

L'objectif de l'écologie chimique est de manipuler le comportement des insectes pour les empêcher de se reproduire ou de reconnaître leur plante-hôte.



LUTTE CONTRE LES RAVAGEURS

TROMPER LES INSECTES grâce à l'écologie chimique

Outre le lâcher d'insectes auxiliaires ou la sélection de variétés résistantes, une solution originale alternative aux insecticides se profile grâce à l'écologie chimique. Il s'agit d'identifier et de reproduire les odeurs diffusées par les plantes pour modifier le comportement des insectes. Les travaux débutent concernant la pyrale du maïs et la bruche de la féverole.

L'écologie et la chimie ne font *a priori* pas bon ménage. Une science ose pourtant associer les deux termes : l'écologie chimique. Elle s'intéresse aux messages chimiques qui régissent les relations entre les individus d'une ou de plusieurs espèces, animales ou végétales. L'application la plus connue concerne l'utilisation de phéromones sexuelles des femelles de lépidoptères pour piéger des insectes mâles. Employée notamment avec la pyrale du maïs, cette technique permet en grandes cultures de surveiller les vols et le niveau d'infestation dans une parcelle. En arboriculture, ces phéromones sont utilisées dans la lutte directe

contre le carpocapse des pommes et des poires : appliquées en masse, elles génèrent une confusion sexuelle chez les mâles qui ne trouvent plus leurs femelles. Ce frein à la reproduction limite les infestations.

Des repères olfactifs produits par les cultures

Le pouvoir des odeurs vaut aussi entre une plante et un insecte. Ce dernier ne colonise pas une parcelle sans y avoir été attiré par une odeur, surtout s'il est monophage. C'est par exemple le cas de fleurs qui diffusent certains composés pour attirer les insectes pollinisateurs. Ce ne sont pas des

phéromones, qui servent d'intermédiaires entre individus de la même espèce, mais des médiateurs inter-espèces appelés substances allélochimiques. Ces odeurs ou « messages chimiques » servent généralement à la reconnaissance de

« Ces odeurs ou messages chimiques servent généralement à la reconnaissance de plante-hôte. »

plante-hôte. À terme, ces substances pourraient être reproduites et pulvérisées en dehors de la parcelle à protéger ou sur une zone plus large pour amener de la confusion chez les ravageurs. Elles pourraient également servir en sélection : pourquoi ne pas s'intéresser préférentiellement aux plantes qui n'émettent pas ou peu ces substances et peuvent esquiver les attaques ?

La pyrale hume le maïs

ARVALIS – Institut du végétal et l'INRA ont initié des travaux sur la pyrale du maïs et la bruche de la féverole (1) afin d'explorer les perspectives offertes par ces nouvelles méthodes de lutte.

Avant de se lancer dans la recherche de molécules attractives pour les insectes, il a fallu s'assurer que les insectes colonisaient bien les parcelles par le biais de messages olfactifs produits par la culture. Dans le cas de la pyrale, les adultes ne vivent pas dans le champ de maïs mais dans des zones herbacées. Ce n'est qu'une fois fécondées que les femelles reviennent dans le maïs pour pondre dans les tiges. Ce retour s'opère au début de la nuit, laissant penser que le maïs n'émet pas les mêmes messages chimiques en diurne et en nocturne. Des collectes d'odeurs au niveau d'une parcelle de maïs ont permis de vérifier cette hypothèse : le maïs produit des « bouquets odorants » différents en journée et pendant la nuit. Ils sont constitués d'une trentaine de composés organiques volatils dont les ratios varient selon la période de la journée. Pour identifier ceux qui ont le pouvoir d'attirer les femelles dans le maïs, la perception par l'insecte de chaque composé a été analysée par électroantennographie (voir ci-contre). Les résultats ont montré qu'ils étaient cinq à être particulièrement bien perçus par les femelles. Cela en fait donc des molécules potentiellement véhicules du message attractif. Cette première étape étant franchie, les travaux s'orientent maintenant sur l'étude du comportement des femelles *in situ* lorsqu'elles sont soumises à des odeurs mélangeant ces cinq composés à différentes concentrations. Toute la difficulté consiste à trouver les bons mélanges dans

↑ Décoder le message attractif

Le décodage d'un message olfactif attractif pour un insecte donné passe par trois étapes successives. Il s'agit dans un premier temps de collecter les « odeurs » diffusées par les plantes. Une odeur est généralement un mélange de composés organiques volatils dont la concentration de chacun est déterminante. Pour cette collecte, des fibres de résine ayant une très grande affinité avec ce type de composés sont placées sur les fleurs, les feuilles, les tiges voire les racines des plantes. La difficulté réside dans le fait que les messages chimiques sont parfois produits dans de très faibles quantités, de l'ordre du nanogramme (10^{-9} g). Heureusement, les spectromètres de masse couplés à la chromatographie en phase gazeuse permettent aujourd'hui de décomposer les constituants d'une odeur. Ils donnent en quelque sorte une « empreinte digitale » des messages chimiques émis par les plantes.



Pour évaluer l'attractivité d'une odeur, des insectes sont placés dans des dispositifs où ils peuvent choisir de se déplacer ou non vers une odeur naturelle ou de synthèse (tunnel de vol à droite, pitt-fall à gauche).

Dans une seconde phase, la perception par les insectes de chaque composé collecté est mesurée par électroantennographie (EAG). Cette technique consiste à mesurer la réponse des organes sensoriels que sont les antennes en y connectant des électrodes. Lorsqu'un signal nerveux provoque une dépolarisation, c'est que l'insecte perçoit le composé auquel il est soumis. Plus la dépolarisation est importante, meilleure est la perception. Les composés qui sont les mieux perçus deviennent des substances candidates testées sur le comportement des insectes lors de la dernière étape. Il s'agit alors de déterminer si l'odeur perçue par l'insecte est attractive ou répulsive. Ce type d'expérimentations se déroule dans des « tunnels de vols » ou des tubes en Y : des individus mâles et femelles placés à une extrémité sont lâchés alors qu'une odeur simple ou composée est diffusée par ventilation à l'autre extrémité de l'appareil. Le comportement des insectes, qui restent immobiles ou se déplacent vers le diffuseur, renseigne sur l'attractivité du message chimique proposé.

« Le maïs produit des « bouquets odorants » différents en journée et pendant la nuit. »

les bonnes proportions car les insectes sont très sensibles à la qualité des signaux chimiques. La biologie des pyrales nocturnes complique également les manipulations en conditions naturelles. Mais la perspective de reproduire un message attractif reste l'objectif à poursuivre.

Le parfum des féveroles attire les bruches

En ce qui concerne la bruche de la féverole, ARVALIS – Institut du végétal et l'INRA ont commencé des recherches sur l'écologie chimique du couple

insecte-plante voici deux ans. Ce nuisible récurrent de la féverole a la particularité étonnante d'être présent dans des parcelles même quand la culture de cette légumineuse n'est pas habituelle. L'hypothèse que la féverole émette un message chimique attirant les bruches était donc à vérifier. Les premiers tests de comportement ont consisté à exposer des mâles et des femelles à des plantes de féverole à différents stades. Une féverole ne portant que des feuilles n'a pas d'effet sur les individus, mâles ou femelles. Mais dès l'apparition des premières fleurs, les mâles sont très attirés. Les femelles le sont aussi, mais moins nettement. En revanche lorsqu'elles sont exposées à des féveroles en fleurs où se trouvent déjà des mâles, l'effet d'attraction augmente fortement. Ces constats laissent supposer que les mâles colonisent en premier les parcelles de féverole et qu'ils émettent des phéromones pour attirer les femelles. Cette hypothèse fait l'objet de travaux en cours. D'autres observations ont montré que les féveroles au stade gousses sont attractives pour les femelles, qui pondent dans ces gousses et dégradent la qualité de la récolte.

Des bruches bientôt en tunnels de vols

En parallèle de cette étude sur les comportements des insectes, les composés organiques volatiles produits par la variété Expresso à ces différents stades ont été collectés. Quarante-quatre d'entre eux ont été identifiés : ils sont pour moitié communs à tous les stades (feuilles, fleurs, gousses), les autres étant spécifiquement fabriqués pendant



PYRALES : les femelles perçoivent très nettement deux molécules

44
c'est le nombre de composés volatiles organiques émis par une plante de féverole.

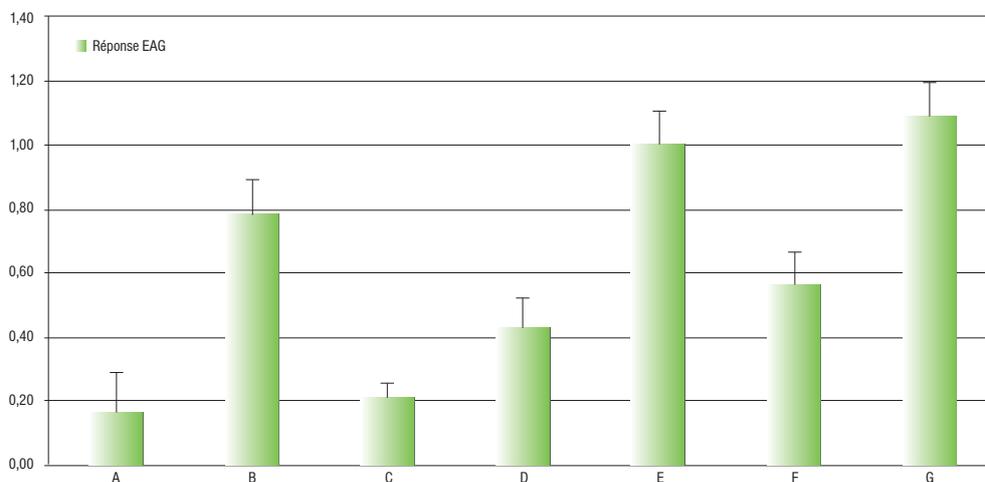


Figure 1 : Diagramme de perception des antennes de pyrales à différents composés organiques volatiles obtenu par électroantennographie.



Pour collecter les odeurs produites par les plantes, des sachets plastiques contenant des fibres en résine sont placés sur chaque partie de la plante.

© INRA PISC Versailles, E. Leppik

la floraison. Des analyses statistiques montrent que les bouquets odorants produits par les plantes à chaque stade sont différents : la proportion de chaque composé varie donc plus ou moins au cours du cycle de la féverole.

Les tests en électroantennographie, qui vont se poursuivre dans les deux années à venir, ont commencé pour 25 composés. À ce jour, une dizaine d'entre eux sont considérés comme des molécules candidates pour des tests comportementaux en

tunnels de vols. Ceux-ci sont prêts à être lancés, de même que les tests en conditions naturelles.

Brouiller les pistes

La voie de l'écologie chimique ouvre donc des perspectives pour produire des leurres, brouiller les messages captés par les insectes, voire à l'inverse les faire fuir en usant de répulsifs. Encore faut-il comprendre les comportements des insectes, identifier précisément les substances produites et les proportions des mélanges efficaces. Il restera ensuite à développer ces outils à l'échelle industrielle, via des diffuseurs dans lesquels les messages chimiques sont stables dans le temps. Cette dernière marche n'est pas simple à franchir. Elle peut tout de même aboutir : les travaux sur le *Tychius* de la luzerne, démarrés il y a trois ans par l'INRA et la Fnams, sont déjà dans cette phase de mise au point de diffuseurs de mélange attractif. La concrétisation du principe attractif peut donc être rapide.

(1) Les travaux sur la pyrale du maïs ont démarré grâce à une thèse conduite par Ene Leppik. Ceux sur la bruche de la féverole ont été initiés dans le cadre du post-doctorat de Rachid Hamidi.

Brigitte Frerot - brigitte.frerot@versailles.inra.fr, INRA