

Biocontrôle, chimie et protection des plantes : opposition et complémentarité

Expert dans le domaine de la protection des cultures, ingénieur chez ICI-Sopra, puis Zeneca-Agrochemicals, Jean-Louis Bernard a été responsable Environnement et Agriculture Durable chez Syngenta-Agro. Actif dans plusieurs associations, il a en particulier été vice-président de l'AFPP, l'Association Française pour la Protection des Plantes. Membre de l'Académie d'agriculture de France qu'il a présidé en 2019, il a rédigé de très nombreux articles et plusieurs livres dont Biocontrôle en protection des plantes, thème qui inspire sa contribution à cet ouvrage.

1 Le biocontrôle, la protection des cultures

1.1. Pourquoi les hommes cherchent-ils à protéger les cultures ?

Si le sujet proposé « Biocontrôle, chimie et protection des plantes » peut être abordé de différentes manières, on doit d'abord constater que tous les peuples agricoles se sont efforcés depuis toujours de protéger les cultures contre les ennemis naturels qui les menacent. Dans les pays où les techniques

ancestrales sont toujours en vigueur, il n'est pas rare de voir dans les champs des travailleurs arrachant l'herbe indésirable avec des hoes, voire à main nue. Ailleurs, on ramasse manuellement les chenilles qui dévorent les cultures vivrières installées en bordure de forêt, quitte parfois à les consommer. Ces techniques remontent à des milliers d'années, aux origines même de l'agriculture. Chez nous, on ne les emploie plus guère et toutes les nations possédant une agriculture développée ont adopté des

moyens de protection variés, parfois sophistiqués.

La question de l'étendue réelle des dégâts infligés aux cultures qui justifie la mise en œuvre par les agriculteurs de moyens de protection est souvent posée. Les essais ponctuels sont innombrables mais les enquêtes d'ampleur à ce sujet très peu nombreuses. Les plus anciennes remontent aux années 1950 avec l'étude mondiale exhaustive publiée par Cramer¹. Depuis, on connaît surtout celle conduite par un groupe d'universitaires allemands². Publiée en 1994, elle a nécessité de longues années de recherches afin d'obtenir des chiffres relativement solides. Ces travaux

ont été réactualisés en 2006 (*Figure 1*). Les dernières données scientifiques sur l'importance des dommages au niveau mondial remontent donc déjà à près d'une vingtaine d'années. La *Figure 1* montre en bleu le potentiel de perte de rendement sans protection évalué pour six cultures mondiales majeures. Ainsi pour le blé, lorsqu'on chiffre les pertes mondiales moyennes à 49,8 %, cela signifie que sans protection, c'est la moitié du rendement potentiel qui serait perdu, en fait entre 30 % et 60 % selon l'importance de la pression des organismes nuisibles. Les mesures prises par les agriculteurs pour protéger ce blé de la concurrence des adventices (« mauvaises herbes »), des maladies ou des insectes limitent à moins de la moitié ces pertes de rendement. Sans protection, plus de 60 % des récoltes mondiales disparaîtraient. Que l'on conduise les cultures en agriculture biologique ou en conventionnel, que l'agriculteur soit techniquement très pointu ou non, il faut faire quelque chose. Sauf à laisser stagner la productivité à des niveaux faibles et pâtir de récoltes devenant très irrégulières, voire aléatoires.

1. Cramer H.H. (1967), *La protection des plantes et les récoltes dans le monde*. Pflanzenschutz Nachrichten Bayer-Leverkusen, 524 p.

2. Oerke E.-C., Dehne H.-W., Schönbeck F., Weber, (1994), *Crop production and crop protection*. Elsevier.

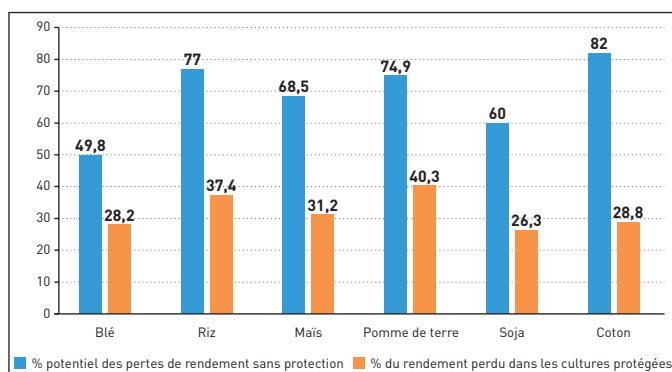


Figure 1

Importance des pertes dues aux bioagresseurs pour six cultures mondiales majeures.

Source : OERKE E.-C. (2006), Crop losses to pests. *Journal of Agricultural Science*, 144, 31-43.

1.2. La multiplication des questions de protection des cultures

Si la nécessité de protéger les plantes est largement partagée, il n'en est pas de même pour ce qui est de la prise de conscience de l'avenir de ces menaces. Les introductions d'organismes nuisibles sur notre territoire ont été

nombreuses au cours des deux derniers siècles et elles se perpétueront dans l'avenir. Au cours du XIX^e siècle, l'Europe a connu des événements effroyables, le plus grave étant consécutif à l'arrivée du mildiou de la pomme de terre. Causée par un champignon, cette maladie détruit le feuillage et fait pourrir les tubercules. Elle a provoqué plus d'un million de morts dans l'Irlande du XIX^e siècle. Peu après, la vigne a terriblement souffert de l'introduction de l'oïdium et du mildiou³, puis le phylloxéra⁴ a fait mourir tous les vignobles d'Eurasie qu'il a fallu replanter en totalité. Après 1919, l'Europe a aussi vécu l'invasion du doryphore⁵ sur les pommes de terre. Ces fléaux et quelques autres n'existaient pas du temps de Napoléon I^{er}. Tout cela est arrivé après. C'est contre ces organismes nuisibles invasifs que l'on a recherché et trouvé des moyens de protection efficaces, moyens chimiques et biologiques en tête. Avec l'évolution des transports, des échanges de marchandises par conteneurs, du tourisme, nous continuons à introduire année après année sur notre territoire un nombre croissant d'organismes potentiellement nuisibles.

Nous ne sommes donc pas à l'abri d'un événement aussi grave que l'arrivée du doryphore de la pomme de terre par exemple. En conséquence,

tous les pays cherchent à disposer de méthodes de défense performantes, tout en étant les moins perturbantes possibles pour le milieu naturel. Cela est d'autant plus nécessaire que la demande alimentaire progresse alors que la surface des terres arables encore utilisables s'amenuise. Cette pression invisible qui nous environne pourrait avoir demain des conséquences dramatiques si nos agriculteurs étaient dépourvus de moyens de protection, quelle que soit leur nature.

1.3. Une protection des plantes faisant appel à des moyens respectueux de l'homme et de son environnement

Il existe aujourd'hui des aspects sur lesquels nous avons de grands consensus au niveau international. Le premier est que l'agriculture est par essence perturbatrice du milieu naturel. Lorsqu'on défriche un espace pour y implanter une culture, le labour perturbe les insectes qui vivent dans le sol, les vers de terre qui y séjournent, les bestioles qui vivent sur les adventices ou la flore naturelle implantée sur le terrain. Cela étant, on s'accorde aussi généralement sur le fait que cette inévitable perturbation liée à l'acte agricole ne doit pas être durable. Personne ne souhaite que le travail fourni pour nous nourrir atteigne le milieu naturel d'une manière qui lui soit néfaste à long terme, le privant de la possibilité d'héberger une biodiversité bénéfique à l'accomplissement de ses fonctions. D'où un assentiment



Figure 2

Adulte et larve du doryphore de la pomme de terre.

3. Oïdium et mildiou de la vigne : maladies causées par des champignons spécifiques à cette culture.

4. Phylloxéra : puceron des racines destructeur de la vigne.

5. Doryphore : coléoptère ravageur introduit d'Amérique du Nord.

largement partagé en faveur d'une agriculture écologiquement intensive, d'une agroécologie peu perturbatrice du milieu naturel. Pour parvenir à faire évoluer en ce sens nos agricultures, on essaie de trouver de plus en plus des moyens de défense qui s'inspirent de la nature, ce dans quoi s'inscrit le biocontrôle.

Cela dit, la signification de ce qu'est le biocontrôle n'est pas encore identique d'une nation à l'autre, et ce point mérite que l'on s'y arrête un instant.

2 Différents aspects du biocontrôle

2.1. Comment les agriculteurs européens protègent-ils leurs cultures aujourd'hui ?

Lorsqu'une culture doit être semée, on réfléchit généralement à ce qu'il est possible de faire avant le semis pour prévenir l'impact du parasitisme. Il existe pour cela un certain nombre de mesures prophylactiques qui doivent être connues et mises en œuvre autant que possible pour prévenir l'apparition et la propagation des ennemis des cultures (**Tableau 1**).

Par exemple, un agriculteur qui sèmerait un tournesol dans une parcelle en bas-fond ayant récemment porté cette culture, qui plus est sous un climat humide, aurait beaucoup de mal, même avec des produits chimiques, à faire une bonne récolte indemne de sclérotiniose. En revanche, dans un sol bien drainant avec une rotation suffisamment longue entre cultures de même espèce, cela redeviendra possible. La rotation fait ainsi partie des mesures de protection d'ordre général à considérer. Mais elle ne suffit pas toujours. Il faut aussi s'intéresser par exemple à la manière dont est conduit le travail du sol. Cultiver une plante à racine pivotante comme le tournesol avec un simple travail superficiel est, dans certains cas, prendre le risque de sensibiliser les cultures aux effets de la sécheresse. Autre aspect : la date du semis. Semer trop tôt peut conduire à des levées très lentes, sensibilisant la culture aux dégâts des insectes ou des limaces.

Ensuite, il y a des actions plus spécifiques que l'on peut conduire, dirigées précocement et plus spécifiquement sur les bioagresseurs que l'on craint. L'exemple le plus classique, on peut le trouver sur les arbres fruitiers. Ainsi, si vous êtes un producteur de prune d'Ente destiné à faire du pruneau d'Agen, vous avez intérêt, lorsque vous faites la taille hivernale, à bien débarrasser les arbres de toutes les petites prunes sèches qui sont restées sur l'arbre et des brindilles touchées par un champignon qu'on appelle le monilia. Ce travail accompli, il convient de brûler ces organes contaminés

Tableau 1

Exemples de mesures préventives à considérer avant la période d'intervention des bioagresseurs.

Mesures préventives d'ordre général	Choix des espèces cultivées en fonction du milieu, élaboration des rotations, labour ou non-labour, drainage, choix des variétés, des densités, profondeur et dates de semis, type et niveau des fumures, aménagements favorables aux auxiliaires...
Mesures préventives visant les bioagresseurs en dehors de leur période de nuisance	Réduction de l'inoculum, herbicide de pré-émergence, faux-semis, traitement des semences...

plutôt que de les laisser à terre au pied des arbres. Cela diminue la présence des organes contaminants du champignon (inoculum) et réduira l'émission des spores au début de la période végétative.

Une fois le semis effectué ou après le démarrage en végétation des plantes pérennes (arbres fruitiers, vigne...), des organismes nuisibles peuvent se révéler virulents et nécessiter une intervention directe de la part de l'agriculteur. Pour cela, ce dernier dispose de procédés différents qui sont de nature physique, biologique ou chimique (**Tableau 2**).

Prenons l'exemple d'une culture de maïs. En tête des procédés physiques, on trouve le sarclage mécanique. Il s'agit d'une opération qui consiste à utiliser une bineuse mécanique pour déraciner les adventices indésirables qui lèvent entre les lignes de semis. Il existe aussi les procédés biologiques. Dans les maïs qui subissent des pressions ordinaires de pyrale⁶, beaucoup d'agriculteurs lâchent en temps opportun des trichogrammes. Il s'agit de guêpes minuscules élevées industriellement qui, une fois lâchées, vont pondre dans les œufs de la pyrale et empêcher les chenilles de naître. Il y a enfin des procédés de lutte faisant appel à la chimie. Dans le cas du maïs, c'est par exemple l'emploi d'herbicides sélectifs en post-lévé de la culture.

6. Principal ravageur du maïs sous nos climats, la pyrale est un papillon qui pond sur les feuilles du maïs. Les jeunes larves pénètrent dans les tiges et les épis, occasionnant des dégâts qui peuvent être considérables.

Tableau 2

Exemples de mesures de lutte directe utilisables en cas d'attaque de bioagresseurs

Procédés faisant appel à des moyens physiques	Sarclage mécanique, effarouchement acoustique, brûlage, bassinage...
Procédés faisant appel à des moyens de lutte biologique	Lâcher d'auxiliaires, confusion sexuelle, insecticides biologiques à base de bactéries, de virus, de nématodes entomopathogènes...
Procédés faisant appel à la chimie	Herbicides, fongicides, insecticides, répulsifs...

Tous les agriculteurs pratiquent ce raisonnement : avant la mise en place de la culture, il y a des choix stratégiques à faire, et une fois que la culture est en place, suivant les problèmes qui surviennent, l'un ou l'autre des moyens de lutte directe est choisi.

2.2. Comment est défini le biocontrôle ?

En France, nous disposons actuellement d'une définition officielle du biocontrôle qui figure dans le Code rural et de la pêche maritime. Selon l'article L.253-6, le biocontrôle est défini comme le recours à « *des agents et produits utilisant des mécanismes naturels dans le cadre de la lutte intégrée⁷ contre les ennemis des cultures. Ils comprennent en particulier : les macro-organismes, les produits phytopharmaceutiques comprenant des micro-organismes, des médiateurs chimiques comme les phéromones et les kairomones et des substances naturelles d'origine végétale, animale ou minérale* ».

7. La Lutte intégrée est précisée selon la définition donnée par la Directive 2009/128/CE, art. 3.

Cette définition nationale, n'est malheureusement pas identique à celle qui existe dans d'autres pays où ce terme peut parfois recouvrir des réalités différentes.

Avant que le biocontrôle ne soit à la mode, la lutte intégrée a été explicitement promue par des groupements de techniciens européens, notamment en arboriculture. En France, l'un des groupements les plus connus est le Club Adalia. La lutte intégrée est une philosophie de protection des plantes qui privilégie la mise en œuvre de moyens naturels prioritairement à tout autre moyen. L'objectif visé étant de protéger les plantes « *en privilégiant l'utilisation de mécanismes et d'interactions qui régissent les relations entre espèces.* » Avant de sortir la bineuse ou le pulvérisateur, il convenait de réfléchir aux moyens naturels que l'on peut activer pour résoudre les problèmes qui risquent d'affecter la culture.

Aux États-Unis, et c'est très perturbant pour nous, la notion de biocontrôle est assez différente. Comme chez nous, le « *biocontrol* » comprend les différents macro-organismes (par exemple, les trichogrammes dont nous avons parlé), mais il englobe aussi ce qu'on appelle là-bas les « *biopesticides* », c'est-à-dire trois catégories de moyens de défense des cultures dont certains sont interdits en France. Il y a d'abord les « *microbial pesticides* », avec comme exemple les protéines insecticides de la bactérie *Bacillus thuringiensis* ; ensuite, on trouve les « *biochemical pesticides* », copies par synthèse de substances naturelles comme

les phéromones d'insectes utilisées pour le piégeage ou la confusion sexuelle. On trouve enfin le groupe des PIP, ou « *plant-incorporated protectants* », ce dernier rassemblant les substances que les plantes fabriquent à partir d'un matériel génétique introduit dans leur génome, concernant de ce fait le domaine de l'amélioration des plantes.

L'Académie d'agriculture s'est penchée sur le sujet voici quelques années et nous avons proposé une définition très englobante : « *Le biocontrôle en protection des cultures repose sur l'emploi d'agents vivants ou issus du vivant* ». Nous voulions ainsi inclure les différentes catégories qui sont dans le Code rural mais aussi ajouter un certain nombre de choses, qui aujourd'hui ne sont pas du biocontrôle pour l'administration, comme la résistance variétale – on joue bien sur le vivant –, ou encore les substances élicitrices. Les substances élicitrices sont des corps, y compris des corps chimiques, qui, apportés sur une plante, génèrent dans ses tissus la biosynthèse de substances qui s'opposent à l'avancée des bioagresseurs, notamment des parasites. Il en existe quelques-uns sur le marché mais ils ne sont pas toujours autorisés comme des agents de biocontrôle. Nous avons également inclus dans cette définition la lutte auto-cide. Il s'agit d'une technique extraordinaire découverte il y a déjà soixante-dix ans, et qu'on utilise notamment au Canada pour lutter contre le carpocapse des pommes (un papillon dont les larves se développent dans les fruits) ou dans le sud

des États-Unis pour lutter contre la lucilie bouchère, une mouche qui attaque le bétail et provoque des infections épouvantables. Le principe de la lutte autocide consiste à faire des élevages de la mouche en question, de séparer les mâles et les femelles en utilisant des méthodes industrielles. On soumet les mâles à une irradiation relativement courte qui les stérilise sans les tuer, puis on les relâche, ce qui fait ensuite baisser la population. La lutte autocide fonctionne très bien, encore faut-il avoir la volonté de la mettre en place. En revanche, nous avons proposé, contrairement à l'administration, de sortir du biocontrôle les substances minérales, non pas parce qu'elles ont des défauts mais simplement parce qu'elles ne sont pas des substances vivantes ou issues du vivant. Avec la superposition de toutes ces définitions, on peut sûrement arriver à des quiproquos monstrueux. En fait, c'est le concept même de biocontrôle

qui est en train de prendre corps. Il est instructif de considérer ces questions de définition qui révèlent la richesse des nouveaux moyens de défense des cultures qui serviront la protection intégrée de demain.

2.3. Que recouvre aujourd'hui en France le biocontrôle ?

Comme pour tous les produits phytopharmaceutiques, l'utilisation des différents agents de biocontrôle repose sur la délivrance préalable d'une autorisation de mise sur le marché (AMM) délivrée par les services de l'État. La liste des produits autorisés s'est rapidement enrichie au cours des dernières années en raison de la mobilisation des laboratoires de recherche.

Aujourd'hui, nous disposons de 47 micro-organismes différents dûment autorisés (**Tableau 3**). Le plus célèbre d'entre eux étant la fameuse bactérie *Bacillus thuringiensis*, que l'on trouve dans toutes les jardineries. Elle se présente

Tableau 3

Les produits de biocontrôle autorisés en France – situation printemps 2021.

	État des ressources	Pour quels usages ?	Exemples
Micro-organismes	47 espèces ou souches différentes de bactéries, levures, champignons ou virus, correspondant à plus de 100 produits commerciaux autorisés	Essentiellement insecticides et fongicides	<i>Bacillus thuringiensis</i> (bactérie insecticide)
Substances naturelles	56 différentes correspondant à plus de 150 produits commerciaux autorisés	Fongicide, insecticide, molluscicide, régulateur de croissance, herbicide, adjuvants	Soufre (fongicide, acaricide)
Phéromones	Une trentaine de substances et près de 40 spécialités disponibles	Essentiellement confusion sexuelle de lépidoptères ravageurs	-
Pièges à insectes	5 spécialités (à base de deltaméthrine vendue dans des emballages spécifiques)		-
Macro-organismes	67 espèces vendues isolément ou associées, soit plus de 170 spécialités	Insecticides, acaricides	<i>Trichogramma brassicae</i> contre la pyrale du maïs

comme une poudre grise que l'on peut mélanger à de l'eau et appliquer pour lutter contre les chenilles. Au titre du biocontrôle, on dispose également de 56 substances naturelles différentes. Cet ensemble hétérogène comprend toutes sortes de composés, issus du vivant ou non. La plus célèbre de ces substances naturelles est le soufre, qui est de très loin le premier produit de biocontrôle officiel appliqué en termes de quantité et de fréquence. On trouve aussi le kaolin, une argile blanche pouvant être utilisée comme répulsif contre des insectes ravageurs. Il y a aussi des phéromones, qui servent pour la confusion sexuelle dans les vignobles et les vergers et sont très utilisées dans des pièges à insectes. On dispose de 67 espèces de macro-organismes différentes comprenant des microhyménoptères, des diptères comme les syrphes, des coccinelles... Ces espèces sont vendues isolément ou associées, la plus célèbre étant le fameux trichogramme contre la pyrale du maïs.

On doit noter que le biocontrôle n'exclut pas la synthèse chimique, à l'exemple des phéromones d'insectes, qui représentent l'un des points forts actuels du biocontrôle. Ces

substances sont de natures chimiques très diverses et généralement impossibles à obtenir en quantité par extraction biologique. On procède donc par voie de synthèse afin de pouvoir les utiliser de manière économique. D'autres substances comme des hormones de croissance végétales sont elles aussi obtenues par voie de synthèse (**Figure 3**). On remarquera que certains produits de biocontrôle inscrits dans les catégories du Code rural sont employés depuis très longtemps. Ainsi le soufre, raffiné selon des procédés industriels, est utilisé par l'agriculture depuis plus de 170 ans. Moins utilisé qu'il ne le fut dans le passé, il représente néanmoins un tonnage important parmi les produits de protection.

Soulignons le point suivant : l'Union européenne a pris depuis près de vingt ans une claire orientation en faveur de la protection intégrée. Tous les pays de l'UE sont donc incités à faire évoluer leur système de défense des cultures en s'appuyant sur les méthodes de la lutte intégrée. Ce qui signifie que l'ensemble des moyens de défense bénéficiant d'une AMM sont utilisables, qu'ils soient classifiés biocontrôle

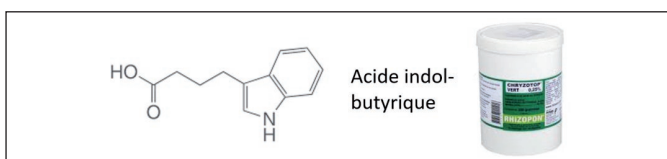


Figure 3

L'acide indolbutyrique, un produit de synthèse copiant une molécule naturelle.

ou non. À condition que leur emploi soit régi par les principes de la protection intégrée, principes auxquels adhère un nombre rapidement croissant de nos agriculteurs.

3 Les moyens de protection des végétaux en France

3.1. L'évolution des produits de biocontrôle

En 2018, les produits de biocontrôle représentent en valeur environ 10 % du marché français de la protection des plantes, adjuvants compris. Cette valeur qui tangente les 200 millions d'euros connaît une croissance rapide de l'ordre de 20 % par an. Avec une dominante écrasante des substances naturelles qui représentent 63 % du CA total, devant les médiateurs chimiques (19 %), les macro-organismes (11 %) et les micro-organismes (7 %). Le soufre représente l'essentiel des produits de biocontrôle en termes de quantité et de fréquence d'application (*Figure 4*).

Depuis 1943, la loi française exige que tout produit destiné à la protection des cultures ait fait l'objet d'une autorisation préalable délivrée par les services de l'État sur la base d'un dossier constitué, financé et fourni par le fabricant. Cette loi a été modifiée, complétée et son texte allongé des dizaines de fois. La pharmacopée, qu'elle soit chimique ou classée biocontrôle, avance à grandes enjambées depuis 2002, année qui a vu la mise en œuvre effective de la révision européenne de l'ensemble des

substances présentes sur le marché. Si aujourd'hui, certains se plaignent du caractère monstrueux de la réglementation, on doit reconnaître que cet encadrement strict a le mérite d'exister et d'être protecteur, à la fois pour les utilisateurs, les consommateurs, pour toute personne qui se préoccupe de l'environnement, mais aussi pour les industriels eux-mêmes, parce qu'elle évite qu'il y ait comme autrefois des charlatans qui vendent des moyens de défense qui ne fonctionnent pas ou qui sont dangereux. En résumé, sans autorisation de mise en marché, pas d'utilisation possible. Cela dit, l'évaluation des substances actives et des formulations s'est faite d'une manière différente selon les époques. Nous sortons d'une longue période commencée dans les années 1960 et terminée vers 2010. L'évaluation reposait alors sur le principe suivant : les services de l'État, les chambres d'agriculture, les instituts techniques,

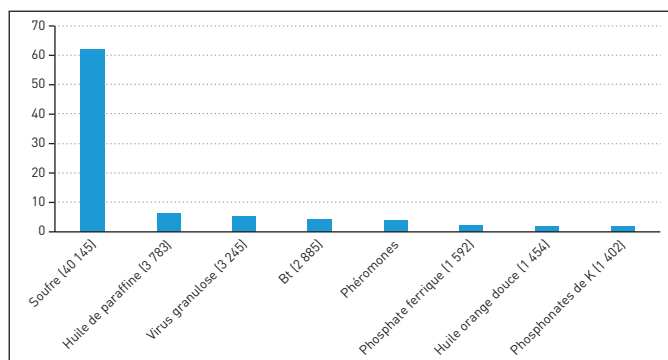


Figure 4

Part des principales substances actives de biocontrôle utilisées dans le réseau DEPHY FERME (toutes filières, toutes années en %). Source : Agrosyst, juillet 2019.

organisaient des réseaux d'essais où les produits étaient comparés entre eux. Sur la base d'un même protocole expérimental, on comparait par exemple les nouveaux anti-mildiou du marché à un anti-mildiou de référence sur des parcelles d'essais réparties à travers la France. Ces essais étaient déclarés, visités, observés, comptés, et l'administration se réservait le droit de dire au fabricant : « *votre produit est sorti dernier dans huit essais sur dix, il est aujourd'hui dépassé, il faut le retirer* ». Sur près d'un demi-siècle, cet écrémage régulier a permis de faire monter l'efficacité des spécialités vers le haut, en même temps que les dossiers toxicologiques de plus en plus importants permettaient de mieux juger et d'éliminer les produits les plus dangereux. Cette approche a conduit au retrait des organophosphorés⁸ les plus toxiques,

8. Organophosphoré : composé organique qui comporte au moins un atome de phosphore (P).

du DDT⁹, du lindane et tous les organochlorés¹⁰ trop persistants ou dangereux pour l'environnement. Ces essais officiels, malheureusement, ont été arrêtés, et nous manquons d'un référentiel de résultats rendus publics qui permettrait de suivre en temps réel l'évolution de la pharmacopée dans ses performances agronomiques.

3.2. Nature et évolution des moyens de lutte directe

Le **Tableau 4** montre la répartition des moyens de protection selon la manière dont ils sont obtenus. Si on prend la définition du biocontrôle dans le Code rural et si on regarde l'état de la pharmacopée en France avant la loi de 1943, nous avons considérablement reculé. Si on compare le tonnage des substances actives

9. DDT : dichlorodiphényltrichloroéthane, insecticide polyvalent.

10. Organochloré : composé organique comportant au moins un atome de chlore (Cl).

Tableau 4

Natures et voies d'obtention des produits de protection des plantes.

		1970	1980	1990	2000	2010	2020	
Substances minérales ou organométalliques		23	20	26	22	14	22	
Substances organiques	Huiles fossiles ou végétales	5	4	4	4	3	5	
	Substances naturelles		3	3	5	5	4	29
	Molécules produites par synthèse	Issues de synthèse classique	194	256	315	338	218	217
		Mimétiques de substances naturelles	15	25	39	62	63	69
Molécules obtenues par fermentation		0	0	2	2	4	6	
Organismes vivants	Micro-organismes	1	2	5	10	10	45	
	Macro-organismes	0	0	1	38	59	66	
Nombre total des solutions autorisées		251	310	397	481	375	459	

vendues en 1939 et la définition actuelle du biocontrôle, on se rend compte que 98 % des produits vendus à cette époque étaient des produits de biocontrôle au sens de la réglementation d'aujourd'hui. Cela en raison de la dominance des produits minéraux qui entrent dans la définition des substances naturelles : le soufre, le cuivre, les insecticides arsenicaux et fluorés, ainsi que des tonnages faramenteux d'acide sulfurique pour désherber les céréales. La plupart de ces composés minéraux ont depuis lors été heureusement éliminés.

Il reste, dans la pharmacopée de 2020, 22 substances minérales ou organométalliques. Ce sont essentiellement des sels de cuivre, du soufre, mais aussi un certain nombre de substances minérales diverses et variées, du kaolin par exemple. On a ensuite des substances organiques, au premier rang desquelles des produits anciens de type huiles : huile minérale de pétrole, huile de colza pour traiter les arbres fruitiers l'hiver, mais ces produits sont peu nombreux. La catégorie des substances naturelles a fait un bond formidable ces dernières années en fonction justement de l'ouverture de la catégorie biocontrôle. On a autorisé par exemple une dizaine d'huiles essentielles : huile essentielle de menthe comme antigerme sur les pommes de terre, huile d'orange douce contre les cochenilles sur les arbres fruitiers, etc. Les molécules de synthèse constituent toujours le gros du bataillon, mais il s'y est fait un très gros écrémage, notamment au début

des années 2000. Depuis lors, un certain nombre de nouvelles substances ont été autorisées mais cette catégorie qui prédominait dans les années 1970-1980 a été amputée de beaucoup de ses éléments. Il faut aussi mentionner une catégorie très intéressante : les substances de synthèse mimétiques de substances naturelles. On a découvert dans la nature des composés responsables d'effets insecticides, herbicides ou fongicides et on a synthétisé des analogues qui fonctionnaient de la même manière mais qui étaient soit un peu plus persistants, soit un peu moins toxiques que les substances naturelles. Enfin, on dispose de rares produits obtenus par fermentation bactérienne et de 110 organismes vivants (insectes auxiliaires, nématodes, micro-organismes) qui contribuent à la protection des cultures.

3.3. Conséquences des évolutions récentes

Cependant, ces introductions n'ont eu qu'une incidence directe modérée sur la baisse du tonnage des substances utilisées pour la protection des cultures. Bien inférieure en tout cas à celle qui résulte de l'emploi raisonné des produits s'appuyant sur les principes de la lutte intégrée, les outils d'aide à la décision ou le remplacement de produits pondéreux anciens par des produits modernes à faible grammage par hectare.

Autour de l'année 2000, la France utilisait environ 100 000 tonnes de substances actives, dont 30 000 tonnes de soufre

et de cuivre. À l'heure actuelle, on utilise un peu moins de cuivre, un peu plus de soufre, et la moyenne des dernières années est de 60 000 tonnes, sachant qu'on utilisait plus de 300 000 tonnes de produit de protection des plantes dans l'année 1939. Donc, contrairement aux idées reçues, on va dans le sens d'une réduction progressive assez régulière des tonnages utilisés.

En revanche, les retraits nombreux ont fait apparaître un nombre grandissant d'usages orphelins, sujet qui préoccupe énormément le monde agricole. Le terme d'usage orphelin signifie que lorsqu'une substance active est retirée alors qu'elle est la seule à figurer sur les listes d'AMM pour un emploi précis, l'agriculteur impacté est mis en très mauvaise situation. Si la culture qu'il pratique est mise en péril par le bioagresseur jusqu'alors couvert par l'usage devenu impossible, soit l'agriculteur utilise un produit non autorisé et tombe sous le coup de la loi, soit il perd sa culture. Beaucoup de retraits résultent le plus souvent d'une non-conformité de la substance

ancienne par rapport à de nouvelles exigences en matière de toxicologie ou d'écotoxicologie. Mais parfois, c'est aussi l'industriel qui retire la substance en question en raison du coût des nouvelles études qui sont demandées.

Un autre sujet de préoccupation est le risque d'une augmentation des cas de résistance des bioagresseurs en regard des moyens de défense disponibles. En diminuant la diversité des moyens de lutte directe, on augmente la fréquence d'utilisation des mêmes principes actifs, favorisant alors l'apparition de résistances, y compris pour des produits de biocontrôle.

4 Produits de synthèse et biocontrôle, concurrence ou complémentarité ?

4.1. L'utilisation actuelle des moyens du biocontrôle

Qui utilise aujourd'hui des moyens de biocontrôle (Figure 5) ? Ces moyens de défense ont connu un grand succès dans les cultures sous abris, là où l'on maîtrise l'humidité, l'aération, la température, etc. On arrive par exemple à les faire très bien fonctionner dans les cultures de tomates sous serre, au point de se passer presque totalement d'insecticides. En revanche, la situation est différente en plein air ou les choses ne se passent malheureusement pas de la même manière.

Il existe aussi des avancées très positives du biocontrôle dans les vergers et dans le vignoble, mais en dehors

Succès confirmé dans les cultures sous abri

- Importance des macro-organismes pour la lutte contre les acariens, les pucerons et de nombreux ravageurs importés [aleurodes, thrips...]



Des avancées dans les vergers et le vignoble

- Poids du soufre...
- Percée des médiateurs chimiques, des virus insecticides en arboriculture



Bonne progression pour les jardins, espaces verts et infrastructures

- Un atout : l'interdiction des produits phyto conventionnels pour ces usages



Progression lente dans les grandes cultures

- Quasi-absence de solutions herbicides relevant du biocontrôle
- Des réussites : trichogrammes, phosphate ferrique



Figure 5

Principales utilisations du biocontrôle.

de l'emploi du soufre, c'est la percée des médiateurs chimiques, des phéromones, qui est l'aspect le plus intéressant et le plus porteur d'avenir. On constate aussi une forte percée des gammes de biocontrôle pour les jardins, les espaces verts et les usages d'amateur. Mais ici, c'est sans doute l'interdiction d'emploi des produits de synthèse qui a créé ce mouvement.

La progression est en revanche beaucoup plus lente dans les cultures de plein champ. D'abord, on y utilise assez peu de soufre et de *Bacillus thuringiensis*. Le nombre des insectes auxiliaires efficaces est assez réduit et les trichogrammes représentent encore une exception. Toutefois, le phosphate ferrique, qui est classé parmi les substances naturelles, a réussi à percer sur le marché des anti-limaces. Donc, le plus grand succès actuel du biocontrôle ce sont les cultures sous abris, c'est-à-dire là où l'on maîtrise très bien l'environnement des cultures. Mais les avancées sont prometteuses dans des secteurs de l'agriculture comme les vignes et les vergers.

4.2. L'avis des agriculteurs sur le biocontrôle

Que pensent les agriculteurs du biocontrôle (**Tableau 5**) ? Cela ne peut se résumer à un bilan simpliste des « pour » et des « contre ». Dans leur ensemble, les agriculteurs ont un *a priori* favorable et même très favorable pour le biocontrôle. Pour eux, ce type de solutions permet de réduire l'emploi des produits chimiques qu'une majorité utilise par nécessité. Dans leur esprit, les produits de biocontrôle respectent mieux l'environnement que les autres, préservent également mieux la santé des applicateurs. En revanche, les agriculteurs se plaignent d'être insuffisamment informés à leur sujet et d'avoir bien peu d'éléments pour mesurer l'efficacité des produits qui leur sont proposés. Cet aspect-là rejoint le problème des réseaux d'essais mentionné précédemment.

4.3. Les perspectives du biocontrôle

Quels sont les atouts du biocontrôle pour son développement et quels sont ses freins ?

Tableau 5

Le biocontrôle vu par les agriculteurs.

Les solutions de biocontrôle...		Mais les solutions de biocontrôle...	
Permettent de réduire l'utilisation des produits chimiques	57 %	Ne garantissent aucune preuve quant à leur efficacité OU manquent d'efficacité	69 %
Respectent l'environnement	57 %		
Préservent la santé de l'applicateur	49 %	Coûtent trop cher	47 %
	41 %	Manque d'accompagnement et de formation les concernant	44 %

① Une image globalement positive du biocontrôle

② Des déclarations convergentes permettant d'augurer une volonté réelle d'engagement

③ Une réserve née d'incertitudes majeures qui demandent à être préalablement levées

Enquête Datagri 2015 - Attitude des agriculteurs conventionnels par rapport aux moyens d'intervention du biocontrôle.

Les atouts :

- les produits de biocontrôle possèdent des caractéristiques toxicologiques et environnementales favorables ;
- ils évoluent dans un contexte social et politique positif, bénéficiant d'avantages concurrentiels accordés par l'État : taxes fiscales réduites pour les dossiers d'AMM, pas d'obligation d'agrément pour l'utilisateur, dispositif Ecophyto avantageux, possibilité d'accès à la publicité... ;
- une augmentation du nombre des startups engagées sur le sujet et créativité remarquable ;
- un engagement des grands groupes internationaux dans la recherche sur le biocontrôle ;
- des potentiels prometteurs autour de la semence, des fongicides et des fertilisants (biostimulants).

Les freins :

- beaucoup de solutions de biocontrôle s'adressent à des marchés de niche ne pouvant supporter les coûts élevés de mise en marché et de développement ;

- peu de solutions pour les grandes cultures et pratiquement rien en matière d'herbicides ;
- prudence, circonspection voire, scepticisme des utilisateurs car l'efficacité des substances de biocontrôle est souvent partielle, inférieure à celle des produits conventionnels ;
- carence ordinaire d'essais comparatifs et de références chiffrées rendus publics ;
- obstacles psychologiques : sur-promesse sur certains dossiers avant 2010, impression de *déjà-vu*, ou *abandonné parce qu'inefficace*, image passiste de certaines substances naturelles... ;
- crainte de surcoûts résultant d'une efficacité insuffisante ou partielle ; perception d'une prise de risque pouvant mettre en péril l'activité ;
- le biocontrôle ne garantit pas contre les risques d'apparition de résistances ;
- besoin de conseil évident réclamé par les utilisateurs.

Conclusion

Dans son état actuel, la protection des cultures a besoin de solutions nouvelles, quelles que soient leurs origines (**Figure 6**). Biocontrôle ou pas, le monde agricole reste également demandeur.

Dans un souci d'efficacité et d'économie, la protection intégrée, qui combine des mesures préventives et une diversité dans les moyens de lutte directe, a quelque chose d'incontournable.

Sur le plan scientifique, opposer « chimie de synthèse » et « produits naturels » n'a guère de sens.



Figure 6

En France, micro-organismes, macro-organismes, médiateurs chimiques et substances naturelles constituent à ce jour l'univers du biocontrôle (de gauche à droite).

Il reste à souhaiter que les caractéristiques globales des moyens de protection (efficacité, toxicité, environnement, économie) soient évaluées par des approches scientifiques plutôt qu'au travers de campagnes de dénigrement et de *fake-news* malheureusement trop nombreuses.

