

Une coccinelle se prépare
à son repas de pucerons
sur un épi de blé.

Gestion agroécologique des ravageurs des cultures

L'agriculture mondiale doit atteindre des objectifs de production grandissants tout en limitant son impact sur l'environnement pour ne pas compromettre la disponibilité future des ressources. Le défi d'une agriculture plus durable, en termes environnemental et économique, et plus productive nécessite des systèmes de production écologiquement performants qui intègrent des connaissances fines du fonctionnement du champ au sein du paysage.

© J.-P. SARTHOU/INRA

Afin de maximiser les rendements, les agricultures modernes pratiquées dans la plupart des pays développés font appel à l'utilisation massive d'intrants (pesticides de synthèse, engrais minéraux) appliqués sur des parcelles de plus en plus grandes. Si ce type d'agriculture a rempli ses objectifs en termes de volumes de production, on dénote cependant un certain nombre d'effets secondaires générés, à différentes échelles, par l'intensification des pratiques agricoles et la simplification des paysages : augmentation des phénomènes d'érosion, amoindrissement de la fertilité naturelle des sols et diminution de la biodiversité cultivée à l'échelle locale ; pollution des eaux superficielles et souterraines et eutrophisation des écosystèmes aquatiques à l'échelle régionale ; émission importante de gaz à effet de serre et érosion de la biodiversité à l'échelle globale.

L'optimisation des processus écologiques et un plus grand recours aux services rendus par la biodiversité apparaissent notamment comme des voies de recherches

prometteuses pour le développement de systèmes de production innovants. Bien que l'atteinte de cet objectif nécessite de passer par des approches holistiques, prenant en compte les multiples dimensions écologiques, économiques et sociales impliquées dans les rapports entre l'agriculture et son environnement, plusieurs leviers d'action, mobilisables à différentes échelles spatiales et temporelles, génèrent des stratégies alternatives limitant le recours aux pesticides car augmentant les régulations naturelles à l'encontre des bioagresseurs des cultures. Notons que les relations entre ces pratiques peuvent être modulées par le contexte local et que ceci peut créer des antagonismes ou, au contraire, des synergies dans les effets de ces pratiques sur les populations de bioagresseurs.

MODIFIER LES DATES ET LES DENSITÉS DE SEMIS

La date de semis est connue pour affecter le niveau de dommage suite à une attaque de ravageur et

jouer sur la capacité de compensation du peuplement cultivé. Différents travaux ont, par exemple, montré que la date de semis du colza influe fortement sur les dommages résultant des attaques d'altises : les colzas semés au printemps présentent beaucoup plus de dégâts que ceux semés à l'automne (1). Ces effets sont dus à une synchronisation différente entre les cycles de vie de l'altise et du colza. Des résultats similaires sur d'autres cultures et d'autres bioagresseurs ont été démontrés, qui mettent en évidence que la désynchronisation entre le cycle de vie du bioagresseur et le cycle de développement de la plante cultivée peut être un élément majeur de gestion des pressions parasitaires (2). Dans le cas d'attaques par des espèces aux cycles de vie différents, des effets antagonistes d'une modification de la date de semis peuvent venir limiter la portée de ce type de levier.

Il est aujourd'hui acquis que la densité de plantes à l'échelle de la parcelle influence fortement les dégâts des bioagresseurs. Pour les insectes, un effet de dilution

Les auteurs

Adrien Rusch* et
Jean-Pierre Sarthou**

* UMR 1065 Santé et agro-écologie du vignoble, Centre de recherches Inra de Bordeaux-Aquitaine, Institut des sciences de la vigne et du vin, Villenave d'Ornon

** Université de Toulouse, Institut national polytechnique de Toulouse-École nationale supérieure agronomique de Toulouse

*** INRA, UMR 1248 Inra AGIR, Castanet-Tolosan



© G. TORTOLIBSIP



Un champ de millet attaqué par le criquet *Schistocerca gregaria*, fléau des cultures en Éthiopie.

aboutit ainsi à moins de dégâts dans un peuplement dense alors que des résultats inverses ont été démontrés pour certaines maladies (3). Bien que ces effets antagonistes existent, adapter la densité de semis pour répondre à des problématiques locales bien définies peut représenter une stratégie intéressante pour la gestion des bioagresseurs.

ADAPTER LES APPORTS AZOTES

Plusieurs études ont montré que les insectes phytophages choisissent généralement leur plante-hôte sur la base de sa qualité nutritionnelle. La fertilisation azotée, déterminant important de l'état physiologique de la plante, peut donc jouer un rôle significatif sur les interactions entre insectes et cultures. Elle peut limiter les dégâts résultant d'attaques d'insectes phytophages à travers son rôle dans les mécanismes de résistance des plantes et leurs capacités de compensation. On distingue deux grands types d'interaction entre populations d'insectes phytophages et la qualité des plantes-hôte. D'une part, des plantes carencées en azote peuvent être plus sensibles aux attaques de ravageurs en raison soit d'effets directs, tels qu'une amélioration de leur qualité nutritionnelle ou une baisse de leurs capacités de résistance, soit d'effets indirects, tels qu'une diminution d'efficacité de la régulation de leurs parasites par les auxi-

liaires. D'autre part, des plantes vigoureuses*1 concentrent plus d'attaques d'insectes phytophages en raison de leur qualité nutritionnelle augmentée dans ces conditions. Ces deux grands types d'interaction sont bien documentés et peuvent donc permettre d'orienter les apports azotés en fonction des problématiques. Reste que peu de connaissances existent quant aux effets de la fertilisation azotée sur les communautés d'auxiliaires et la régulation qu'ils exercent.

DIVERSIFIER LE PEUPLEMENT VÉGÉTAL CULTIVÉ

La réduction importante de la richesse spécifique des cultures au sein des agro-écosystèmes a entraîné des changements importants dans la composition et la nature des interactions trophiques au sein des communautés de ravageurs des cultures et d'auxiliaires. Différents travaux ont ainsi montré qu'il existe, en général, une plus faible pression d'insectes ravageurs et de virus dans des systèmes plus diversifiés que dans les monocultures, en raison d'une plus grande difficulté pour les bioagresseurs à localiser et sélectionner leur plante-hôte, ainsi que pour se disperser. De plus, l'ajout d'une espèce de plante « piège » adaptée à la culture principale et

à sa problématique, au sein ou autour de celle-ci, a le potentiel d'attirer les populations de ravageurs et ainsi de limiter leurs dégâts sur la culture d'intérêt. Au contraire, le choix de cultiver des variétés rustiques tolérantes voire résistantes à certains ravageurs ou maladies, comme le sont nombre de variétés anciennes mais aussi récentes, contrairement à une idée répandue, est un moyen très efficace de limiter le recours aux pesticides. Ce choix doit néanmoins s'accompagner d'une stratégie de surveillance de l'évolution des populations de bioagresseurs, afin de s'assurer que ces derniers, particulièrement les maladies, ne contournent pas trop vite les résistances. Auquel cas, des solutions de remplacement doivent être recherchées auprès des sélectionneurs. Enfin, une culture plurispécifique*2 est susceptible d'attirer plus d'auxiliaires, tant en abondance qu'en diversité, en raison d'une offre accrue et plus variée en ressources et en micro-habitats qu'au sein d'une monoculture. Cet enrichissement en auxiliaires permet alors, dans une majeure partie des cas, d'augmenter le contrôle biologique des bioagresseurs (encadré ci-contre). Augmentation due à une plus grande complémentarité entre les espèces d'auxiliaires dans l'exploitation de la ressource que constituent, pour eux, les ravageurs.

Le raccourcissement des rotations et donc la moins grande diversité des espèces cultivées au sein d'un territoire, mais aussi les surfaces importantes en monoculture augmentent le risque de développement des maladies telluriques et participent à la perte de biodiversité. Une autre manière de limiter les pressions des bioagresseurs est donc d'élever la diversité végétale cultivée à l'échelle de l'exploitation agricole via l'allongement des rotations de cultures. L'essentiel des surfaces cultivées en Europe de l'Ouest suit, en effet, des rotations courtes – en général sur trois ans, par exemple colza/blé/orge –, ce qui limite fortement la diversité végétale à l'échelle du paysage et tend à homogénéiser les communautés d'auxiliaires. Il a ainsi été montré que différents types de

*1 Non carencées en azote

*2 Mélangeant plusieurs espèces

bioagresseurs sont favorisés et que certaines espèces d'insectes auxiliaires ne peuvent s'établir dans de tels systèmes de culture à rotations plus intensives. En revanche, des rotations plus riches en espèces cultivées permettent généralement de maintenir des communautés d'auxiliaires plus abondantes et plus diversifiées grâce à une meilleure complémentarité fonctionnelle, spatiale et temporelle des ressources offertes par les cultures. Les connaissances actuelles indiquent donc que le maintien d'un couvert végétal diversifié à l'échelle de la parcelle et d'une diversité végétale à l'échelle du paysage permet de diminuer les pressions liées aux bioagresseurs.

LE TRAVAIL DU SOL

Le travail du sol est un levier d'action majeur pour contrôler de nombreuses espèces de bioagresseurs des cultures. Ainsi, et contrairement à une idée largement répandue, l'émiettement du sol n'est pas la seule fonction attendue du labour. L'enfouissement des mauvaises herbes et des résidus de récolte afin d'obtenir un sol propre facilitant le semis est l'autre effet recherché, parfois même prioritairement. Cette fonction de nettoyage de la surface à semer entraîne donc une mise en profondeur des formes

de conservation (graines) des mauvaises herbes, mais aussi des champignons pathogènes et des invertébrés ravageurs qui attendent le retour de conditions favorables à l'attaque d'une nouvelle culture. Elle permet aussi, et à l'inverse, de porter à la surface des organes de réserve des plantes comme les rhizomes, afin qu'ils se dessèchent. Chardon des champs, rumex, septoriose, sclérotinia, pyrale du maïs, limaces... C'est ainsi que plusieurs bioagresseurs d'importance sont efficacement combattus par l'action mécanique du travail du sol, permettant, de ce fait, un moindre recours aux pesticides.

Sous l'influence de groupes d'agriculteurs, souvent aidés de chercheurs, faisant évoluer outre-Atlantique leurs pratiques vers une réduction voire un arrêt de tout travail du sol – techniques culturales simplifiées (TCS) jusqu'au semis direct (SD) –, de plus en plus de producteurs de grandes cultures s'essaient à ces nouvelles techniques en France. Il ressort des quelques suivis techniques et scientifiques menés autour de ces innovations, qu'elles s'accompagnent en général, et assez logiquement, d'une plus forte consommation d'herbicides et d'antilimaces, en particulier les premières années. Néanmoins, un nombre croissant d'agriculteurs, ayant perfectionné leurs tech-

niques et amélioré l'activité biologique de leurs sols par la pratique des couverts végétaux durant les intercultures – leur biomasse est intégralement restituée au sol après leur destruction, si possible mécanique –, montre que cette surconsommation s'atténue au bout de quelques années – de 4 à 6 ans. Les vétérans du SD avec couverts végétaux, souvent détruits au moment même du semis, affirment même avoir fortement réduit, jusqu'à faire des impasses certaines années, les traitements insecticides, fongicides et molluscicides. Assurément, l'explication n'est pas à rechercher dans la seule pratique des TCS ou du SD mais dans un changement de gestion de l'ensemble du système de culture. C'est ce changement qui semble permettre la mise en place de nouvelles régulations biologiques, telles celles assurées à la surface du sol par les carabes et autres ennemis naturels à l'encontre des limaces.

MODIFIER LE SYSTÈME DE CULTURE

Nous disposons aujourd'hui d'un grand nombre d'études comparant les effets de systèmes de culture biologique et conventionnelle sur l'abondance, la diversité et l'activité des auxiliaires des cultures. Des chercheurs de

Diversité taxonomique des auxiliaires et régulation naturelle

Des communautés constituées d'un nombre plus important d'espèces d'auxiliaires favorisent généralement la régulation des insectes phytophages. Mais différents mécanismes entre la diversité des auxiliaires et leur fonction de régulation ont été mis en évidence. Tout d'abord, la régulation des insectes ravageurs résultant des actions combinées des différentes espèces d'auxiliaires peut être égale ou supérieure à la somme des mortalités causées par chaque

espèce d'auxiliaire prise individuellement. Ceci s'explique par le principe de complémentarité de niche où chaque espèce exploite une partie différente de la ressource. Par exemple, des espèces d'auxiliaires qui consomment leur proie à des stades de vies différents ou à différents endroits de la plante.

Des synergies entre auxiliaires peuvent également avoir lieu lorsque la prédation par une espèce facilite la prédation par une autre. L'exemple classique est la

prédation des pucerons par les coccinelles dans les parties aériennes du couvert végétal qui entraîne la chute de bon nombre de pucerons qui sont alors consommés à la surface du sol par des prédateurs comme les carabes. Il existe également des exemples où des communautés d'auxiliaires plus diversifiées en termes d'espèces engendrent une régulation des phytophages moins efficace en raison des phénomènes de prédation intragilde^{*1}, d'interférences négatives d'ordre comporte-

mentale ou d'hyperparasitisme^{*2}. L'ensemble de ces mécanismes permet de comprendre le lien entre diversité des communautés d'auxiliaires et efficacité de régulation.

^{*1} Prédation entre prédateurs partageant la même proie

^{*2} Développement d'un parasitoïde secondaire au sein d'un parasitoïde primaire déjà présent sur un hôte



© J.-P. SARTHO/INRA

▲
Larves de coccinelle (« petit dragon », à gauche) et de syrphé (à droite) au sein d'une colonie de pucerons noirs de la fève, sur une féverole.

L'Université suédoise des sciences agricoles ont ainsi récemment analysé les effets de ces deux systèmes de culture en se basant sur 66 publications scientifiques s'intéressant à un ensemble de taxons différents (plantes, arthropodes, oiseaux, faune du sol), incluant notamment des auxiliaires des cultures importants (4). Ils ont montré une augmentation moyenne de 50 % de l'abondance de ces taxons et de 30 % du nombre d'espèces en agriculture biologique comparé à l'agriculture dite conventionnelle. S'il est donc maintenant admis que l'abondance et le nombre d'espèces augmentent dans les systèmes de culture biologique, cela ne se traduit pas toujours par une régulation naturelle plus efficace.

Il est important de noter qu'une grande variabilité de pratiques agricoles se cache derrière les appellations « agriculture biologique » et « conventionnelle » et qu'il est donc difficile d'attribuer ces effets à une pratique particulière ou à une combinaison de pratiques. De plus, il existe une interaction forte entre le système de culture et l'environnement paysager d'une parcelle (habitats semi-naturels, pratiques agricoles sur les parcelles alentours), ce qui permet d'expliquer en partie les résultats variables observés en termes de régulation naturelle. Des travaux de recherche sont en cours, notamment à l'Inra, pour mettre en évidence les princi-

aux leviers d'action de ces systèmes en fonction de leur contexte paysager.

MAINTENIR LES HABITATS SEMI-NATURELS DANS LE PAYSAGE

Les habitats semi-naturels (forêts, haies, prairies naturelles...) hébergent généralement une grande diversité d'arthropodes, avec une proportion d'espèces auxiliaires ou neutres plus importante en comparaison des espèces nuisibles. Ces habitats fournissent, en effet, des ressources clés pour la réalisation du cycle de vie et le maintien des auxiliaires. Tout d'abord, ils fournissent des proies et des hôtes alternatifs aux auxiliaires, ce qui permet de maintenir les populations de ces derniers et la régulation naturelle dans le temps. Ils fournissent également des ressources en pollen et en nectar indispensables à beaucoup d'espèces d'auxiliaires. Les insectes parasitoïdes, par exemple, ont besoin de consommer du nectar, ce qui a pour effet d'augmenter leur longévité et leur fécondité, donc les taux de parasitisme. Enfin, ces habitats sont également indispensables à la réalisation du cycle de vie des auxiliaires, et particulièrement pour l'hivernation des insectes prédateurs. Ils ont généralement un microclimat plus modéré qui réduit, par exemple, les effets délétères de variations importantes de température. De plus, ce sont des zones refuges permettant d'éviter les nombreuses perturbations produites par l'agrosystème (pesticides, travail du sol...). Différentes études ont ainsi montré que neuf auxiliaires sur 10 utilisent au moins une fois ce type d'habitat durant leur cycle de vie, alors que ce n'est le cas que d'un insecte ravageur sur deux (5).

Le maintien des habitats semi-naturels dans le paysage apparaît donc comme la pierre angulaire des stratégies de lutte biologique par conservation visant à maximiser les régulations naturelles. Plusieurs études ont ainsi montré l'importance de leur proportion dans le paysage afin de maintenir des communautés d'auxiliaires abondantes et diversifiées, et augmenter les régulations naturelles. Il a, par exemple, été montré que des paysages présen-

tant une proportion importante de ces habitats augmentent fortement les taux de parasitisme des pucerons des céréales, entraînant ainsi une plus grande mortalité de ces bioagresseurs en comparaison des paysages fortement anthropisés (6). Les bioagresseurs et leurs auxiliaires répondent généralement à des échelles spatiales qui dépassent largement la parcelle cultivée ou le simple bois et il a été montré que des paysages extrêmement simplifiés, où les terres cultivées dominent, ont généralement plus de problèmes de ravageurs et moins de régulations naturelles en comparaison de ceux, plus complexes, présentant une mosaïque de champs cultivés et d'habitats semi-naturels. Cela a été démontré pour des cultures annuelles et pérennes et dans des climats tempérés et tropicaux.

SYNERGIE AGROÉCOLOGIQUE

L'agronomie, de par ses connaissances et recherches scientifiques, particulièrement celles qui sont axées vers l'agroécologie, nous démontre la complexité des processus en jeu au sein des agro-écosystèmes. C'est à cette complexité, qu'ils perçoivent empiriquement, que les agriculteurs doivent s'adapter et, à la lumière des connaissances sur les mécanismes impliqués, qu'ils doivent adapter leurs pratiques afin de favoriser les régulations dont ils ne peuvent souvent avoir connaissance par eux-mêmes. C'est dans cette collaboration entre hommes de terrain et hommes de sciences, dans l'échange des expériences et des connaissances, dans la co-construction des hypothèses de recherche et de fonctionnement de ces systèmes complexes multi-échelles que sont les agro-écosystèmes, que les leviers d'action les plus pertinents pour une intensification écologique des systèmes de production agricole seront identifiés et mesurés dans leurs effets. Grâce à ce savoir partagé entre tous les acteurs, ils seront ainsi mieux intégrés dans des schémas de transition agro-écologique, donc mieux adaptés à chaque région, à chaque terroir, à chaque exploitation, à chaque système de production, voire à chaque parcelle agricole. ■

(1) Dosdall LM, Stevenson FC (2005) *Agron J* 97, 1570-8
 (2) Rusch A et al. (2010) *Adv Agron* 109, 219-60
 (3) Burdon JJ, Chilvers GA (1982) *Annu Rev Phytopathology* 20, 143-66
 (4) Bengtsson J et al. (2005) *J Appl Ecol* 42, 261-9
 (5) Keller S, Häni F (2000) *Ansprüche von Nützlingen und Schädlingen an den Lebensraum, in Streifenförmige ökologische Ausgleichsflächen in der Kulturlandschaft: Ackerkrautstreifen, Buntbrache, Feldränder*, W. Nentwig Ed., 199-217
 (6) Chaplin-Kramer R et al. (2011) *Ecol Lett* 14, 922-32