



La grande diversité des espèces réunies dans un jardin entraîne des réactions complexes, parfois antagonistes que l'on nomme amensalisme ou allélopathie. (Photo : MAP/N. & P. Mioulane)

Interactions végétales la guerre biologique est déclarée

Les interactions complexes entre les êtres vivants se déclinent en mutualisme ou symbiose, commensalisme, parasitisme, prédation, compétition et amensalisme...

En clamant, en janvier 2005 à Paris, lors de la Conférence internationale « Biodiversité, Science et Gouvernance » : « *la variété très riche des ressources biologiques et les interactions entre ces ressources ne sont point un luxe, bien au contraire, elles sont essentielles pour la croissance et le développement des sociétés humaines et pour l'existence même de la vie sur Terre* », Hamdallah Zedan touchait du doigt la complexité de nos liens avec

la nature. L'univers du vivant est un éternel combat où les différentes entités rivalisent d'ingéniosité, d'extravagance et de perversité pour leur survie.

Lorsque chaque organisme utilise l'autre avec un bilan bénéfique réciproque, on parle de mutualisme si chacun peut mener une vie indépendante (pollinisation, myrmécophilie) ou de symbiose lorsqu'il existe une totale interdépendance (lichens, mycorhizes, etc.).

Dans les interactions négatives, le parasitisme désigne l'exploitation durable d'un hôte par le parasite. La

prédation correspond à une interaction temporaire, le temps que la proie soit capturée, puis dévorée par le prédateur. Dans la compétition, les populations concernées ne peuvent coexister. Elles luttent dans un écosystème pour disposer d'une ressource limitée (eau, sels minéraux, lumière).

Inhibiteurs naturels

Le terme « amensalisme » est rarement employé dans le langage courant. Il définit la relation entre deux espèces vivantes, l'une inhibant le



commensalisme. Le premier est défini comme une : « Interaction de populations spécifiques dans laquelle l'une est inhibée, tandis que l'autre (l'amensale) n'est pas affectée. C'est l'opposé de commensalisme ». En effet, étymologiquement, commensalisme signifie : manger à la même table et amensalisme : pas à la même table, le mot combinant le préfixe privatif grec *a*, avec la racine latine, *mensa*, table.

L'amensalisme est rencontré tant chez les animaux et les végétaux que chez les champignons et les bactéries. La population amensale a un effet négatif sur l'autre par son comportement ou par son métabolisme. Dans le cas de végétaux faisant de l'ombre à d'autres espèces, il s'agit d'antibiose.

Lorsque l'on observe une production spécifique de substances chimiques toxiques, on parle de télébiose ou télétoxicité.

Par exemple, les végétaux chlorophylliens produisent de l'oxygène inhibant la croissance des populations bactériennes anaérobies.

Amensalismes primitifs

À l'origine, les antibiotiques résultent de relations amensales entre les champignons et les bactéries. Certains mycètes produisent des substances inhibantes ou destructrices afin de juguler ou de supprimer les populations bactériennes.

Par exemple, la pénicilline est produite par un champignon (*Penicillium*) dans le but d'inhiber la croissance des populations bactériennes pouvant lui être préjudiciable.

Certaines bactéries produisent de l'ammoniaque lors de la décomposition des protéines et des acides aminés des déchets organiques. Cette production est délétère pour les autres populations microbiennes. Elle inhibe aussi le développement de champignons qui pourraient entrer en concurrence.

Des chercheurs ont mis en évidence chez la levure de bière (*Saccharomyces cerevisiae*), de l'amensalisme entre deux souches différentes d'une même bactérie. Ils ont distingué une souche tueuse, amensale, et une souche sensible. L'interaction microbienne est alors létale pour la levure.

Un autre exemple plus surprenant concerne la production laitière. L'importance des différentes populations bactériennes responsables de la dégradation de la cellulose lors de la rumination chez les vaches, est régie par des interactions commensales. Or, des recherches américaines conduites par Weimer en 2002 prouvent qu'il y a une corrélation entre la taille de ces populations et la production laitière.

Même les fourmis mettent à profit les relations amensales entre les champignons et les bactéries. Ainsi, les fourmis coupeuses de feuilles (*Atta sexdens*) cultivent des champignons qui leur servent de nourriture sur des fragments de feuilles. Elles

Il est bien difficile de croire que tant de merveilles, tant d'ingéniosité dans le monde soient l'effet du hasard et de la chimie seulement.

(René Barjavel)

sélectionnent non seulement les espèces fongiques qui les nourriront mais elles favorisent aussi la croissance de *Streptomyces*. Cette bactérie, organisée en filaments, ressemble à un champignon et produit des antibiotiques qui empêchent le développement d'un champignon (*Escovopsis*) parasite du jardin « fongique ».

Végétaux et animaux

Un exemple d'amensalisme des animaux sur les végétaux est l'inhibition que provoquent certaines



La galle en massue de l'orme. (Photo : DR)

colonies d'oiseaux sur la croissance des végétaux. Par exemple, les arbres sur lesquels sont construits les nids de cormorans ou de hérons voient ainsi leur croissance inhibée ou même sont tués par les excréments toxiques des oiseaux. Ces derniers ne souffrent pas de la nanification des arbres, ni de la disparition de la couverture végétale.

L'amensalisme peut aussi exister entre des espèces animales du même genre. La galle de l'orme (*Ulmus sp.*)

est due à un puceron cireux (*Tetraneura ulmi*). Des chercheurs japonais ont prouvé qu'il existait des relations d'amensalismes entre différentes espèces de *Tetraneura* qui infectaient l'orme du Japon (*Ulmus davidiana*). Cependant, l'amensalisme n'est pas suffisamment significatif pour exclure entièrement une espèce au profit des autres. On ne peut l'utiliser dans un contexte de lutte biologique.

L'amensalisme constitue une compétition entre les espèces qui se traduit par l'invasion de l'amensale, qualifiée de « supérieure », et la



Les fourmis *Atta sexdens* utilisent des champignons et leurs antibiotiques. (Photo : DR)

développement de l'autre, mais sans en retirer directement profit.

Ce comportement fondamental explique les compétitions entre les différentes espèces vivantes : bactéries, champignons, végétaux et animaux, qui composent la diversité biologique. Dans certains cas, l'homme a su mettre à profit de manière plus ou moins consciente quelques conséquences de l'amensalisme (antibiotiques et autres médicaments, production laitière...).

Le terme amensalisme semble avoir été d'abord employé en référence à la sociologie. En 1952, lors de travaux sur la coopération et les conflits au sein des organismes primitifs, le phytopathologue américain Walter H. Burkholder aurait adapté une définition sociologique utilisée par Francis Haskell (1949).

Dans le dictionnaire « Concise Oxford Dictionary of Ecology » (1994), l'amensalisme est opposé au



Cypripedium calceolus est devenu rare en raison de relations amensales avec l'homme qui détruit son biotope. (Photo: Wikimedia)

migration de l'autre espèce, dite « inférieure ». Ces migrations sont généralement géographiques, mais elles peuvent aussi être saisonnières. Ainsi, le pommier est-il colonisé par deux populations redoutables d'acariens (*Panonychus*

ulmi et *Tetranychus urticae*). Les variations saisonnières de leurs attaques sont dues à des effets amensaux qu'engendrent les toiles de ces deux espèces.

Les humains entretiennent aussi des relations amensales avec de

nombreuses espèces animales ou végétales. Ces dernières peuvent souffrir d'une ou plusieurs activités humaines, telles que la pollution automobile, celle des usines chimiques. La flore et la faune pâtissent aussi de la destruction de leur

habitat. À l'inverse, certains écosystèmes ont été entièrement créés par l'homme (forêt des Landes, marais de Sologne) et servent d'habitat à une biodiversité sauvage.

L'allélopathie

Chez les végétaux, l'amensalisme est souvent lié à des phénomènes d'allélopathie, terme qui désigne l'ensemble des interactions biochimiques existant entre une plante et un autre organisme (végétal, champignon ou micro-organisme).

Le mot allélopathie, du grec *allélos*, l'un l'autre et *pathos*, maladie, est apparu en 1937 dans une monographie allemande sous la plume du botaniste Hans Molish, spécialiste de la photosynthèse, qui devait décéder la même année.

Le terme resta ignoré pendant plusieurs décennies, jusqu'à ce que, au début des années 1960, l'écologue américain Elroy Leon Rice (1917 - 2000) l'utilise à nouveau pour expliquer la rapide disparition des herbes pionnières dans les champs abandonnés en Oklahoma. Il montra que la longévité des stades de colonisation : 2 à 3 ans pour les plantes pionnières, de 9 à 13 ans pour les annuelles et de 30 à 50 ans pour les

Les interactions entre deux espèces vivantes

| Interaction | Durée | Effet sur la 1 ^{re} espèce | Effet sur la 2 ^e espèce | Exemples |
|---|------------|-------------------------------------|------------------------------------|--|
| Mutualisme ou symbiose | Durable | Positif | Positif | Plantes à fleurs Insectes pollinisateurs |
| Commensalisme | Durable | Positif | Indifférent | Homme/Moineaux |
| Parasitisme (holo- ou hémi-parasitisme) | Durable | Positif | Négatif | Gui, orobanche, lathrée |
| Prédation | Temporaire | Positif | Négatif | Plantes insectivores Insectes, acariens |
| Amensalisme (allélopathie chez les végétaux) | Durable | Indifférent | Négatif | Phacélie, noyer, phlomis rue, romarin, mimosa |
| Antagonisme ou compétition | Durable | Négatif | Négatif | Hêtre/autres plantes (germination) |



L'abeille, insecte utile pollinisateur.



Le syrphe, insecte utile prédateur.



La phacélie est une plante à l'amensalisme très profitable au jardin. (Photo: MAP/GWI)



Les racines de la piloselle sécrètent des substances herbicides. (Photo: Panoramico)

vivaces, ne pouvait s'expliquer que par des interactions allélopathiques qui provoquaient l'inhibition de la fixation de l'azote.

Rice publia en 1974 les résultats de ses recherches dans un livre intitulé: « Allelopathy ».

Comptant parmi les meilleures plantes mellifères, la phacélie attire les hélophiles (syrphes), des diptères qui contrôlent les populations de pucerons. La phacélie permet également d'accroître les populations de trichogrammes, des micro-hyméno-

Un exemple de télétoxie existe chez l'épervière piloselle (*Hieracium pilosella*). Très commune en Europe sur les sols secs, cette Astéracée vivace, que l'on appelle aussi « oreille-de-souris », colonise les friches hautes peuplées d'avoine élevée (*Arrhenatherum elatius*), une graminée appelée aussi fromental. Grâce à ses facultés télétoxiques, *Hieracium pilosella*, qui mesure en moyenne de 10 à 15 cm de haut, transforme ces

possède un pouvoir antibactérien, fongicide et herbicide.

Ceci explique sans doute que la piloselle puisse devenir une espèce envahissante lorsqu'elle est introduite dans d'autres pays. C'est le cas en Nouvelle-Zélande où elle envahit aujourd'hui les herbages.

Grâce à ses propriétés allélopathiques, l'épervière piloselle permet de limiter l'usage des herbicides et réduit le travail du sol. Elle a été testée dans des parcelles cultivées d'arbres car elle n'entre pas en concurrence avec eux.

L'efficacité dépendant de facteurs génétiques, phénologiques et environnementaux, l'utilisation potentielle des propriétés allélopathiques pour valoriser les cultures passe par la compréhension et la maîtrise de ces facteurs.

Action subtile

Les molécules chimiques allélopathiques sont souvent des métabolites secondaires. Leur rôle ne semble pas nécessaire au niveau de la cellule car elles n'exercent pas de fonction directe dans les activités fondamentales du végétal (acides phénoliques, flavonoïdes, terpénoïdes et alcaloïdes). Cependant, ces substances jouent un rôle important à l'échelle de la plante, car elles sont souvent capables d'inhiber la germination ou le développement des organismes alentour.

Précieuse phacélie

La phacélie (*Phacelia tanacetifolia*) est une plante annuelle mellifère largement utilisée en agriculture biologique. L'amensalisme lui permet de se comporter comme un herbicide naturel car sa biomasse importante concurrence la germination et le développement des adventices. Semer cette Hydrophyllacée joue un rôle nettoyant pour le sol.

« Une herbe sauvage n'est jamais « mauvaise ». Elle est acceptable ou non, selon le lieu où elle croît. »

(Serge Lepeltier, Maire de Bourges)

tères parasitoïdes des œufs de lépidoptères, dont les carpocapses (vers des pommes et des prunes). la plante attire aussi la guêpe *Aphelinus mali* qui, parasitant le puceron lanigère du pommier, permet d'en contrôler de manière naturelle la nuisibilité.

La phacélie, très utilisée comme engrais vert, est réputée prévenir les attaques de nématodes après une culture de pommes de terre ou de betteraves. Mais les études sur ce sujet ont donné des résultats contradictoires, alors prudence...

Épervière et télétoxie

Lorsque les racines émettent des substances nocives pour empêcher la pousse d'autres espèces à proximité, on donne à ce mode de relation antagoniste le nom de télétoxie.

zones en pelouse rase où elle devient dominante.

Cette capacité allélopathique de l'épervière piloselle est due à l'émission d'acides organiques de la famille des phénols (acide caféique et acide chlorogénique). Ce dernier



Une culture de phacélie a un effet nettoyant sur le sol. (Photo: Winfried Gaenssler)



La rue (*Ruta graveolens*) contient dans ses racines des coumarines répulsives à l'égard du basilic. (Photo: MAP/N. & P. Mioulane)

Noyer herbicide

L'effet allélopathique du noyer avait été remarqué dès le 1^{er} siècle après J.-C. par Pliny l'Ancien (23 - 79) qui nota l'absence de couverture végétale sous cet arbre sans évidemment comprendre la cause du phénomène.

Les feuilles du noyer sécrètent une phytotoxine phénolique, la juglone. Lessivée par la pluie, elle tombe sur le sol, empêchant le développement de beaucoup de plantes herbacées. En réduisant la compétition pour les ressources, cela augmente les chances de développement de l'arbre.

La juglone a donné son nom botanique au noyer: *Juglans regia*. Il



Le noyer, une plante herbicide efficace.

s'agit bien d'un phénomène d'amenalisme et non d'une compétition. En effet, la croissance des mousses, des fougères et des autres plantes à fleurs de petite taille peu menaçantes pour l'arbre est inhibée au même titre que d'éventuels compétiteurs (autres arbres, arbustes)

Heureusement pour le jardinier, toutes les plantes ne sont pas affectées négativement par la juglone. Myosotis, *Pachysandra terminalis*, barbe-de-bouc (*Arunco sylvester*), alchémille, hosta, heuchère, bugle rampante (*Ajuga reptans*) et la majorité des bulbes peuvent constituer un joli décor au pied de cet arbre.

Guerre des plantes

Le comportement allélopathique observé chez le noyer est partagé par beaucoup d'autres plantes. Même le tournesol (*Helianthus annuus*) sécrète des produits toxiques pour inhiber la croissance ou la germination de ses compétiteurs.

Dans la garrigue méditerranéenne, la bruyère (*Erica multiflora*), le grémil (*Lithodora fruticosa*), l'hélianthème (*Helianthemum lavandulifolium*), le romarin (*Rosmarinus officinalis*), produisent un effet inhibiteur sur les plantes annuelles.

Les phénomènes allélopathiques existent aussi chez les plantes cultivées. Ainsi, certaines variétés de pastèques (*Citrullus lanatus*) sont

résistantes à la fusariose (*Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum*), une redoutable maladie cryptogamique.

Entre autres caractères, les racines des variétés résistantes produisent des substances aux actions complexes. Elles limitent la production de toxines par le champignon, tout en stimulant la production d'enzymes induisant la destruction de ses parois cellulaires.

Effets contradictoires

Les conséquences des propriétés allélopathiques d'une plante peuvent être sélectives. La paille d'avoine (*Avena sativa*) utilisée en mulch semble inhiber la croissance de certaines adventices: plantain (*Plantago lanceolata*), herbe à aiguilles (*Bidens pilosa*) mais aussi de plantes cultivées (riz, tomate). Certaines espèces seraient indifférentes, tandis que la croissance du maïs et du souchet rond (*Cyperus rotundus*) serait, à l'inverse, favorisée par le mulch de paille d'avoine.

Des promesses

La diversité des relations amensales ou allélopathiques que l'on découvre petit à petit chez les plantes, ouvre des perspectives d'utilisation importantes pour l'homme.

Ces substances naturelles pourraient, à terme, solutionner les pro-

blèmes des mauvaises herbes qui doivent toujours être gérés par l'utilisation d'herbicides de synthèse. Si la majorité des problèmes d'adventices est maîtrisée à court terme par les produits chimiques, les effets néfastes à long terme ne doivent pas être occultés.

On constate un appauvrissement de la flore dans les parcelles régulièrement désherbées, des résistances à certains herbicides sont apparues et les risques de pollution des eaux sont réels.

Maîtriser l'usage des plantes et des substances allélopathiques en agriculture permettrait de disposer d'herbicides, de fongicides et d'insecticides naturels censés pouvoir préserver l'environnement.

Différentes possibilités sont envisageables: un enherbement complémentaire de plantes allélopathiques pour des cultures ligneuses. Des espèces sélectionnées pour leurs effets allélopathiques ou des cultures intercalaires nettoyantes.

Des expériences prometteuses viennent appuyer cette démarche. Les parties aériennes séchées de différentes plantes (*Artemisia annua*, *Bromus tectorum*, *Hordeum murinum*, *Origanum vulgare*) incorporées dans le sol ont permis de réduire, de manière significative, la croissance des mauvaises herbes.

Outre leurs effets allélopathiques, certaines plantes telles que la phacélie permettent aussi d'enrichir les sols. Cette approche s'inscrit bien dans une production intégrée.

Reste à s'assurer que les substances sécrétées, à des doses infinitésimales par les plantes dans la nature, puissent être contrôlées et utilisées sans risque de « pollution biologique ». En avançant à grand pas dans la recherche de soins « naturels » on se rend compte, de plus en plus fréquemment, que les capacités de nuisances au naturel sont souvent plus fortes que celles que l'on attribue à l'homme. Alors prudence et modération!

Premiers résultats

Avec l'apparition de l'acide pélargonique (Finalsan) dans les gammes herbicides, on peut considérer qu'un premier succès industriel a été obtenu en s'inspirant de l'allélopathie. Sûr que de nombreuses solutions seront bientôt découvertes. Le futur s'annonce passionnant! ■