



Produits de biocontrôle en 2018 : réalités et défis

Catherine Regnault-Roger

Professeur des universités émérite à l'Université de Pau et des pays de l'Adour

Membre de l'Académie d'agriculture de France

Membre correspondant de l'Académie nationale de Pharmacie

Manuscrit révisé le 21 juillet 2018 - Publié le 28 août 2018

Résumé : Le biocontrôle est un vocable récent qui rassemble beaucoup de techniques et technologies connues depuis longtemps. Depuis une dizaine d'années, les pouvoirs publics particulièrement en France ont décidé de promouvoir cette approche de protection des plantes pour réduire la consommation des molécules phytopharmaceutiques de synthèse. En conséquence, le marché des produits de biocontrôle connaît une croissance fulgurante. Mais sont-ils à même de répondre aux attentes ? Après avoir défini ce qu'on entend par biocontrôle et les produits qui y sont classés, puis donné des éléments sur sa commercialisation actuelle, cet article examine les principales stratégies qui s'appuient sur les produits de biocontrôle dans un exercice d'évaluation bénéfices/risque à partir d'exemples connus de succès et d'échecs.

Mots clés : Définition du biocontrôle, Marché du biocontrôle, Produits de biocontrôle, Succès et échecs.

Abstract : Biocontrol is a recent term that brings together many techniques and technologies known for a long time. Over the past decade, public Authorities, particularly in France, have decided to promote this plant protection approach to reduce the use of synthetic plant protection molecules. Consequently, the biocontrol market is presently expanding. But are these approaches able to meet expectations? After defining what is meant by biocontrol and products of biocontrol, and what is the present occurrence on the market, this article examines the main strategies that rely on biocontrol products in a benefit/risk assessment, exercise based on known examples of successes and failures.

Key words : Benefit/risk assessment, Biocontrol definition, Biocontrol products, Biocontrol market.

Introduction.

La Directive européenne 2009/128/CE a instauré le cadre d'une utilisation des pesticides compatible avec le développement durable afin de mieux prendre en compte les préoccupations sanitaires et environnementales de la société.

En France, une politique de réduction progressive de l'utilisation des produits phytopharmaceutiques de synthèse au profit des produits de biocontrôle a été développée à travers d'une part

la mise en place du plan Ecophyto, et d'autre part par l'adoption de la loi d'Avenir pour l'Agriculture du 13 octobre 2014 visant à promouvoir une démarche agro-écologique. Cette volonté politique de développer les produits de biocontrôle s'est traduite par la mise en place d'une mission parlementaire qui a donné lieu au rapport publié en 2011 et intitulé : « *Le bio-contrôle pour la protection des cultures : 15 recommandations pour soutenir les technologies vertes* » (Herth, 2011).

Dans ce contexte, quels sont les résultats de cette politique volontariste ? Quels sont les défis auxquels est confrontée la démarche du biocontrôle ? Les produits de biocontrôle sont-ils susceptibles de prendre la relève des produits phytopharmaceutiques conventionnels ou s'inscrivent-ils dans la complémentarité, c'est-à-dire au final dans la protection intégrée que la Directive européenne 2009/128/CE a rendue obligatoire ? Telles sont les questions auxquelles nous tenterons d'apporter des réponses.

Les produits de biocontrôle : un développement fulgurant depuis 4 ans.

Les produits de biocontrôle ainsi mis en avant ont quitté un marché de niche, conquérant des parts de marché avec une croissance à deux chiffres (+25% entre 2015 et 2016) (Longevialle, 2018), ce qui conduit aujourd'hui à un marché de 110 millions d'euros avec une hausse de 18% dans les filières agricoles et de 54% pour les jardins, espaces verts et infrastructures (JEVI) (figure 1). Cette forte augmentation en JEVI est le résultat du plan Ecophyto II (axe 4) visant à interdire à terme les produits phytosanitaires « non bio » dans les espaces publics. La dernière

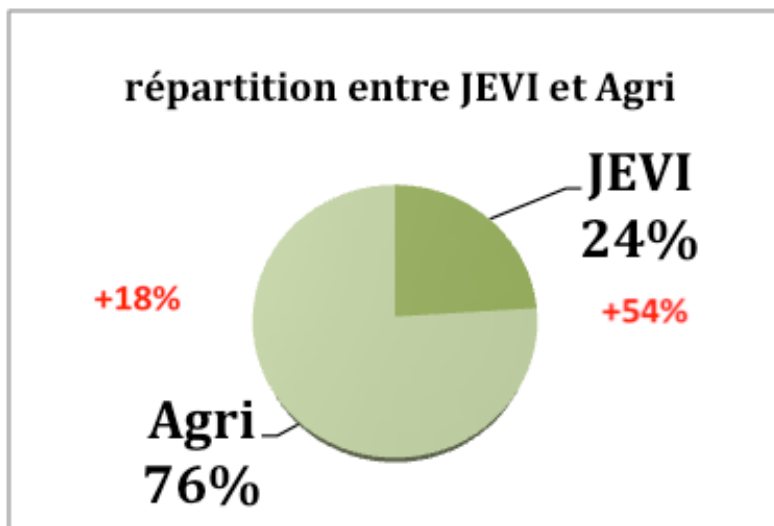


Figure 1. Pourcentages de répartition des produits de biocontrôle entre les jardins, espaces verts et infrastructures (JEVI) et l'agriculture (pourcentage du chiffre d'affaire des adhérents de l'IBMA) selon l'enquête de la société ADquation Etudes marketing publiée en juin 2017.

évaluation indique que le marché du biocontrôle représente aujourd'hui dans notre pays 5% du marché de la protection des plantes. L'ambition de l'*International Biocontrol Manufacturers Association* (IBMA) en France est d'atteindre d'ici 2025 le cap de 15%, c'est-à-dire de multiplier par 3 les ventes actuelles des produits de biocontrôle.

On distingue classiquement quatre catégories de produits de biocontrôle qui ont été classées par le législateur en substances naturelles, médiateurs chimiques, macro-organismes et micro-organismes. Cette classification est inspirée du rapport Herth précité (encart 1). La définition des catégories ainsi retenue ne s'appuie pas sur des considérations purement scientifiques (Regnault-Roger, 2005 ; Bernard, 2017) mais sur ce qui prévaut dans l'industrie du biocontrôle.

L'essor du nombre de solutions de biocontrôle s'est traduit par une augmentation conséquente recensée par le Manual of Biocontrol Agents entre 2009 et 2014 des macro-organismes (+80 solu-



Figure 2. La communication chimique entre les organismes vivants

selon C. Regnault-Roger (2017c).

Encart 1 : Définitions des produits de biocontrôle selon le rapport Herth (2011) sous l'intitulé « l'usage des guerriers naturels dans la défense des cultures »

- Les macro-organismes auxiliaires (ou l'agresseur agressé) sont des invertébrés, insectes, acariens ou nématodes utilisés de façon raisonnée pour protéger les cultures contre les attaques des bioagresseurs.
- Les micro-organismes (ou l'agresseur maîtrisé) sont des champignons, bactéries et virus utilisés pour protéger les cultures contre les ravageurs et les maladies ou stimuler la vitalité des plantes.
- Les médiateurs chimiques comprennent les phéromones d'insectes et les kairomones (voir figure 2). Ils permettent le suivi des vols des insectes ravageurs et le contrôle des populations d'insectes par la méthode de confusion sexuelle et le piégeage.
- Les substances naturelles utilisées comme produits de biocontrôle sont composées de substances présentes dans le milieu naturel et peuvent être d'origine végétale, animale ou minérale ».

tions) et des micro-organismes (+90), suivi dans un moindre mesure pour les substances sémiocchimiques (+31) et les produits naturels (+15) (Copping, 2009 ; Gwynn, 2014).

En France, une augmentation du chiffre d'affaires (CA) de ces différentes catégories des produits de biocontrôle a été constatée par une enquête de la société ADquation Etudes marketing qui se présente comme le « leader des études agricoles en France » (<http://www.adquation-em.fr/fr>). Elle a été réalisée en juin 2017. Les micro-organismes qui représentent 10% du marché des produits de biocontrôle ont progressé de 29% ; les macro-organismes qui interviennent pour 15% du CA se sont accrus de 12% ; les médiateurs chimiques (phéromones essentiellement) augmentent de 14% avec une part de marché de 18% et les substances naturelles, majoritaires car elles occupent 57% du marché français, s'affichent avec +33% (figure 3).

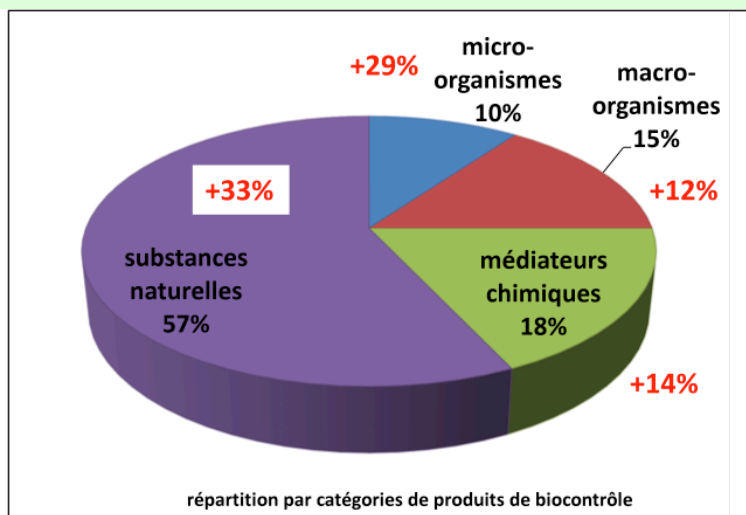


Figure 3. Progression des produits de Bio-contrôle en France, exprimé en pourcentage du chiffre d'affaires des adhérents de l'IBMA France selon l'enquête de la société ADquation Etudes marketing publiée en juin 2017.

L'IBMA indique qu'elle compte pour développer le secteur sur : (i) l'innovation par le développement de la recherche ; (ii) l'information pour mieux faire connaître les solutions existantes ; (iii) la formation pour apprendre à utiliser ces nouveaux produits ; et (iv) des politiques publiques de soutien comme par exemple une réforme de la réglementation visant à alléger les procédures d'homologation de ces produits. Ces dernières sont réclamées depuis plusieurs décennies par l'industrie du biocontrôle qui invoque que ces substances d'origine naturelle font partie du quotidien de tout un chacun (par exemple un extrait d'ail ou une huile essentielle d'orange).

Le biocontrôle n'est pas une découverte récente.

Il s'agit même d'une démarche qui s'inscrit dans l'histoire des hommes puisque la domestication des chats pour lutter contre les souris peut être considérée comme un des premiers exemples de lutte biologique. Puis on découvrit les propriétés insecticides d'extraits de plantes décrites dès les XVII^{ème} et XVIII^{ème} siècles par Jean-Baptiste La Quintinie ou Antoine Parmentier. Aux observations des effets succédèrent des expérimentations plus construites avec Charles Riley qui réussit à contrôler la cochenille des agrumes (*Icerya purchasi*) qui envahissait la Californie en 1889, en introduisant aux Etats-Unis deux insectes australiens, un parasite *Cryptochaetum iceryae* et un prédateur la coccinelle *Rodolia (Novius) cardinalis*.

Deux ouvrages récents mettent en lumière la perspective historique des évolutions de la démarche de biocontrôle auxquels on renverra le lecteur curieux : « Produits de protection de plantes. Innovation et sécurité pour l'agriculture durable » (Regnault-Roger, 2014) et « la Santé du végétal : 100 ans déjà ! Regards sur la Phytopharmacie » (Regnault-Roger et Fougeroux, 2018). On y découvre qu'il n'existe pas une méthode de biocontrôle mais un éventail d'approches qui ont progressé avec l'acquisition de nouvelles connaissances scientifiques notamment dans les domaines des interrelations et de la communication chimique entre espèces (voir ci-dessus), des mécanismes d'action intracellulaires, de la génétique et de la génomique. Ce foisonnement a conduit l'Académie d'agriculture de France à développer une réflexion pour mieux définir ce concept de biocontrôle.

La définition du biocontrôle de l'Académie d'agriculture de France.

À l'issue de ses travaux, l'Académie d'agriculture de France a défini le biocontrôle comme :

« le regroupement de méthodes de protection des cultures utilisables par l'agriculteur ayant en commun :

- de résulter de la connaissance des interactions entre plante cultivée, bioagresseurs et autres organismes vivants du milieu naturel ;
- de favoriser, grâce à une action volontaire de l'agriculteur, la régulation des bioagresseurs à l'aide des agents vivants présents dans le milieu agricole local (parcelle, exploitation, micro-région) ;
- d'utiliser des agents de protection vivants ou issus du vivant pour mettre en place les mesures indirectes qui s'imposent pour une culture donnée ou les moyens directs d'intervention dont la mise en oeuvre découle de l'observation de la culture en saison. »

Un ouvrage intitulé « Biocontrôle en protection des cultures » coordonné par Jean-Louis Bernard (Bernard, 2017), étaye cette définition dans ses applications et souligne les succès mais aussi les limites des différentes solutions de biocontrôle. En effet, comme pour toute nouvelle technologie, les mises en œuvre du biocontrôle nécessitent des ajustements, et c'est au cas par cas qu'il faut les évaluer en fonction des objectifs attendus. Aussi est-ce en fonction des différentes stratégies (les « guerriers naturels » définis par le rapport Herth) que doivent être évoqués les succès et les échecs mais aussi les défis qu'il faut surmonter.

Quelques clefs du biocontrôle par catégorie de produits.

La définition du biocontrôle étant large, il est logique que les stratégies soient très diverses selon les catégories de produits mises en œuvre.

1. Macro-organismes

La lutte biologique par macro-organismes consiste à se servir des ennemis naturels du bioagresseur pour réduire la pression qu'il exerce sur la plante à protéger.

Si dans la nature on rencontre des macro-organismes qui n'appartiennent pas à la faune entomologique (par exemple des oiseaux insectivores), dans le cadre du biocontrôle actuel, on utilise surtout des arthropodes qui deviennent alors des auxiliaires. Ils agissent en contrôlant d'autres insectes qui sont nuisibles ou bien des adventices (insectes phytophages).

On distingue plusieurs approches technologiques reposant sur l'utilisation des macro-organismes dont les plus développées sont celles qui utilisent des macro-organismes prédateurs et des macro-organismes parasitoïdes :

- les macro-organismes prédateurs sont des ennemis naturels des bioagresseurs ciblés : ils tuent leur proie et s'en nourrissent. Ce peut être des prédateurs entomophages qui se nourrissent d'autres insectes, ou des prédateurs phytophages qui consomment des adventices. Ils se nourrissent sur les graines, les fleurs, les tiges, les racines des plantes ou leur transmettent des agents pathogènes qui les infectent.
- Les macroorganismes parasitoïdes vivent aux dépens d'un hôte unique. Ils tuent leur hôte en s'y développant, en parasitant des œufs, des larves, ou les nymphes. Ces insectes parasitoïdes présentent une grande spécificité.

Les auxiliaires introduits dans un biotope se comportent de deux manières : ou ils perdurent ou ils disparaissent dans un délai plus ou moins court :

- Si l'auxiliaire se développe et se maintient aux dépens du bioagresseur ciblé, sans nécessiter une nouvelle intervention, on parle de lutte biologique par acclimatation. Quand une acclimatation est réussie et son efficacité est suffisante, le système se pérennise.
- Si l'auxiliaire ne se maintient pas, il faut effectuer des inoculations ou lâchers à intervalles réguliers. Dans ce cas, on évoquera la lutte biologique inoculative ou inondative.

Ces approches ont rencontré des nombreux succès et aussi des échecs (Encarts 2 et 3) qui démontrent qu'il faut avoir une connaissance approfondie de la biologie des insectes et de leur éthologie ainsi que des écosystèmes dans lesquels ils sont introduits.

2. Micro-organismes bactériens et fongiques

La lutte biologique par micro-organisme ou lutte microbiologique utilise comme organismes antagonistes des micro-organismes qui interviennent par différents mécanismes. L'agent pathogène auxiliaire peut être un champignon, une bactérie, un virus, un protozoaire et des nématodes. Il infecte l'hôte, en général par ingestion, et se multiplie dans l'hôte, causant sa mort. Jusqu'à présent la lutte microbiologique n'a pas montré d'effets néfastes ou préoccupants caractérisés. Les plus utilisés sont les bactéries et les champignons dont voici des exemples.

Encart 2 : quelques succès du biocontrôle opéré par macro-organismes

Parmi les exemples réussis, la **lutte biologique par acclimatation** contre la mouche blanche ou aleurode des agrumes *Aleurothrixus floccosus* (originaire d'Amérique centrale et du Sud) sur la Côte d'Azur. Signalé pour la première fois en France en 1966, près de l'aéroport de Nice quand il fut introduit accidentellement par l'importation d'agrumes, il fut contrôlé par un premier lâcher en 1971 d'un insecte auxiliaire parasitoïde sud-américain apte à s'acclimater à la région méditerranéenne, *Cales noacki*. Mais *C.noacki* résiste mal aux étés très chauds, ce qui provoqua des pullulations brutales de l'aleurode. Un autre parasitoïde *Amitus spiniferus*, originaire d'une région chaude du Pérou, a alors été acclimaté : « Depuis, auxiliaires principal et complémentaire cohabitent harmonieusement et l'aleurode, toujours présent, n'est plus considéré comme nuisible » (Regnault-Roger, 2018b).

Le cas d'école de la **lutte inondative par un insecte parasitoïde** est celui du contrôle de la pyrale du maïs par les trichogrammes, *Trichogramma brassicae*. Les trichogrammes femelles pondent dans les œufs de pyrale du maïs *Ostrinia nubilalis*, ravageur majeur de cette culture, et leurs larves se développent à l'intérieur en tuant leur hôte. Cette technique, mise au point dès les années 1970, se perfectionne régulièrement par amélioration des diffuseurs de trichogrammes qui sont considérés aujourd'hui comme de véritables « concentrés de technologie » et protégés par des brevets (Terrena, 2015). Plus de 120 000 ha de maïs sont actuellement traités en France par les trichogrammes.

La **lutte biologique par prédateurs entomophages** connaît un grand succès pour le contrôle des ravageurs en serre : contrôle de diverses espèces de pucerons par des chrysopes et des coccinelles. Le biocontrôle des thrips par les acariens est très employé pour la protection des fleurs coupées et en pots en France. Récemment un nouvel acarien prédateur de thrips et d'aleurodes, *Typhlodromips (Amblyseius) swirskii*, a été introduit dans les serres pour protéger les cultures de concombre, mais également de fraiser, courgette et poivron. Ses performances (il consomme de 5 à 10 proies par jour) lui ont valu le qualificatif de « prédateur glouton » (Biobest, 2017) !

Des **insectes phytophages** sont utilisés pour contrôler les adventices et de nombreux succès ont été observés au Canada et aux Etats-Unis :

- Ainsi le biocontrôle du chardon penché *Carduus nutans* a été réalisé par des coléoptères curculionidés venant de France dans les années 1970 (*Rhinocyllus conicus*) ou d'Italie (*Ceuthorrhynchidius horridus*) en Virginie.

- L'herbe de la Saint-Jean, ou millepertuis perforé *Hypericum perforatum*, est considérée comme une mauvaise herbe des pâturages en raison des troubles physiologiques qu'elle provoque chez les troupeaux. Au Canada, c'est actuellement la chrysolème *Chrysolina quadrigemina*, originaire d'une région méditerranéenne.

- **bactéries**

Le micro-organisme le plus employé est sans aucun doute le Bacille de Thuringe, *Bacillus thuringiensis* ou « Bt », utilisé en fait dès les années 1920, sous forme de spores. Les cristaux de

protéines Cry qu'il produit possèdent des propriétés insecticides qui tuent certaines chenilles de lépidoptères ou coléoptères qui s'en nourrissent.

Encart 3 : quelques échecs du biocontrôle opéré par macro-organismes

Des introductions de prédateurs entomophages exotiques en milieu ouvert se sont révélées moins heureuses.

- La coccinelle asiatique, *Harmonia axyridis* a créé des problèmes en Amérique du nord et en Europe. Elle est classée espèce nuisible en Grande Bretagne. Tout en assurant une lutte efficace contre certaines espèces de pucerons, ces coccinelles sont devenues une espèce invasive. Elles déciment les coccinelles indigènes, s'attaquent à d'autres insectes inoffensifs, et mettent ainsi en péril la biodiversité. Elle porte atteinte à la qualité des produits agro-alimentaires en ravageant des fruits et en portant atteinte à la qualité du vin quand elle est vendangée avec le raisin. Elle affecte la qualité de vie et le bien-être des humains, envahissant les maisons grâce à des phéromones d'agrégation qui attirent d'autres congénères, forment des amas s'agglutinant dans les coins des pièces (plafonds, fenêtres) et provoquent des ré-infestations d'une année sur l'autre (**figure 4**). Elles sécrètent aussi une substance jaunâtre, malodorante. Des symptômes d'allergie ou d'irritation ont été décrits chez des habitants de maisons infestées.



Figure 4. Amas de coccinelles asiatiques dans l'embrasure d'une fenêtre dans le Périgord en 2016 (Photo Catherine Regnault-Roger).

- La pyrale du cactus *Cactoblastis cactorum* est aussi devenue un cas préoccupant dans le Golfe du Mexique où elle a été utilisée en lutte biologique de manière inconsidérée. Cet insecte phytophage avait cependant fait ses preuves en Australie pour contrôler le figuier de Barbarie *Opuntia ficus-indica* originaire du Mexique. Introduit en 1839 comme haie naturelle et pour l'élevage des cochenilles en vue de produire un colorant rouge, ce cactus se révélait être une plante envahissante rendant improductifs 40 000 km² de terres agricoles. La pyrale du cactus fut alors introduite dans les années 1920-1925, avec succès, et un monument fut même érigé en mémoire de cette lutte victorieuse dans la ville de Dalby dans le Queensland (Australie). A la suite de cette réussite, cet insecte fut introduit dans plusieurs pays dont les Îles Caraïbes, Hawaï, ou la Nouvelle Calédonie. En 1989, on le retrouve en Floride et au Mexique où il porte atteinte à des cactus plantés pour lutter contre l'érosion, aux cactus ornementaux protégés et patrimoniaux, et à des cactus utilisés dans l'alimentation. Dans ces endroits, l'insecte est ainsi devenu un fléau.

Les produits de biocontrôle à base de micro-organismes bactériens présentent de nombreuses qualités : outre leur spécificité, ils sont sans effet ou d'effets considérés comme négligeables sur les animaux, les abeilles et autres insectes auxiliaires, ainsi que pour l'homme. Ils n'ont pas montré jusqu'à présent d'effet adverse sur l'environnement mais des phénomènes de résistance marqués ont été constatés consécutivement aux épandages répétés de spécialités à base de « Bt » depuis plusieurs années (Regnault-Roger, 2014).

Une des solutions pour y remédier est de mettre à profit les propriétés insecticides de ces protéines Cry en les incorporant par transgénèse dans des variétés de maïs, c'est-à-dire en incluant le gène codant pour ces protéines dans le génome du maïs alors appelé « Bt » et considéré comme OGM (organisme génétiquement modifié). Les variétés de maïs ainsi obtenues (par exemple celles portant l'événement de transformation appelé MON 810) résistent aux attaques de la pyrale *Ostrinia nubilalis* et de la sésamie *Sesamia nonagrioides* en tuant leurs larves qui meurent en s'alimentant sur ces maïs. Outre le fait que cela limite les dégâts causés à la culture, les infestations de champignons toxigènes du genre *Fusarium* qui s'installent à la faveur des blessures causées à la plante par les insectes sont grandement diminuées (Folcher et al. 2010). Les moisissures qui en résultent (figure 5) peuvent occasionner des contaminations dangereuses (mycotoxines) pour la santé humaine et animale (Regnault-Roger, 2017b).

Cette biotechnologie « Bt », qui a été élargie à d'autres espèces de plantes cultivées, rencontre un succès mondial... sauf en Europe. En France, la culture des OGM a été interdite pour des raisons politiques en 2014 (Regnault-Roger, 2015). On soulignera que cette approche biotechnologique qui relève d'une réglementation spécifique et très lourde dans l'Union européenne, est considérée comme produisant des biopesticides (Plant incorporated protectant) par l'Agence de protection de l'environnement (EPA Environmental Protection Agency) aux Etats-Unis et bénéficie d'une réglementation biopesticide adaptée au regard de l'homologation des produits phytopharmaceutiques de synthèse (Regnault-Roger, 2005).



Figure 5. Maïs conventionnel fusarié (à gauche) et maïs transgénique MON 810 sain (à droite) cultivés dans une même parcelle en Espagne en 2009 (photos Catherine Regnault-Roger).

- **Champignons**

Les champignons pathogènes d'insectes ou d'acariens agissent par pénétration transcutanée. Ils sont, de ce fait, particulièrement adaptés aux insectes piqueurs-suceurs comme les pucerons et les aleurodes qui ne sont pas sensibles aux bactéries et aux virus. Les insectes infectés cessent de s'alimenter et meurent rapidement. Ces champignons entomopathogènes ont des spectres d'hôtes étroits ce qui les rend très spécifiques, n'affectant ni les animaux vertébrés ni les plantes. Les infections qu'ils provoquent s'accompagnent souvent d'un emmaillotement du corps de l'insecte par le mycélium fongique blanc ou coloré, ce qui donne à l'insecte l'aspect d'une momie. Plusieurs isolats de *Beauveria bassiana* sont utilisés sur un large éventail d'insectes en particulier les sauterelles et les criquets, les mouches domestiques, les pucerons, les thrips pour protéger les plantes ornementales et des cultures horticoles sous serre.

3. Phéromones

Ces molécules de la communication chimique au sein d'une même espèce sont naturellement synthétisées par les individus d'une espèce pour modifier le comportement d'autres individus de cette espèce. Ce peut être des modifications temporaires ou définitives : les criquets qui présentent deux formes phénotypiques distinguables, solitaire ou grégaire selon les conditions de l'environnement, ou encore le termite soldat chargé de défendre ses congénères porte un rostre qui émet un jet toxique. Les phéromones ont surtout été étudiées chez les insectes sociaux.



Figure 6. Piège à phéromones utilisé pour le dépistage dans un jardin résidentiel (JEVI) du Sud- Ouest de la France à l'automne 2016 (Photo Catherine Regnault Roger).

On les utilise en phytoprotection dans trois approches :

- le dépistage et la surveillance des ravageurs. Les phéromones mises dans des pièges attirent les individus de l'espèce (**figure 6**). Ce dépistage évalue la présence et la densité du ravageur au champ ou dans les espaces verts. La surveillance qui en découle permet d'établir la dynamique de la population du ravageur et leur dénombrement pour évaluer la pression du ravageur sur la culture et s'il convient de traiter ;
- la confusion sexuelle. Dans cette approche, une diffusion de quantités importantes de phéromones sexuelles sature l'atmosphère et stimule en permanence les récepteurs sensoriels des mâles qui ne sont plus aptes à distinguer le signal d'une femelle de celui du leurre. Cette technique empêche l'accouplement et diminue la reproduction du ravageur ;
- la *capture de masse* ou technique *Attract and kill*. Une association phéromone-insecticide attire l'insecte vers le piège où il subit la toxicité de l'insecticide. L'efficacité de cette technique est en débat. Elle a cependant fait ses preuves pour le contrôle de certains ravageurs , notamment la tordeuse chinoise *Cydia trasi* pour protéger les arbres du Japon *Sophora japonica*.

Le coût de cette technologie est élevé (prix des phéromones de synthèse et un temps de travail important de l'agriculteur). Elle est particulièrement pertinente pour la protection des cultures à haute valeur ajoutée comme les vignes en Champagne (38% des surfaces protégées en confusion sexuelle).

4. Les allomones et extraits végétaux (cf. figure 2)

Les allomones végétales, facteurs de défense des plantes, développent plusieurs stratégies envers les ravageurs pour affecter leur potentiel biotique. Elles interviennent de manière très active contre les invasions de micro-organismes et sont impliquées dans différents mécanismes cellulaires. Elles jouent un rôle majeur pour la co-évolution des espèces, et dans certains cas l'allomone est convertie en kairomone. Leur spectre d'activité est très large puisqu'on identifie des molécules insecticides, nématicides, fongicides, bactéricides etc. Les huiles essentielles et leurs monoterpènes, la roténone, le neem, le pyrèthre sont classés dans cette catégorie.

Utilisés dès le XVI^{ème} siècle, les extraits végétaux se développent moins vite que d'autres catégories de produits de biocontrôle. Plusieurs freins sont relevés (Regnault-Roger, 2017a) :

- les extraits végétaux sont des matrices complexes et hétérogènes et il peut en résulter une variabilité marquée dans l'efficacité du produit obtenu ;
- ce n'est pas parce qu'ils sont naturels que les extraits végétaux sont sans risque. Certains peuvent révéler des effets non intentionnels marqués même s'ils ont des avantages écologiques indéniables : leur biodégradabilité (avec en général des demi-vies courtes des substances actives) ; grande spécificité d'activité envers les espèces et la diversification des cibles physiologiques et biochimiques chez les bioagresseurs visés (limitant de ce fait la pression de sélection qui s'exerce à leur encontre et retardant l'apparition de phénomènes de résistance) ;
- se pose également la disponibilité de la ressource et le prix de revient de la formulation par rapport aux produits phytopharmaceutiques de synthèse.

Quel bilan en 2018 ?

Il existe aujourd'hui une forte demande de produits de biocontrôle liée à de nouvelles politiques publiques volontaristes pour favoriser une économie « verte », ainsi qu'une attente des consommateurs qui sont sensibles aux campagnes médiatiques de dénigrement de la « chimie » et s'orientent par conséquent vers ce qui est étiqueté « naturel ».

On peut cependant s'étonner de certaines réponses apportées à ces préoccupations. Ainsi des cercles politiques encouragés par des lobbys à l'idéologie partisane et engagée entendent promouvoir « le bio » en indiquant qu'il développe une alimentation plus saine et une démarche environnementale plus vertueuse. Ce à quoi on peut rétorquer que l'agriculture bio admet dans son cahier des charges l'utilisation de plus de 400 spécialités phytosanitaires notamment chimiques (produits minéraux comme la bouillie bordelaise) pour protéger la santé des cultures en champ, et que l'écotoxicité du cuivre dont elle est grande consommatrice n'est plus à démontrer. Il serait donc faux de dire que les produits bio sont exempts de résidus pesticides, car si on en retrouve globalement moins que dans les produits issus de l'agriculture conventionnelle, une récente enquête européenne coordonnée par l'EFSA (European Food Safety Authority ou Autorité européenne de sécurité des aliments AESA) a démontré que 720 échantillons (13,5% de 5331 prélèvements réalisés sur les produits « bio » commercialisés dans l'Union européenne entre 2013 et 2015) contenaient des résidus de 140 pesticides sur les 164 molécules recherchées (Regnault-Roger, 2018a). Quant à la valeur nutritionnelle des aliments bio, il a été démontré que leur prétendue supériorité sur les aliments de l'agriculture conventionnelle est une idée reçue (Guéguen, 2018).

Mais faut-il pour autant opposer l'agriculture dite conventionnelle à l'agriculture dite biologique ? Gil Kressmann (2018) note que la frontière entre les deux agricultures n'est plus aussi éloignée avec le « verdissement » de l'agriculture conventionnelle. Ce n'est pas l'agriculture biologique qui est le principal débouché des produits de biocontrôle, mais bien la protection intégrée des cultures en complément avec d'autres techniques de lutte comme le soulignent des études réalisées en verger outre-Rhin (Regnault-Roger, 2018b). La forte demande des produits de biocontrôle constatée ces dernières années coïncide avec le développement de cultures à forte valeur ajoutée. Vignes, cultures sous serres ou arboriculture sont des secteurs dans lesquels il est nécessaire de mettre en œuvre des moyens de protection lourds pour protéger ces productions végétales de leurs bioagresseurs ; la protection des cultures par biocontrôle apporte des solutions innovantes, réduisant ou espaçant les traitements classiques : elle s'y est énormément développée.

Plusieurs verrous technologiques qui empêchaient par le passé le développement des produits de biocontrôle ont en effet reçu des solutions au cours des dix dernières années. La production de ces substances actives requiert un savoir-faire particulier. À base d'organismes biologiques ou de substances biologiques, les produits de biocontrôle nécessitent souvent des conditions particulières de conditionnement, de manipulation et de stockage. D'énormes progrès ont été accomplis pour bonifier la production, le transport et la conservation de ces produits, et pour améliorer la standardisation des produits finis. C'est pourquoi le nombre de solutions de pro-

duits de biocontrôle à base de macro-organismes et de micro-organismes progresse fortement depuis quelques années.

Ces améliorations techniques facilitent la mise en place des dispositifs de biocontrôle dans les parcelles et ont allégé la réalisation des tâches par des opérateurs, diminuant par conséquent le coût du travail qui y est associé. Cependant la mise en œuvre de solutions de biocontrôle se révèle de manière générale plus onéreuse (main d'œuvre mais aussi prix des matières premières et substances actives) que les traitements conventionnels des parcelles. Ainsi la lutte par confusion sexuelle qui couvre 60 % du vignoble suisse (environ 9 000 ha), et 65 % en l'Allemagne, est subventionnée, ces deux pays accordant des aides financières pour compenser les coûts.

Mais déjà d'autres innovations apparaissent qui bouleverseront les conditions actuelles d'utilisation des produits de biocontrôle. La réglementation en vigueur sur les macro-organismes l'y autorisant, des lâchers de trichogrammes par drone dans les cultures de maïs ont fait l'objet d'épandages sur des superficies de 527 hectares en 2017, multipliant par un facteur 10 les surfaces traitées en 2015 (GT « Drones » de l'AAF, 2018). Cet exemple démontre que les coûts associés à l'emploi des produits de biocontrôle vont connaître au cours des prochaines années des mutations profondes liées aux techniques et aux tâches à accomplir.

Outre les avancées technologiques, la réglementation constitue un autre élément clef de leur développement. Les solutions de biocontrôle dépendent dans leur grande majorité de la réglementation des produits phytopharmaceutiques (PPP). Plusieurs verrous réglementaires ont été levés, les règles d'homologation ayant été précisées et assouplies pour certaines catégories de produits dans de nombreux pays (États-Unis, Canada, Australie, etc.). Dans l'Union européenne, le règlement 1107/2009 a introduit la notion de substances actives ou produits phytopharmaceutiques à faible risque (dans ses articles 22 et 47).

Cependant, développer en toute cohérence le marché des produits phytopharmaceutiques de biocontrôle nécessite de poursuivre une démarche scientifique rigoureuse, s'appuyant sur l'avancée des connaissances afin de promouvoir une agriculture agro-écologique, scientifique et technologique. Ainsi est-il raisonnable d'encourager par des dérogations ou des autorisations, assorties par ailleurs de nombreuses restrictions, la mise sur le marché de produits de biocontrôle à base d'extraits végétaux dont les principes actifs sont connus pour leurs propriétés de perturbateur endocrinien (exemple le neem, extrait du margousier *Azadiracta Indica*, qui est utilisé comme contraceptif masculin en Inde) ou dont on conseille de répandre des doses considérables pour avoir l'efficacité requise (un extrait d'ail nématicide a été très récemment homologué pour des doses de 25 kilogrammes par hectare) ?

Conclusion

Développer les produits de biocontrôle pour réduire les quantités utilisées de produits phytopharmaceutiques de synthèse n'a de sens que s'ils engendrent des progrès significatifs en matière de protection de l'environnement et de préservation de la santé humaine et animale. Ce n'est pas parce qu'ils sont d'origine naturelle que les risques liés à l'utilisation de ces produits doivent être traités avec plus d'indulgence. Il existe actuellement des dispositifs de biosurveillance du territoire qui sont surtout focalisés sur les produits phytosanitaires de synthèse tels

que le comité de phytopharmacovigilance de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES, 2018). Les produits de biocontrôle, que ce soient des extraits naturels, des micro-organismes ou des macro-organismes (qui sont soumis à une réglementation différente de celle des produits phytopharmaceutiques) devraient y être soumis de la même manière, mais avec des protocoles particuliers liés à leur spécificité.

Préserver la santé du végétal par biocontrôle suppose par conséquent non seulement de promouvoir les recherches publiques et privées dans ce domaine et d'encourager les progrès technologiques réalisés par l'agro-industrie, mais aussi d'appliquer une démarche de biovigilance rigoureuse.

Bibliographie

- Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail, ANSES (2018) La phytopharmacovigilance. <https://www.anses.fr/fr/content/fiches-de-phytopharmacovigilance-ppv?page=1>.
- Bernard J.L. (coordinateur) (2017) Biocontrôle en protection des cultures. L'Harmattan, Paris, 203 pages.
- Biobest (2017) lutte biologique contre les ravageurs. <http://www.biobestgroup.com/fr/biobest/produits/lutte-biologique-contre-les-ravageurs-4459/auxiliaires-4478/swirskii-system-7227/> (date d'accès le 20/11/17).
- Copping L.G. (2009) The manual of biocontrol agents 4th edition. BCPC, Alton (UK), 851 pages.
- GT « Drones » de l'AAF (Groupe de travail Drones de l'Académie d'agriculture de France) (2018), utilisation des drones pour la protection des végétaux, document interne, 33 pages.
- Guéguen L. (2018) Les aliments bio : le vrai et le faux, In Idées reçues et agriculture (C.Regnault-Roger coordinatrice) Presses des Mines, Paris, p. 121-142.
- Gwynn R. (2014) The manual of biocontrol agents 5th edition. BCPC, Alton (UK), 520 pages.
- Herth A. (2011). Le bio-contrôle pour la protection des cultures 15 recommandations pour soutenir les technologies vertes. Synthèse du rapport publié par la Documentation française. Disponible à l'adresse : www.ladocumentationfrancaise.fr/var/storage/rapports-publics/114000224.pdf. [date d'accès le 2 avril 2018].
- Folcher L., Delos, M. Marengue, E. Jarry, M. Weissenberger, A., Eychenne, N. Regnault-Roger C. (2010) Lower mycotoxin levels in Bt maize grain. *Agron.Sustain Dev.* 30 : 711-719.
- Kressmann G. (2018) Le marketing du bio : atouts et enjeux, In Idées reçues et agriculture (C.Regnault-Roger, coordinatrice) Presses des Mines, Paris, p. 143-168.
- Longevialle D. (2018) Le biocontrôle en France, colloque IBMA 30/01/2018 Paris. http://www.ibma-france.fr/wpcontent/uploads/2018/02/180130_diaporama_colloque_IBMA_France_2018.pdf [date d'accès le 2 avril 2018].
- Regnault-Roger C. (2005). Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement. Lavoisier, Paris, 1013 p.

- Regnault-Roger, C. (2014). Produits de protection de plantes. Innovation et sécurité pour l'agriculture durable, Lavoisier, Paris, 353 pages.
- Regnault-Roger C. (2015). Interdiction des maïs Bt en France : l'épilogue. La revue de l'Académie d'agriculture 7 : 6-9.
- Regnault-Roger C. (2017a). Les allomones végétales, facteurs de coévolution. Phytoma 708 : 8-10.
- Regnault-Roger C. (2017b) Comment prévenir le risque de mycotoxines dans la production agricole ? Sciences et Pseudo-Sciences 322 : 45-48.
- Regnault-Roger C. (2017c) Communication chimique : une stratégie de biocontrôle, Jardins de France 648 : 58-62.
- Regnault-Roger C. (2018a) Sécurité alimentaire et risque pesticide In Idées reçues et agriculture (C. Regnault-Roger (coordinatrice), Presses des Mines, Paris p. 79-102.
- Regnault-Roger C. (2018b) : Préserver la santé du végétal : méthodes alternatives et biocontrôle In Santé du Végétal : 100 ans déjà ! C. Regnault-Roger et A. Fougeroux (coordonnateurs), Presses des Mines, Paris p 89-125.
- Regnault-Roger C., Fougeroux A. (2018) Santé du végétal : 100 ans déjà ! Regards sur la Phytopharmacie, Presses des Mines, Paris 177 pages.
- Terrena (2015) Les trichogrammes : plus que jamais au goût du jour, Les terrenales <http://www.les-terrenales.com/les-trichogrammes-plus-que-jamais-au-gout-du-jour/> accès le 22/11/17.