

tels le bombyx disparate (un papillon de nuit), le phylloxéra (un puceron) et des cochenilles.

En 1939, les pesticides sont arrivés sur le marché, notamment le dichlorodiphényltrichloréthane, ou DDT. Ils ont concurrencé la lutte biologique, qui a décliné, voire disparu par endroits. Elle est revenue en force à partir des années 1960, lorsque des résistances aux insecticides se sont développées et que l'homme a commencé à prendre conscience des conséquences néfastes de ces produits sur la santé et sur l'environnement. Ce phénomène s'est accéléré récemment.

Même durant sa période creuse, la lutte biologique est restée très utilisée par les pays du Sud, par exemple en Afrique et en Amérique du Sud, où les agriculteurs n'avaient pas les moyens d'acheter des pesticides. De grands centres internationaux, tels le CIAT (*Centro Internacional de Agricultura Tropical*), l'IITA (*International Institute of Tropical Agriculture*) et l'ICIPE (*International Centre of Insect Physiology and Ecology*), les ont aidés par des programmes de grande envergure. D'autres pays, tel Cuba, que l'embargo américain empêchait d'avoir accès aux pesticides, ont été contraints de privilégier la lutte biologique.

Ainsi, la lutte biologique compte nombre d'applications emblématiques un peu partout dans le monde (voir la figure page ci-contre). Dans certains cas, les organismes nuisibles et auxiliaires sont tous deux des vertébrés, les premiers étant par exemple des rats et les seconds des mangoustes. Dans de nombreux autres cas, on fait appel à des insectes (prédateurs et parasitoïdes) contre des insectes ravageurs de culture. En Afrique, l'IITA et l'ICIPE ont utilisé des guêpes parasitoïdes (*Epidonocarsis lopezi* et *Cotesia flavipes*) à partir du milieu des années 1980 pour limiter respectivement les pullulations de cochenilles du manioc (*Phenacoccus manihoti*) et de lépidoptères foreurs des tiges de maïs (*Chilo partellus*), introduits accidentellement sur le continent.

On combat aussi fréquemment les insectes ravageurs de cultures en pulvérisant des micro-organismes pathogènes. Ces derniers rendent malades les insectes, qui contaminent leurs congénères et finissent par mourir. Parmi les plus utilisés, on trouve : les champignons des genres *Beauveria* et *Metarhizium* ; la bactérie *Bacillus thuringiensis*, employée contre les insectes ravageurs de culture, les larves de moustiques et de simules (des moucheron) ; des virus par-

L'autodissémination, une épidémie bénéfique

L'autodissémination est une contamination en cascade des insectes ravageurs. Des études sont en cours pour l'appliquer à *Busseola fusca*, un petit papillon de nuit qui est un important ravageur du maïs en Afrique subsaharienne. Il provoque jusqu'à 70 pour cent de pertes de récolte. La méthode de lutte proposée combine des pièges à phéromones et des spores de champignons entomopathogènes : un mélange de phéromones particulièrement attractif pour les mâles de *B. fusca* est disposé dans des bouteilles tapissées de spores de *Beauveria bassiana*, un champignon très pathogène pour ce papillon.

Les mâles de *B. fusca* pénétrant dans le piège, attirés par les phéromones, et entrent en contact avec des spores du champignon en explorant l'intérieur du dispositif. Ils en ressortent couverts de spores, notamment au niveau des parties génitales. Ils s'accouplent ensuite avec des femelles, qui se trouvent elles-mêmes contaminées par des spores du champignon. Elles les déposeront sur la plante où elles pondront, et ces spores s'attacheront aux jeunes larves qui éclore.

Les spores adhèrent à la cuticule des insectes (au stade adulte ou larvaire), puis germent. Elles forment ainsi des

filaments nommés mycélium et synthétisent des chitinases et des prothéases, enzymes qui inhibent la formation de la cuticule, voire la détruisent. Dès lors, le mycélium pénètre dans le corps de l'insecte et atteint l'hémolymphe (le « sang » de l'insecte), où il libère des toxines qui tuent l'animal.

La cascade de contamination provoquée par le piège entraîne donc non seulement la mort des mâles et des femelles, mais aussi celle des larves. Cette technique permet de réduire de près de 75 pour cent les dégâts sur des plantations en laboratoire. Elle doit maintenant être testée dans des champs cultivés.

ticuliers, les baculovirus, pathogènes seulement pour les invertébrés ; des nématodes (de petits vers) des genres *Steinernema* et *Heterorhabditis*, qui parasitent les larves d'insectes ravageurs dans le sol.

Quant à la lutte contre les mauvaises herbes, elle mobilise essentiellement des insectes, et parfois des pathogènes. Ainsi, on cherche à mettre en place un programme de lutte biologique contre l'ambrosie, ou ambrosie à feuilles d'armoise, qui s'est récemment propagée en France et en Europe. Cette mauvaise herbe venue d'Amérique du Nord a un pollen allergisant et envahit tous les sols nus, empêchant leur colonisation par des plantes indigènes.

Divers auxiliaires (insectes ou champignons phytopathogènes) sont actuellement testés.

Notons qu'un même organisme peut être utile dans certaines circonstances, nuisible dans d'autres. Ainsi, le virus de la myxomatose a été employé pour endiguer les pullulations de lapins (notamment en Australie, où ils ont été introduits par un chasseur en 1959), mais il est également nuisible pour les animaux d'élevage. Pour s'en prémunir, le Laboratoire français Bio Espace a développé une méthode de vaccination originale : des puces aux pièces buccales chargées de vaccin antimyxomatose ont été lâchées dans la nature ; lorsqu'elles sucent le sang des lapins, elles les vaccinent, ce qui permet d'éviter la propagation de la maladie.

LA LUTTE BIOLOGIQUE EST APPARUE en Égypte, environ 2000 ans avant notre ère : le chat y a été domestiqué pour lutter contre les rongeurs.

Cette technique peut être élargie à la lutte contre d'autres maladies, éventuellement transmissibles de l'animal à l'homme, telle la grippe aviaire. Toutefois, elle n'a pour l'instant été appliquée avec succès que lors de tests dans les années 1990.

Enfin, les auxiliaires peuvent être les organismes nuisibles eux-mêmes, préalablement transformés par l'homme : c'est la lutte autocide. De nombreux mâles, stérilisés au moyen de rayonnements ionisants, sont lâchés dans la nature et entrent en compétition avec les mâles sauvages pour les accouplements. De multiples femelles ne pondront alors pas d'œufs fertiles, d'où une réduction significative, voire une extinction, de la population cible. Cette technique a notamment connu un franc succès aux États-Unis dans les années 1950,

pour éliminer la lucilie bouchère (*Cochliomyia hominivorax*), petite mouche dont les larves s'attaquent au bétail et rendent le cuir inutilisable. Des lâchers massifs de mâles stériles ont entraîné le déclin, voire l'extinction locale, de cette mouche. De même, elle est employée en Afrique depuis 1970 contre la mouche tsé-tsé. Elle s'est révélée efficace en Tanzanie, au Burkina Faso et au Zimbabwe, où les populations de cette mouche se sont réduites drastiquement, avant d'être étendue à la plupart des pays africains confrontés au même problème. Son application se poursuit aujourd'hui.

Les auxiliaires peuvent être introduits dans le milieu où sévit un organisme indésirable de trois façons : en un seul lâcher (lutte biologique classique ou stratégie d'intro-

duction-acclimatation), en plusieurs lâchers (on parle de lâchers inondatifs, et la lutte biologique est dite par augmentation) et sans lâchers (on promeut l'installation autonome des auxiliaires en aménageant les espaces cultivés, par exemple en plantant des haies, qui leur servent d'abris; on parle de lutte biologique par conservation et modifications environnementales).

La lutte par augmentation est la plus utilisée si les auxiliaires sont des micro-organismes ou s'ils ne s'acclimatent pas ou peu à leur nouveau milieu (d'où la nécessité de les réintroduire sans cesse). La sensibilisation du public à l'agriculture biologique a récemment popularisé la lutte par conservation et modifications environnementales, de loin la plus facile à mettre en œuvre, car les auxiliaires arrivent tout seuls. Dans les

AIDER LE PARASITOÏDE À CIBLER L'ORGANISME NUISIBLE

Les parasitoïdes naissent à l'intérieur d'un autre organisme, qu'ils tuent en se développant. Au préalable, la mère doit détecter un hôte dans lequel pondre ses œufs. Elle se fonde en général sur les composés chimiques présents sur la cuticule (la « peau ») des insectes qu'elle rencontre. Cette capacité de reconnaissance étant un facteur clef de l'efficacité des parasitoïdes pour les programmes de lutte biologique, on cherche à la développer artificiellement.

On doit pour cela identifier les substances en jeu. C'est ce qu'a fait l'auteur de cet article, avec ses collègues du CIAT (*Centro Internacional de Agricultura Tropical*), au début des années 2000. L'étude concernait la cochenille du manioc (*Phenacoccus herreni*), important ravageur du manioc en Amérique latine (a). La guêpe parasitoïde *Aenasius vexans* est utilisée pour lutter contre cet insecte. Les composés synthétisés par *P. herreni* ont été isolés et analysés par chromatographie en phase li-

quide couplée à un spectromètre de masse. Sur le chromatogramme, les différentes substances apparaissent comme des pics. L'un d'eux correspondait à une substance nommée O-caffeoylsérine (b), que l'on suspectait d'être particulièrement attractive pour le parasitoïde.

Pour le confirmer, on a synthétisé ce composé à partir d'acide caféique, de chloroformate d'éthyle et de sérine. Le composé a ensuite été déposé sur une balle de coton (imitant le corps de la cochenille) :

le parasitoïde *A. vexans* s'est immédiatement dirigé vers cette balle.

On pourrait alors s'exposer ce parasitoïde à l'O-caffeoylsérine en insectarium avant son lâcher, afin d'augmenter sa sensibilité à cette molécule. Une méthode similaire a été appliquée avec succès en Californie en 1997, pour le contrôle de la cochenille des citrus *Aonidiella aurantii* : l'hyménoptère *Aphytis melinus*, un parasitoïde de cette cochenille, a été exposé préalablement à l'O-caffeoyltyrosine.

a Cochenille du manioc

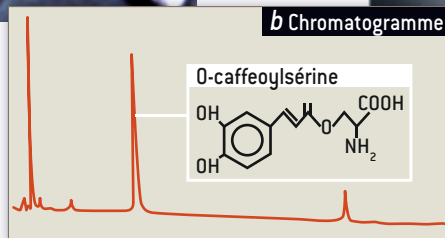


c Guêpe parasitoïde



Lâcher du parasitoïde, préalablement exposé au composé attractif identifié, sur les cochenilles.

Identification d'un composé potentiellement attractif présent sur la cuticule de la cochenille.



Dépôt du composé sur une balle de coton pour vérifier qu'il attire le parasitoïde.

Pour augmenter l'efficacité d'une campagne de lutte biologique, une stratégie consiste à identifier les composés chimiques qui attirent le parasitoïde vers son hôte, à synthétiser artificiellement

ces composés et à y exposer les parasitoïdes avant les lâchers. Cette stratégie a notamment été appliquée à la cochenille du manioc, un insecte ravageur.