

Parole de plante

Par Marie-Hélène Croisetière

« À l'aide ! À l'aide ! », s'époumonent-elles. Grignotées de toutes parts par les insectes et les mammifères, les plantes ne restent pas sans voix. Mais si leurs appels chimiques sont entendus par des insectes alliés et d'autres plantes, ils n'atteignent pas encore les oreilles de nos chercheurs québécois. Dommage, la conversation s'annonçait fertile !

Tel un linguiste, Ian Baldwin explore tous les jours depuis vingt ans le mystérieux langage des plantes. Les premiers signes d'une communication entre végétaux l'ont d'ailleurs stimulé à devenir chercheur. Il était alors étudiant en biologie au Dartmouth College, dans le New Hampshire. Il se souvient.

« Une étude venait de paraître, raconte-t-il, et ses résultats révolutionnaient l'idée que l'on se faisait des plantes. C'était en 1983. David Rhoades, chercheur à l'Université de Washington, avait volontairement infesté quelques saules avec des chenilles. Celles-ci broutaient les feuilles, qui se défendaient en émettant des substances toxiques. Jusque là, rien de surprenant pour la science de l'époque. »

« La grande nouveauté, ç'a été de découvrir que les mêmes substances étaient sécrétées par des feuilles non attaquées et, plus déconcertant encore, par des arbres intacts situés à quelques mètres ! », poursuit-il. Les arbres communiquaient-ils ? Avec d'autres chercheurs, Rhoades suggère l'hypothèse qu'une substance de défense émise par l'arbre attaqué puisse être détectée par ses voisins.

Intrigué, Baldwin se lance, quelques mois plus tard, dans l'étude des mécanismes de communication entre plantes. Il devient l'un des premiers chercheurs à s'intéresser au phénomène.

Le biologiste dirige aujourd'hui un important institut de recherche sur l'écologie chimique en Allemagne, le *Max Planck Institute for Chemical Ecology*.

Fumets signalétiques

Les arbres de David Rhoades, surnommés « arbres parlants », communiquaient-ils par leurs racines ou par les airs ? Baldwin choisit de vérifier la seconde hypothèse. Après tout, se dit-il, les plantes sont expertes dans l'émission de composés volatils ! Ne dégagent-elles pas l'oxygène que nous respirons et ne laissent-elles pas flotter des arômes floraux envoûtants ?

Baldwin empote donc de jeunes peupliers et des érables à sucre. Sur certains, il imite le broutage des chenilles en déchirant quelques feuilles. Deux jours plus tard, même les arbres intacts sont prêts à attaquer : leurs feuilles émettent une grande quantité de tanins et de phénols, substances qui ralentissent le développement des chenilles. Baldwin suggère que l'éthylène, un composé volatil, puisse avoir servi de signal entre les arbres. Encore étudiant, il croit avoir obtenu la preuve que la communication aérienne entre plantes est un fait écologique.

Les scientifiques ne l'entendent pas ainsi. Ils font remarquer que le test, parce qu'il a été réalisé dans un endroit non aéré, a pu donner lieu à des concentrations en composés volatils beaucoup plus grandes qu'en milieu naturel. Par ailleurs, le

manque de gaz carbonique (CO₂) a pu provoquer l'ouverture des stomates à leur maximum, augmentant ainsi la réceptivité des feuilles.

La démonstration, bref, n'était pas parfaite. Elle confirmait bien qu'une plante peut réagir aux composés volatils d'une autre, certes, mais la possibilité qu'une telle prouesse soit possible en forêt ou dans un jardin restait à vérifier.

Vingt ans plus tard, les expériences réalisées sur le terrain ou dans des laboratoires ventilés ont convaincu la majorité des chercheurs que certaines plantes peuvent capter le signal aérien d'une autre. À ce titre, l'aulne glutineux, le tabac et la sauge comptent parmi les végétaux les plus étudiés.

Les scientifiques ne s'aventurent pas, par contre, à généraliser le phénomène. Quelle proportion d'espèces végétales perçoivent ces signaux aériens et est-ce surtout le fait d'arbres, de vivaces ou d'annuelles ? On l'ignore. On ne sait pas non plus si la plante émettrice tire avantage de sa situation d'informatrice. Bien qu'une voisine informée puisse l'aider à évincer le ravageur, l'informatrice a également avantage à la voir dépérir : la lumière et les éléments nutritifs du sol lui seraient alors entièrement disponibles.

Dans ces conditions, le scénario le plus probable est que le signal s'adresse à l'ennemi plutôt qu'à la voisine : la plante reçoit la visite d'un herbivore, produit des « armes chimiques » pour s'en défendre, notamment des volatils. Une fois interceptés par la voisine, ces volatils lui signalent la présence d'un ravageur. On parlerait donc plus d'espionnage que de dialogue !

Sachez chasser cet herbivore

Si la science en est à ses débuts concernant la communication entre plantes, elle est beaucoup plus avancée en ce qui a trait à la communication entre plantes et insectes.

Revenons aux arbres étudiés par David Rhoades. Attaqués par des chenilles, ils produisent des substances qui intoxiquent leurs assaillantes. C'est le système de défense induit, déclenché en cas de besoin seulement. Il sert de complément aux défenses permanentes, constituées d'épines, de résine ou de latex, par exemple.

Mais comment les arbres différencient-ils les blessures causées par un ravageur de celles provoquées par un coup de panache, par exemple ? Très simple : lorsqu'il broute, l'herbivore laisse des acides gras et des enzymes digestives sur la feuille. Ces traces permettent à l'arbre d'identifier son agresseur et de produire l'arme chimique appropriée. Les plantes ont d'ailleurs tout avantage à ne fabriquer ces armes qu'en cas d'attaque car elles lui coûtent des réserves énergétiques précieuses pour sa croissance.

Dans le règne végétal, on dénombre plus de 10 000 armes chimiques de ce genre. Certaines substances sont volatiles, d'autres non et chaque plante a son répertoire propre. Selon le type d'assaillant, elle fabrique, en quelques heures ou quelques jours, des substances au goût repoussant ou d'autres susceptibles de dérégler la digestion de l'animal, de ralentir sa croissance ou de l'intoxiquer.

La plante peut aussi intimider les prochains visiteurs. Attaquée par des punaises, par exemple, elle émet une odeur caractéristique. Reconnaisant ce parfum, une

nouvelle venue hésitera à pondre ses œufs là : la place ne risque-t-elle pas d'être déjà occupée ? Pire encore, cette odeur pourrait avoir alerté des prédateurs...

Car certaines plantes envoient des messages encore plus sophistiqués : elles lancent des appels à l'aide. Ces volatils d'alerte attirent des insectes alliés qui, flairant la bonne affaire, viennent dévorer ou parasiter l'agresseur de la plante. L'allié fait bombance, la plante s'en tire indemne une fois de plus.

La question a d'ailleurs valu à Ivan Hiltpold, étudiant suisse, d'être publié en 2005 dans la très réputée revue scientifique *Nature*. Une façon fort élégante de lancer sa carrière de jeune chercheur, admet-il en riant.

Au cours de sa maîtrise, Ivan Hiltpold a étudié le mécanisme d'appel à l'aide de certaines variétés de maïs. Il explique : « Une racine est attaquée par la chrysomèle des racines de l'ouest [*Diabrotica virgifera virgifera*], un coléoptère ravageur voisin des doryphores de la pomme de terre. Elle émet alors un composé volatil lourd, le (E)- β -caryophyllène, qui attire un minuscule ver du groupe des nématodes. Le ver se rend sur le lieu d'infestation, s'introduit dans la chrysomèle et la tue en la parasitant ! »

D'autres plantes en font même davantage. Lorsqu'elles sont assiégées par un herbivore, elles sécrètent quelques gouttes d'une solution sucrée. Accompagné ou non de composés volatils, ce nectar attire l'allié. Celui-ci s'empare de la friandise au passage, avant ou après avoir attaqué « l'ennemi ».

Faire parler les récoltes

Ces études modifient l'idée que la plupart des gens se font des plantes. Elles pourraient aussi modifier les pratiques agricoles.

« Une avenue intéressante consiste à reproduire les composés volatils qui stimulent une plante à se défendre et de les vaporiser sur les cultures infestées », explique Ian Baldwin. Une manière, donc, d'aider la plante à se protéger elle-même.

Selon l'expert, l'état de la recherche pourrait permettre de commercialiser la méthode d'ici quatre ans. « À condition qu'une entreprise soit intéressée à manufacturer le produit », prévient-il. Il n'y en a guère pour le moment mais cela pourrait changer rapidement. En effet, plusieurs insecticides chimiques devront être remplacés tôt ou tard, puisque nombre d'insectes y deviennent résistants. Mais le problème ne risque-t-il pas de se reproduire avec cette nouvelle technique ?

« C'est beaucoup moins probable, explique Baldwin, parce que les défenses naturelles de la plante ont des effets moins extrêmes. » Ce qu'il faut savoir, c'est que la résistance d'un insecte ne s'acquiert que si le pesticide est assez puissant pour le tuer. Il décime alors les plus faibles, laissant les insectes résistants se reproduire et transmettre cette résistance à leur progéniture.

Pour limiter l'usage des pesticides, les chercheurs songent aussi à une option encore plus simple. Elle consiste à utiliser des variétés agricoles naturellement ou artificiellement (par génie génétique) loquaces et défensives.

Ivan Hiltbold y croit beaucoup. Il travaille présentement à identifier les variétés de maïs qui envoient plus efficacement des appels à l'aide à son ver « ami ». Les résultats de ses recherches montrent que presque toutes les variétés américaines sont muettes, contrairement aux variétés anciennes et européennes.

Le chercheur ne s'arrête pas là : « J'évalue également la réceptivité des vers alliés du maïs et j'espère ainsi créer une lignée de vers plus performants », raconte-t-il. À ce titre, Hiltbold se sert d'un dispositif ingénieux. Il s'agit d'un réseau de tunnels en forme d'étoile. Au bout de chaque bras, il a disposé un plant de maïs infesté ou non par la chrysomèle. Placés au centre, les vers cheminent le long du couloir de leur choix. « Ceux qui se dirigent rapidement vers les racines infestées sont accouplés entre eux », précise Hiltbold. La nouvelle lignée pourra être introduite dans des champs ravagés par la chrysomèle.

Et, là encore, pas de résistance en vue. « La raison, d'ailleurs, est très simple, remarque Ivan Hiltbold, c'est que les vers et le maïs sont des organismes vivants et peuvent s'adapter. Ils sont donc sur un pied d'égalité avec la chrysomèle, pouvant améliorer leurs performances tout autant qu'elle. » Une sorte de course à l'armement, en somme, dont sort vainqueur celui qui ne combat pas directement : l'agriculteur.

À la rescousse de notre maïs

Au Québec, la chrysomèle est le premier ravageur en importance après la pyrale du maïs. Pour le moment, les deux espèces présentes chez-nous (la chrysomèle du nord et celle de l'ouest) sont bien maîtrisées par la rotation des cultures. « Leurs œufs ne se développent normalement que sur le maïs. En alternant, d'une année à

l'autre les cultures de maïs et de soya, on se débarrasse du ravageur. », explique François Meloche, biologiste expert au ministère d'Agriculture et Agroalimentaire Canada à Ottawa.

Mais les paysans des États-Unis font face à de nouvelles variantes génétiques : « Certaines chrysomèles du nord demeurent latentes pendant deux ans » explique François Meloche. Ainsi, pendant qu'on cultive le soya, la chrysomèle dort... et se réveille lorsque le maïs est planté à nouveau ! Une variante de l'autre espèce, celle de l'ouest, a tout simplement diversifié son menu : en plus du maïs, elle se nourrit maintenant de soya.

Si ces variantes s'installent sous nos latitudes, la rotation des cultures ne sera plus d'aucun secours. Les approches de lutte biologique deviendraient alors intéressantes, estime François Meloche.

Malheureusement, aucun chercheur québécois ne travaille sur la communication chimique des plantes et sur ses applications. La majorité de nos experts en lutte biologique se déclarent toutefois intéressés par le sujet mais reconnaissent être peu au fait des derniers développements. Selon Jacques Brodeur, biologiste à l'Université de Montréal, il s'agit là d'une situation déplorable.

Faute de s'intéresser au langage végétal, les chercheurs québécois demeurent donc sourds aux plaintes des végétaux horticoles. Ainsi, les composés volatils s'échappent, comme autant de paroles perdues dans le vent.

Pendant ce temps

Mais pendant ce temps, plusieurs chercheurs à l'étranger tentent de rattraper ces vocables envolés. Le génie génétique leur offre une avenue prometteuse.

« Jusqu'à présent, le principal problème sur lequel nous avons buté, explique Ian Baldwin, c'est de reconnaître à quel moment et comment une plante réagit au signal d'une autre ». Certaines mobilisent leurs défenses et cela a été abondamment étudié. Mais qu'en est-il d'une plante qui perçoit le message mais ignore la menace ?

« À ce titre, les études avec des animaux sont beaucoup plus simples : on regarde leur comportement et on déduit s'ils ont perçu ou non le message », explique Baldwin. Les signes de réception d'une plante sont moins visibles. Ils s'observent dans sa petite usine interne, sous forme de modifications dans la production et la dégradation de protéines, d'hormones ou d'autres molécules. Il faut donc plus qu'un simple microscope pour la détecter !

Heureusement, des instruments spécialisés existent aujourd'hui et ont déjà permis d'identifier quelques gènes liés à la production ou la perception de divers composés volatils. Les chercheurs peuvent maintenant, par génie génétique, produire des plants incapables d'émettre ou de percevoir certains volatils.

Ces plants sourds ou muets ouvrent des voies de recherche inestimables, selon Baldwin. En comparant la réponse de plants sourds à celle de plants normaux, le chercheur espère mieux comprendre ce qui se passe chez la plante réceptrice. Avec

les plants muets, il a l'intention « d'identifier, dans le nuage de composés volatils qu'une plante émet, lesquels servent de signal », une façon de distinguer le message réel du bruit de fond.

Un composé volatil à la fois, Ian Baldwin et ses confrères se mettent tranquillement au parfum du langage végétal. Ils sont toutefois loin d'en détenir la clé. Les fumets signalétiques de leurs interlocutrices végétales traverseront-ils l'Atlantique ? Les chercheurs québécois pourraient alors entrer, eux aussi, dans la discussion.

Encadré - Vocabulaire volage

Appelés « composés volatils organiques », les fumets signalétiques des végétaux sont composés de plusieurs atomes de carbone. Trente-six pour cent du carbone assimilé par les plantes sert d'ailleurs à les fabriquer. Selon leur poids, ces composés se dispersent plus ou moins loin. Les plus lourds sont plus mobiles et pourraient être les principaux messagers entre plantes. Parmi eux, on trouve des terpènes, des alcools, le jasmonate de méthyle et des composés aromatiques comme le salicylate de méthyle et les volatils dits de feuilles vertes (*green leaf volatiles*, ou *GLV*).

Encadré - À la Une

La présence d'herbivores est-il le seul renseignement qu'une plante puisse tirer des signaux d'une autre ? « Je crois que non », répond Baldwin. Le chercheur se demande d'ailleurs si les composés chimiques de défense émis par une plante attaquée sont toujours provoqués par l'herbivore en question. Certaines armes chimiques pourraient tout aussi bien s'adresser aux virus et bactéries dont les insectes sont vecteurs et qui font parfois de grands dommages aux végétaux. L'idée est lancée mais reste à être vérifiée.

Les plantes pourraient aussi percevoir la présence de voisins par les volatils qu'ils émettent. On sait qu'en grandissant, la plante modifie son angle de croissance pour obtenir le plus de lumière possible. Certaines plantes d'appartement en deviennent même complètement asymétriques ! Dans une forêt ou un jardin, le principal obstacle à la lumière, c'est le voisin. Pour le repérer, les plantes disposent de phytochromes. Nombreux dans les feuilles, ces amalgames de pigments détectent le rayonnement infrarouge. Une augmentation signifie que le voisin n'est pas loin : il faut croître de l'autre côté. Or les travaux de Ian Baldwin ont montré qu'un tabac OGM rendu insensible à un volatil léger, l'éthylène, répond moins rapidement qu'un plant normal à l'augmentation de rayonnement infrarouge ... Un peu comme si la plante n'arrivait plus à évaluer la proximité des voisins qu'elle ne « sent » pas. Puisque l'éthylène ne se disperse que sur de courtes distances, il pourrait, lui aussi, servir de signal de distance.