

► toile d'araignée très dense, propre à dissuader des insectes herbivores.

Si les plantes sont à même de se prémunir de façon autonome contre les herbivores, de nombreux travaux ont montré que leur défense peut aussi reposer sur une « alliance » avec des animaux, qu'il s'agisse de prédateurs ou de parasites. Les végétaux sont en effet capables d'émettre des signaux qui attirent de tels défenseurs. Dans certaines circonstances, elles savent aussi les retenir sur le très long terme en les « récompensant » avec de la nourriture, voir un logement.

DÉFENSE PAR PROCURATION

Lorsqu'elle est attaquée par un herbivore au niveau d'une feuille, une plante active d'abord des défenses internes, par exemple la production de tanins qui rendent les feuilles moins digestes et attractives. Elle peut aussi émettre des composés organiques volatils (COV) qui, en se diffusant dans l'air, informent les parties éloignées de la même plante, voir d'autres plantes : celles-ci peuvent donc anticiper leur réponse antiherbivore. Mais, surtout, les COV peuvent attirer des animaux « au secours » de l'herbivore.

Ainsi, lorsque ses feuilles sont attaquées par l'acarien suceur de sève *Tetranychus urticae*, le haricot *Phaseolus lunatus* émet des COV qui font venir *Phytoseiulus persimilis*, un autre acarien prédateur du premier. De même, on a montré récemment que les feuilles d'un pommier attaquées par des chenilles émettent des COV attractifs pour des mésanges charbonnières, *Parus major*. Or, ces passereaux sont des prédateurs de chenilles.

La communication interplantes n'est pas le seul processus qui permet de prévenir une attaque d'herbivores. La galéruque de l'orme, *Xanthogaleruca luteola*, est un ravageur de l'orme champêtre, *Ulmus minor*. La simple présence d'une ponte de cette chrysomèle sur une feuille d'orme déclenche, sans que les tissus foliaires ne soient endommagés, la production de COV. Ceci peut provoquer la venue d'une guêpe parasitoïde spécifique, *Oomyzus gallerucae*, qui pond ses œufs dans ceux de la galéruque, ses jeunes larves éliminant ainsi le risque d'herbivorie.

De nombreux arbres des forêts tropicales sont protégés de l'action des insectes herbivores par des fourmis arboricoles dont le régime alimentaire inclut à la fois des substances d'origine végétale et des proies et qui patrouillent leur feuillage en permanence. La présence des fourmis sur l'intégralité de la plante est encouragée par celle d'organes produisant du nectar (des nectaires extrafloraux) situés sur toutes les feuilles.

D'autres plantes tropicales, souvent des arbres ou arbustes, dites myrmécophytes, ont des relations encore plus étroites, mutualistes, avec des fourmis ; c'est le cas des fourmis des arbres à adultes. Une espèce de myrmécophyte n'est en général associée qu'à une ou quelques rares espèces de fourmis à plantes. L'arbre récompense

« ses » fourmis qui lui assurent une protection contre les herbivores non seulement avec du nectar, mais aussi avec des « corps nourriciers », produits par des structures spécifiques. En outre, les myrmécophytes se caractérisent par le fait qu'ils procurent un logement aux fourmis dans des structures préformées, des domaties.

Chez le myrmécophyte de sous-bois *Hirtella physophora*, associé en Guyane française à la fourmi *Allomerus decemarticulatus*, les jeunes reines récemment fécondées, fondatrices de nouvelles sociétés, sont attirées spécifiquement par des COV émis par une jeune plante. Ainsi, un jeune myrmécophyte émet des composés qui attirent quelques individus et s'assure de la présence d'une société de fourmi protectrice pour des années. De plus, très souvent, les fourmis à plante, via leurs excréments et déchets, fournissent des nutriments (en particulier de l'azote) à la plante. Une nouvelle version de relation trophique inversée entre plantes et animaux.

Les plantes à fleurs sont également capables par le biais de signaux adéquats de faire venir à elles des animaux qui vont les aider à se reproduire. Pour un Angiosperme, la reproduction passe par le transport du pollen d'une fleur mâle jusqu'au pistil d'une fleur femelle. Chez la grande majorité des plantes à fleur, ce transport est assuré par des animaux pollinisateurs. Au-delà de leurs parties strictement reproductrices, les fleurs sont des structures qui ont aussi pour fonction d'attirer les pollinisateurs par des signaux visuels et olfactifs, et de les retenir suffisamment longtemps, grâce à des récompenses alimentaires, tel du nectar. Dans ce scénario type, les signaux émis par la fleur sont honnêtes...

Mais les fleurs de certaines plantes sont exclusivement fécondées par des pollinisateurs leurrés par des signaux particuliers. Les exemples les plus spectaculaires de tromperie se rencontrent chez les orchidées.

DES ORCHIDÉES LEURRES

Chez les orchidées, où le pollen est disposé sous forme de petites massues nommées pollinies, les fleurs de certaines espèces produisent des signaux originaux qui attirent un pollinisateur bien spécifique, sans le récompenser. Ainsi chez l'Ophrys abeille, *Ophrys apifera*, la pollinisation est assurée notamment par des mâles de l'abeille solitaire, *Eucera longicornis*. La fleur, dont la morphologie ressemble au corps d'une abeille (voir la photo page 67), émet une odeur proche de celle de la femelle du pollinisateur.

En réponse à ces signaux visuels et olfactifs, les mâles d'*Eucera* viennent au niveau de la fleur, « copulent » avec elle et, à cette occasion, posent leur tête au contact d'une pollinie qu'ils transporteront et déposeront sur une autre fleur lors d'une nouvelle pseudocopulation.

Chez l'*Epipactis* à feuilles de verrat, *Epipactis veratrifolia*, la fleur émet une odeur





L'arbre *Barteria fistulosa* (à droite) héberge des fourmis *Tetraponera aethiops* (à gauche, à l'intérieur d'une domatie), qui le défendent avec ardeur. En Afrique centrale, les femmes adultes étaient attachées à l'arbre et subissaient les assauts des insectes.



BIBLIOGRAPHIE

K. YAMAZAKI ET S. LEV-YADUN, Dense white trichome production by plants as possible mimicry of arthropod silk or fungal hyphae that deter herbivory, *Journal of Theoretical Biology*, vol. 364, pp. 1-6, 2015.

J. BRODMANN ET COLL., Orchid mimics honey bee alarm pheromone in order to attract hornets for pollination, *Current Biology*, vol. 19, pp. 1368-1372, 2010.

M. PFEIFFER ET COLL., Myrmecochorous plants use chemical mimicry to cheat seed-dispersing ants, *Functional Ecology*, vol. 24, pp. 545-555, 2010.

J. GRANGIER ET COLL., Mechanisms driving the specificity of a myrmecophyte-ant association, *Biological Journal of the Linnean Society*, vol. 97, pp. 90-97, 2009.

M. HILKER ET T. MEINERS, Early herbivore alert: insect eggs induce plant defense, *Journal of Chemical Ecology*, vol. 32, pp. 1379-1397, 2006.

de pucerons et attire plusieurs espèces de syrphes prédateurs de ces insectes qui la pollinisent. Sur le même principe, la fleur de *Dendrobium sinense*, endémique de l'île de Hainan, en Chine, mime l'apparence et les phéromones d'alarme de l'abeille mellifère : le petit frelon prédateur d'abeilles *Vespa bicolor*, trompé, assurera la pollinisation.

Une fois la pollinisation réalisée et les ovules fécondés, les fleurs se transforment en fruits renfermant des graines. La dispersion des graines à distance de leur plante mère est un autre problème chez les végétaux et la solution passe très souvent par la zoochorie : le transport par les animaux. Chez les Angiospermes, la diversité des fruits est comparable à celle des fleurs et bien souvent ceux-ci émettent également des signaux visuels et olfactifs attractifs. Un des scénarios les plus courants est celui de l'endozoochorie : l'animal, par exemple un singe hurleur, attiré par l'odeur d'un fruit mûr le cueille, le mange en entier et rejette les graines dans ses excréments à plusieurs dizaines de mètres de là.

Parfois les graines sont elles-mêmes attractives. Chez de nombreuses plantes herbacées, telle la violette odorante, *Viola odorata*, elles sont pourvues d'un appendice, un élaïosome, très attirant pour les fourmis. Comme l'indique l'étymologie du mot (*elaïos*, huile, et *soma*, corps), les élaïosomes sont souvent riches en composés lipidiques. Les fourmis qui récoltent les graines à la source les transportent jusqu'à leur nid, y

consomment les élaïosomes puis rejettent les graines à l'extérieur. Mais certaines plantes produisent des graines à faux élaïosomes qui ne fournissent aucune récompense aux fourmis. Ces élaïosomes factices que l'on rencontre sur les graines d'anémone sylvie, *Anemone nemorosa*, et d'ail des ours, *Allium ursinum*, sont des structures annexes beaucoup plus discrètes et moins coûteuses à produire pour la plante que les vrais élaïosomes. Ils sont néanmoins attractifs en raison de composés chimiques similaires à ceux que l'on trouve à la surface de ces derniers.

AU SERVICE DE LA PLANTE

Au-delà de cette interaction trophique négative qu'est l'herbivorie, qui les oppose et les relie au sein des écosystèmes terrestres, plantes et animaux entretiennent des relations positives où leurs fonctions sont complémentaires. Lors de ces interactions, lorsque la plante communique avec l'animal, le message transmis reste excessivement simple. Si à de rares occasions le signal vis-à-vis de l'animal est répulsif (apostématisme, mimétisme agressif), il s'agit la plupart du temps d'un « appel » à l'animal. C'est grâce cette proximité entre les deux protagonistes, parfois entretenue (quand le signal est honnête) par des récompenses disponibles sur place, que l'animal pourra rendre un service à la plante. En d'autres termes, lorsqu'une plante communique avec un animal, elle requiert avant tout de ce dernier ce qui lui manque fondamentalement : la capacité de se déplacer. ■