

Biocontrôle et Protection des cultures

Jean-Louis Bernard
Membre de l'Académie d'Agriculture de France

Les membres du Groupe de travail « Biocontrôle » de l'Académie d'agriculture, co-auteurs du rapport élaboré d'avril 2014 à janvier 2016 :

Jean-Louis Bernard (coordinateur), Claude Alabouvette, Bernard Ambolet, Emile Choné, Yvette Dattée, Charles Descoins, Marie-Thérèse Esquerré-Tugayé, Philippe Gracien, Bernard Le Buanec, Christian Lévêque, Jean-Claude Pernollet, Catherine Regnault-Roger, Agnès Ricroch, Charles Vincent.

Pour protéger les cultures, les concepts d'agriculture écologiquement intensive ou d'agroécologie font largement appel à des moyens inspirés de la nature, dont l'utilisation est présentée comme moins perturbante pour le milieu et la santé des personnes que ceux plus couramment utilisés. Ce choix renvoie au *biocontrôle*, terme dont la compréhension, loin d'être partagée, fait débat dans les filières agricoles. Un groupe de travail de l'Académie d'agriculture s'est penché sur cette notion, pour tenter d'en préciser le périmètre, d'en recenser les succès ou les freins, et d'en souligner les pistes de progrès.

Il est tout d'abord nécessaire de définir le biocontrôle et les moyens de protection qui s'y rattachent. Ce terme est l'abrégé de l'anglo-américain « *biological control* ». Selon la spécialisation des auteurs, différentes définitions sont apparues. Beaucoup sont reliées à la nature des nuisibles à éliminer ou à celle des moyens de lutte étudiés. Certaines prennent en compte la plante cultivée comme un moyen de biocontrôle, d'autres ne l'incluent pas. Certains englobent des plantes ou des microorganismes génétiquement modifiés, ce que d'autres rejettent, etc.

En outre, la mise en avant du biocontrôle survient dans un contexte où la directive européenne 2009/128/CE fait déjà obligation aux Etats-membres de développer la **protection intégrée des cultures** qui vise à une utilisation optimale de l'ensemble des méthodes de lutte disponibles, privilégiant les mesures préventives et appuyant l'emploi de moyens curatifs sur des outils de surveillance et d'aide à la décision. Les techniques de biocontrôle doivent donc tenir compte de cette stratégie européenne où elles s'inscrivent d'ailleurs pleinement. Le Club Adalia, qui regroupe des techniciens de la lutte intégrée, définit le biocontrôle comme « *l'ensemble des méthodes de protection des végétaux qui utilisent des mécanismes naturels. Il vise à la protection des plantes en privilégiant l'utilisation de mécanismes et d'interactions qui régissent les relations entre espèces dans le milieu naturel* ».

En France, le biocontrôle a fait l'objet d'un rapport parlementaire publié en 2011. Il est largement mentionné dans la loi d'Avenir pour l'agriculture de 2014. La plupart des sources tendent à inscrire dans le biocontrôle quatre familles majeures de moyens d'intervention : macroorganismes, microorganismes, médiateurs chimiques et substances naturelles. Signalons qu'aux Etats-Unis, les « *biopesticides* » ne recouvrent que trois catégories : *microbial pesticides* (ex : les protéines insecticides de *B. thuringiensis*), *biochemical pesticides* (ex : phéromones) et *plant-incorporated protectant* (PIP), ce dernier regroupant les substances que les plantes fabriquent à partir d'un matériel génétique introduit dans leur génome, rejoignant de ce fait le domaine de l'amélioration des plantes.

Le groupe de travail de l'Académie d'agriculture propose de définir le biocontrôle comme le regroupement de méthodes de protection des cultures utilisables par l'agriculteur ayant en commun :

- de reposer sur la **connaissance des interactions** entre plante cultivée, bioagresseurs et autres organismes vivants du milieu naturel ;
- d'utiliser prioritairement la capacité de régulation des **agents vivants présents dans le milieu agricole local**, quitte à les favoriser par une action volontaire ;
- de faire appel pour protéger les cultures à des **agents vivants ou issus du vivant**, à la fois pour la mise en place des mesures indirectes qui s'imposent pour une culture donnée et pour l'intervention directe résultant de l'observation des cultures en saison.

Privilégier des agents vivants ou issus du vivant conduit à exclure du biocontrôle des substances minérales (sels de cuivre, soufre, chaux, acides minéraux...), des produits de synthèse ou des moyens physiques de régulation des organismes nuisibles (labour, sarclage, taille, brûlage...). Cependant, tous ces moyens restent parfaitement utilisables dans un système de protection intégrée.

Respecter les principes de la protection intégrée des cultures et privilégier l'emploi de moyens de protection vivants ou issus du vivant implique pour l'agriculteur la mise en œuvre successive d'actions peu dissociables :

1. Privilégier l'activité des agents de régulation biologiques qui existent dans l'agroécosystème (ex : insectes auxiliaires, certains oiseaux...).
2. Choisir des cultures et des variétés (agents vivants) qui minimisent la pression des organismes nuisibles attendus dans le contexte de culture local.
3. Mettre en œuvre des agents de lutte vivants ou issus du vivant, c'est-à-dire les quatre grandes familles consacrées par la Loi d'avenir pour l'agriculture de septembre 2014 : macroorganismes, microorganismes (agents vivants), médiateurs chimiques et substances naturelles (agents issus du vivant), auxquelles il faut ajouter les organismes de lutte autocide (agents vivants) et les substances élicitrices (issues du vivant).

Les agents de lutte vivants

Les **microorganismes** (virus, bactéries, protozoaires, levures, oomycètes, champignons supérieurs) sont des éléments majeurs de régulation naturelle. Ils entrent dans le champ du règlement 1107/2009 qui régit la mise sur le marché des produits de protection des plantes. En 2016, cette catégorie est illustrée pour la protection contre les maladies par des préparations à base de champignons (ex : *Coniothyrium minitans*) ou de bactéries (ex : *Bacillus pumilus*). D'autres solutions sont en cours de clarification réglementaire (ex : agents stimulateurs de vitalité) ou ont été récemment mises sur le marché, ce qui ne permet pas encore de juger de leur performance. Contre les ravageurs, le microorganisme le plus utilisé est *Bacillus thuringiensis* (*Bt*). On emploie aussi des baculovirus pathogènes des larves de tordeuses et de noctuelles.

Les **macroorganismes** sont des êtres vivants généralement visibles à l'œil nu qui exercent une pression sur les ravageurs ou les adventices. La plupart sont des arthropodes prédateurs ou parasites et des nématodes pathogènes d'insectes ou de mollusques. Certains ont été acclimatés pour contrecarrer des ravageurs introduits. D'autres sont indigènes et on cherche à favoriser leur abondance à proximité des cultures. Grâce aux élevages de masse, on réalise parfois des lâchers inondatifs en temps opportun. Les principaux succès récents ont été obtenus dans les serres, qui, dans les conditions technico-économiques actuelles, ne sauraient performer sans le recours à ces auxiliaires.

La **lutte autocide** vise des arthropodes nuisibles dont on cherche à perturber la reproduction en lâchant dans une région déterminée de grandes quantités de mâles stériles. En général, la

stérilisation est obtenue par l'application de rayonnements ionisants à des insectes produits en élevage. Le concept tend à s'élargir avec des techniques telles que la stérilité des hybrides, l'incompatibilité cytoplasmique et la translocation de chromosomes. Malgré de francs succès, en particulier aux Amériques, la lutte autocide n'a pas été développée pour la protection des cultures en Europe.

Parmi les organismes vivants sur lesquels repose la protection des cultures se trouve le **choix de la culture et de la variété cultivée**. La résistance ou la tolérance à des bioagresseurs est l'un des objectifs constants de l'amélioration des plantes. Bon nombre de maladies (ex : rouille noire du blé) ne sont pas combattues par l'agriculteur car les variétés qu'il utilise ont été créées résistantes. Il est important de préserver cette résistance en s'appuyant sur des pratiques agricoles qui minimisent ou ralentissent le risque d'un contournement par les bioagresseurs.

Les agents de lutte issus du vivant

Les **médiateurs chimiques** sont des substances biosynthétisées par des organismes vivants qui, émises en faible quantité dans l'air, l'eau ou le sol, agissent à distance sur le comportement ou la physiologie d'organismes de même espèce ou d'espèces différentes. Parmi ces médiateurs, les phéromones sexuelles des insectes ont permis la mise en œuvre de dispositifs de captures, des stratégies de type *attract and kill* et la confusion sexuelle. Celle-ci est mise en œuvre à grande échelle par l'arboriculture fruitière et la viticulture.

Les **substances naturelles** sont obtenues de plantes, de microorganismes ou de matières animales. Pour se défendre de leurs bioagresseurs, les végétaux en synthétisent un grand nombre : composés phénoliques, terpénoïdes, stéroïdes ou alcaloïdes. Leur étude a souvent conduit à interdire leur emploi pour des questions de toxicité. Seul rescapé, le pyrèthre qui est toujours la principale substance naturelle utilisée de par le monde. Certains pays d'Europe autorisent comme insecticide l'huile de neem contenant de l'azadirachtine, une substance en cours d'évaluation. Parmi les extraits végétaux on range des huiles essentielles, composés volatils aux propriétés variées issus pour la plupart des terpénoïdes, et des huiles végétales non volatiles utilisées comme insecticides ou synergistes. D'autres extraits végétaux ont été récemment proposés comme désherbants, éliciteurs ou adjuvants pour bouillies. Plusieurs insecticides ont été obtenus par fermentation à partir de bactéries ou de champignons.

Les **substances élicitrices** sont des composés qui, appliqués sur une culture, sont capables de stimuler des mécanismes naturels de défense contre des bioagresseurs. On les appelle aussi *stimulateurs des défenses naturelles* ou SDN. Un composé extrait du vivant, la laminarine, possède des autorisations de vente sur des maladies des céréales, de la vigne ou des arbres fruitiers. Une souche de *Bacillus subtilis*, antagoniste de champignons pathogènes, est capable en outre de stimuler les défenses de certains végétaux. Plusieurs molécules abiotiques comme le fosétyl-Al ou l'acibenzolar-S-méthyl possèdent un pouvoir d'élicitation régulier qui a trouvé de larges utilisations en agriculture.

Le biocontrôle dans l'agriculture actuelle

Afin de préciser la place actuelle du biocontrôle en France, notre groupe de travail a examiné en détail quatre cultures différentes. Pour chacune, il s'est agi de répertorier les principaux bioagresseurs, leur degré de nuisibilité, la nature des moyens de défense et l'intensité de leur mise en œuvre, la hiérarchie des attentes des filières correspondantes.

Dans l'état actuel des pratiques, le biocontrôle connaît un certain nombre de succès :

- vigne : confusion sexuelle contre les tordeuses, régulation des acariens phytophages et du flatide pruineux au moyen de macroorganismes et bien sûr, greffage contre le phylloxéra. Contre le mildiou, seuls les éliciteurs abiotiques (phosphonates) occupent une place significative, associés à des fongicides classiques ;
- maïs : utilisation significative d'insectes parasitoïdes contre la pyrale du maïs ;
- colza : sélection variétale efficace contre le phoma ;
- bananier : piégeage du charançon au moyen de phéromones d'agrégation.

Pour plusieurs usages, les solutions de biocontrôle doivent encore faire leurs preuves. C'est le cas des microorganismes utilisés contre l'esca, le *black-dead-arm* ou la pourriture grise de la vigne, de ceux destinés au contrôle des sclérotinioses du colza ou de *B. subtilis* contre les cercosporioses du bananier.

Il existe des problèmes sanitaires majeurs pour lesquels aucune solution de biocontrôle n'est efficace : le désherbage en général, la flavescence dorée, l'oïdium et le black-rot de la vigne, les insectes ravageurs du colza, les taupins et la sésamie du maïs. Face à certains problèmes, les filières ne disposent parfois d'aucune solution (ex : orobanche et hernie du chou sur colza, fusariose des épis du maïs). La situation est tendue pour plusieurs usages qui reposent sur un nombre infime de produits de lutte, le plus souvent conventionnels : corvidés sur le maïs, altises et charançon du bourgeon terminal du colza...

Atouts et freins pour la mise en œuvre

Les trois domaines du biocontrôle dont nous suggérons la prise en considération successive possèdent des atouts et des freins (état des connaissances, faisabilité, économie ...) qui conditionnent leur utilisation effective pour la protection des cultures :

L'utilisation des organismes vivants régulateurs présents dans l'agroécosystème

Un grand nombre de chaînes trophiques des agroécosystèmes peuvent minimiser l'incidence négative des bioagresseurs mais la plupart sont mal connues de la Science, ce qui empêche leur utilisation en agriculture. En jouant sur la diversité botanique, les rotations ou les assolements, on peut toutefois tirer parti de certaines interactions connues.

Les choix des cultures et des variétés

En fonction de la rotation envisagée, un choix judicieux d'espèces et de variétés permet de minimiser différents risques sanitaires prévisibles. En raison de l'évolution permanente des organismes nuisibles, la sélection variétale est un processus d'amélioration continue qui relève d'une nécessité absolue. Il a donné de longue date de si remarquables gages de sa valeur qu'on doit s'interroger sur la durabilité de systèmes de production où les caractéristiques variétales seraient figées.

Après l'abandon des nombreux hybrides interspécifiques créés au XIX^e siècle, les nouvelles variétés hybrides annoncées en viticulture peuvent faciliter le biocontrôle du mildiou mais aussi du court-noué si elles répondent aux attentes qualitatives du marché. D'autres solutions sont avancées pour le colza et le maïs. Le bananier reste en retrait en raison des plantations monovariétales et de l'extension des cercosporioses.

Une question d'actualité concerne l'apport des biotechnologies qui offrent d'importantes facilités pour introduire rapidement des gènes de résistance dans des cultivars de grand intérêt, sans effet négatif connu à ce jour sur les organismes non cibles. Il existe dans le monde une véritable dynamique à ce sujet avec de nombreuses réalisations concrètes.

La mise en œuvre volontaire d'agents de lutte vivants ou issus du vivant,

Si le biocontrôle bénéficie d'une opinion globalement positive dans le monde agricole, l'adoption de ses solutions est entravée par un manque de garantie sur leur efficacité, des questions de coût et de lacunes dans leur accompagnement. Ces solutions devraient aussi

pouvoir cohabiter avec les produits conventionnels, assurant une meilleure durabilité aux stratégies de protection.

Dans le domaine des microorganismes, la lutte biologique par acclimatation relève en général de services étatiques, échappant à l'initiative des agriculteurs. Parfois remarquables, ses résultats sont souvent peu satisfaisants et peuvent receler des menaces potentielles durables pour des espèces non cibles (ex : cas de la coccinelle asiatique *Harmonia axyridis*). De son côté, la lutte biologique par augmentation a fait ses preuves dans les cultures sous abri. Les réseaux regroupant producteurs d'auxiliaires, distributeurs et conseillers de terrain spécialisés contribuent à mettre au point les méthodes de lutte et assurent la logistique.

La recherche visant à découvrir de nouvelles substances naturelles demeure active. L'étude des extraits végétaux est complexe en raison de leur hétérogénéité naturelle qui rend difficile la caractérisation des multiples composés qu'ils contiennent. Leurs avantages les plus courants (biodégradabilité, demi-vie courte...) ne suppriment pas la nécessaire connaissance préalable de leur innocuité pour l'utilisateur et l'environnement, de leur niveau d'efficacité et de sa reproductibilité sur les espèces cibles. Doivent aussi être pris en compte la disponibilité de la matière première et la question des résistances en cas d'utilisation répétée.

Le cas des médiateurs chimiques est très différent. La confusion sexuelle devrait assurer une bonne part de leur développement grâce à la diversité des usages, à la mise au point de nouveaux bouquets phéromonaux et au perfectionnement des diffuseurs. Il existe un fort potentiel dans les grandes cultures où la confusion demeure à ce jour marginale.

Les substances élicitrices d'origine naturelle sont dans une situation moins favorable. En dépit des promesses de l'expérimentation en milieu contrôlé, elles ne représentent qu'une fraction infime des produits de protection et les espoirs de développement à court terme sont faibles. Nos connaissances sur leur mode d'action sont encore insuffisantes et le rôle exact joué par les paramètres du milieu qui influencent leur efficacité est mal compris. En regard, le marché des éliciteurs de synthèse reste significatif.

La lutte autocide offre des atouts remarquables : haut niveau d'efficacité, sélectivité absolue, innocuité pour l'environnement. En revanche, elle exige une concertation poussée entre administration, élus locaux, organisations de producteurs, partenaires scientifiques et techniques et entreprises privées. Dans le contexte actuel, il semble que ce procédé ne soit pas proche d'être mis au rang des pratiques de biocontrôle en France.

Les perspectives de développement

Parmi les éléments facilitant l'extension du biocontrôle, on trouve la protection intégrée des cultures, dont la mise en œuvre est maintenant obligatoire. Dans cette transition, le biocontrôle apporte ses atouts, mais réduire la défense des cultures à ses seuls agents serait imprudent pour garantir une protection durable. Mettre en place une protection reposant sur une diversité de moyens ne se fera pas sans une réflexion au sujet de la frontière ténue existant entre chimie « de synthèse » et chimie « naturelle ». Ni en l'absence d'un examen objectif des propriétés toxicologiques et éco-toxicologiques des moyens de lutte qui en sont issus. Le rapport académique aborde différents exemples : molécules naturelles et molécules de synthèse, chimie imitative, hémisynthèse, adjuvants de formulation, additifs extemporanés, association de substances d'origines différentes...

Le développement du biocontrôle est aujourd'hui dynamisé :

- par une recherche créative stimulée par de nombreux nouveaux acteurs et les investissements récents de grands industriels ;

- par un relatif consensus sur le bénéfice environnemental global des solutions relevant du biocontrôle, consensus qui ne doit pas exclure la vérification des caractéristiques supposées favorables ;
- par un courant sociétal porteur dans des pays industrialisés, distancié de l'agriculture, où la crainte de pénurie alimentaire a fait place à des exigences accrues en matière de qualité, de sécurité et d'impact environnemental.

Cette dynamique est contrebalancée par les réserves exprimées au niveau des agriculteurs qui recherchent des preuves de l'efficacité des solutions de biocontrôle avant de les introduire dans leur système de culture, s'interrogent sur les coûts ou les surcoûts correspondants et réclament une formation et des conseils basés sur l'expérience de terrain. Un autre frein moins clairement perçu est la contestation systématique orchestrée autour de l'amélioration végétale, alors même que les technologies critiquées dans leurs applications agricoles sont communément admises lorsqu'il s'agit de prévenir des maladies humaines. Portée à ses extrêmes, cette contestation conduirait à faire reposer sur les autres moyens de biocontrôle l'essentiel de la protection des cultures, charge qu'ils ne sont pas en mesure d'assumer.

Dans l'intérêt de l'agriculture et des citoyens, il ne paraît guère possible de progresser sans passer, *a minima*, par trois étapes incontournables :

- Quelle que soit la manière de produire des denrées destinées à l'alimentation des hommes et des animaux, il conviendrait tout d'abord qu'agriculteurs et administration s'accordent pour **affirmer le caractère indispensable de la protection des cultures** et fassent en sorte que cette nécessité soit mieux comprise par la population.
- Il paraît souhaitable de revenir à des **bases objectives de l'évaluation des dangers** pour l'ensemble de la pharmacopée. Une approche cohérente de la protection des cultures ne peut être conçue sur un discours affirmant que les produits de synthèse sont systématiquement plus dangereux que les solutions « naturelles ». Mais il serait peu responsable aussi de ne pas chercher à profiter des atouts environnementaux potentiels de beaucoup de solutions relevant du biocontrôle, sous prétexte d'une moindre efficacité.
- Enfin, il serait utile de réhabiliter dans différents domaines une **balance bénéfices-risques transparente**, accessible à la fois aux filières, aux scientifiques, aux industriels, aux citoyens et aux médias en recherche d'information authentique. Compte tenu des efforts administratifs consentis en sa faveur, l'intérêt du biocontrôle en serait vraisemblablement conforté.

Tout en gardant présent à l'esprit le fait que nous demandons à nos agriculteurs d'évoluer dans des marchés ouverts, de plus en plus mondialisés, où la compétition est la règle et la compétitivité une condition absolue de leur survie.