alors réaction enzymatique et formation d'isothiocyanate de méthyle. Ce puissant neurotoxique tue rapidement l'imprudent consommateur et la plante est protégée. Des études réalisées chez la Piéride de la rave ont permis de comprendre comment ce

Cet article est paru initialement dans le *Bulletin trimestriel de la Société des amis du Muséum national d'histoire naturelle*, n°251, septembre 2012.

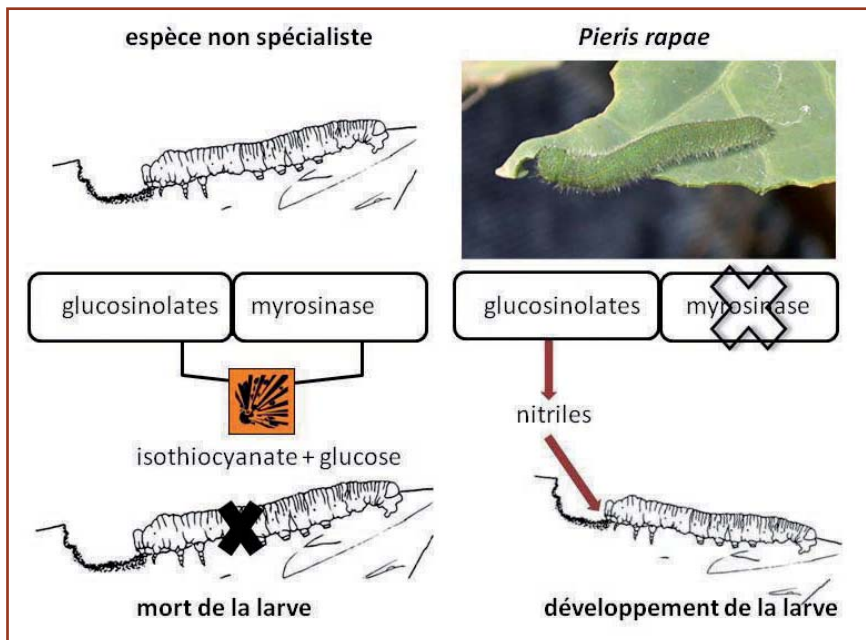


Figure 2. Conséquences de la présence des glucosinolates dans les aliments sur la digestion et la survie de deux espèces de Lépidoptères - Cliché chenille H. Guyot-OPIE

Lépidoptère pouvait survivre. Lorsque la chenille mange une feuille, il y a bien contact entre les glucosinolates et l'enzyme mais l'activité de la myrosinase est bloquée par des protéines spécifiques présentes dans l'intestin. Les glucosinolates sont alors transformés par d'autres enzymes qui entrent en action en composés peu toxiques (des nitriles) qui sont rapidement éliminés. Les larves, grâce à ce stratagème ont détourné les défenses chimiques et peuvent manger sans problèmes leur nourriture préférée (fig. 2).

■ **LE TABAC, OUI, LA NICOTINE, NON**
Les chenilles du Sphinx du tabac *Manduca sexta* (Lép. Sphingidé) (fig. 3) consomment des feuilles de tabac mais sont sensibles à la nicotine qui peut être neurotoxique, même pour cette espèce spécialiste. Elles doivent donc l'éliminer rapidement si elles veulent exploiter leur plante-hôte. Les feuilles sont broyées par les mandibules puis arrivent dans l'intestin moyen. À ce niveau, la nicotine est reconnue par les cellules digestives, ce qui provoque la synthèse d'enzymes de la famille des cytochromes P450 dont la



Figure 3. La chenille de Sphinx du tabac transforme rapidement la nicotine en composés moins toxiques qui sont éliminés avec les excréments - Cliché Daniel Schwen, licence CC 3.0 unported

principale fonction est de catalyser l'oxydation d'un grand nombre de composés organiques et notamment les alcaloïdes. La nicotine est transformée par ces enzymes en composés beaucoup moins toxiques qui sont éliminés avec les excréments dans les 24 heures qui suivent la prise alimentaire. Dans ces conditions, la nicotine ne perturbe pas le fonctionnement des neurones et n'altère pas la transmission des influx nerveux au niveau des synapses.

■ **STOCKAGE A RISQUE... POUR LES AUTRES**
Le Monarque d'Amérique *Danaus plexippus* (Lép. Nymphalidé) consomme au stade larvaire des feuilles d'Asclépiadacées (fig. 4). Ces plantes synthétisent des cardénolides ; ce sont des molécules lipidiques de type stéroïde associées à des glucides qui sont des neurotoxiques pour les insectes non spécialistes. Les chenilles ne transforment pas les cardénolides et les stockent dans leurs organes en particulier dans leur hémolymphe. On retrouve ces composés chez les adultes après la métamorphose. La présence des cardénolides dans le corps des larves et des adultes n'a aucune conséquence sur le fonctionnement des cellules nerveuses, qui y sont insensibles. Les Monarques réalisent de longues migrations sur le continent nord-américain et ont des couleurs vives tant au stade adulte qu'au stade larvaire ; ils sont donc facilement repérables par les prédateurs et notamment par les oiseaux. Or, ceux-ci les évitent car les Monarques ont un très mauvais goût précisément en raison de la présence de ces cardénolides. Cet effet protecteur est si efficace que certaines espèces de Lépidoptères qui sont incapables de stocker des cardénolides ont pu au cours de l'évolution mimer la couleur et les dessins des ailes du Monarque. C'est le cas du Vice-Roi, *Limenitis archippus* (même famille) qui vit dans les mêmes écosystèmes que le Monarque (fig. 5).



Figure 4. Adulte du papillon de Monarque d'Amérique - Cliché H. Guyot-OPIE



Figure 5 : Les dessins et les couleurs des ailes des adultes de Vice-Roi miment ceux du Monarque d'Amérique - Cliché Benny Mazur, licence CC 2.0 generic

■ LA PHARMACIE DES CHRYSOMÈLES

La Chrysomèle du saule *Phratora vitellinae* (Col. Chrysoméliidé) (fig. 6), espèce européenne, se nourrit au stade larvaire de feuilles de saule qui contiennent de la salicine, une molécule organique formée d'acide salicylique et de glucose, connue depuis longtemps pour ses vertus thérapeutiques contre les migraines. La salicine est transformée en aldéhyde salicylique dans le tube digestif. Ce composé va ensuite traverser la barrière intestinale et va s'accumuler dans des glandes se trouvant sur l'abdomen (fig. 6). Lorsque la larve est attaquée, les glandes libèrent des composés volatils riches en aldéhyde salicylique qui sont répulsifs pour les Hyménoptères parasitoïdes et les prédateurs (punaises, oiseaux....). De plus, les sécrétions, riches en aldéhyde salicylique, qui se déposent sur la cuticule des larves ont des propriétés antibactériennes et antifongiques. Elles les protègent contre les maladies bactériennes et les attaques de champignons.

Ces quelques exemples montrent bien la diversité des mécanismes mis en place par les insectes spécialistes pour se nourrir et se développer aux dépens de plantes riches en composés secondaires. Les insectes sont d'excellents chimistes : on ne connaît que quelques stratégies

de défense qui mettent en jeu des transformations souvent complexes. Il y a encore beaucoup à découvrir et la compréhension de ces mécanismes de détoxification peut être très utile non seulement pour la connaissance entomologique mais également en pharmacologie dans la mesure où ces composés secondaires sont (ou seront) les principes actifs de nombreux médicaments.

■ DES PLANTES MANIPULÉES

La Mineuse marbrée¹ *Pyllonorycter blancardella* (Lép. Gracillariidé) se développe dans l'épaisseur du

1. Fiche HYPPZ à www7.inra.fr/hyppz/RAVAGEUR/3phybla.htm



Figure 6. Larves et adultes de la Chrysomèle du saule. Les glandes abdominales noires stockent de l'aldéhyde salicylique provenant de l'alimentation - Clichés R. Coutin-OPIE

limbe des feuilles de pommier. Plusieurs générations se succèdent sur les feuilles vertes de pommier au cours du printemps et de l'été. La dernière génération se développe à l'automne sur des feuilles jaunes sénescences qui sont pauvres en aliments, mais lorsque l'on regarde les feuilles, on constate que la galerie creusée par les larves dans le limbe, appelée mine, est entourée d'une plage verte, c'est-à-dire d'une zone où il y a encore une activité photosynthétique (fig. 7). David Giron, chercheur à l'Institut de recherche sur la biologie de l'insecte de l'université de Tours, a constaté que la présence de cette plage verte était le résultat d'une manipulation du végétal par la larve mineuse qui lui permet de disposer de sucres et de protéines indispensables à son développement. La salive de larve mi-



Figure 7. À gauche, plage verte autour de la mine creusée par sa larve sur la feuille de pommier. Ci-dessus, adulte de la Mineuse marbrée. - Clichés D. Giron - IRBI Tours



nine. Il n'y a plus de plages vertes autour des mines et la mortalité est élevée. Grâce à ces *Wolbachia*, la chenille manipule le végétal (Kaiser *et al.*, 2010). On ignore pourquoi ces bactéries produisent de la cytokinine et quel en est l'intérêt pour elles.

■ EN CONCLUSION

L'analyse des relations entre les plantes et les insectes phytophages montre la diversité des stratégies sélectionnées par chacun des partenaires. Les plantes utilisent non seulement des défenses chimiques pour limiter les attaques des insectes et plus généralement des herbivores mais peuvent aussi faire appel à des insectes parasites ou prédateurs pour tuer ou repousser ces phytophages. Mais la nature ayant horreur du vide, un certain nombre d'espèces d'insectes phytophages ont pu s'adapter sur des

neuse contient en effet une hormone végétale appelée cytokinine qui est libérée dans les feuilles. Elle maintient les tissus foliaires en activité et s'oppose à leur sénescence. C'est ce qui explique que la plage entourant la mine reste toujours verte. La cytokinine n'est pas synthétisée par la larve elle-même mais par des bactéries symbiotiques du genre *Wolbachia*. Lorsque les larves sont traitées avec un antibiotique qui tue les *Wolbachia*, la salive de *P. blancardella* ne contient plus de cytoki-

plantes riches en composés secondaires car ils possédaient des systèmes enzymatiques leur permettant de se nourrir et de se développer à leurs dépens. Certaines espèces d'insectes sont ainsi devenues des spécialistes qui n'exploitent qu'une seule espèce végétale. La connaissance des mécanismes de défense du végétal a non seulement un intérêt en recherche fondamentale mais également appliquée. Les composés secondaires des végétaux sont la source de nombreux principes actifs utilisés en médecine ou en protection des plantes. Un certain nombre de ces composés appelés biopesticides sont principalement employés en agriculture biologique mais ces substances d'origine naturelle peuvent être toxiques pour les insectes pollinisateurs comme les abeilles ou pour les vertébrés comme peuvent l'être les insecticides de synthèse. Ces recherches peuvent également permettre l'obtention de plantes résistantes aux attaques des insectes en introduisant grâce aux techniques de sélection ou de génie génétique des gènes permettant la synthèse de composés secondaires ayant des propriétés insecticides. ■

L'auteur

Jacques Huignard est professeur honoraire à l'université de Tours, administrateur de la Société des amis du Muséum national d'histoire naturelle.

Courriel : jacques.huignard@club-internet.fr

Bibliographie

Kaiser W., Huguet E., Casas J., Commin C., Giron D., 2010. Plant green-island phenotype induced by leaf-miners is mediated by bacterial symbionts. *Proceedings of the Royal Society, London B* 277, 2311-2319. En ligne à [1/rspb.royalsocietypublishing.org/content/277/1692/2311.full](http://rspb.royalsocietypublishing.org/content/277/1692/2311.full)