

DISCUSSION

J. Risse¹. – On ne voit pas développer les résistances aux pesticides qu'après 1940, mais qu'utilisait-on avant ?

La proximité de BT et BA peut-elle poser problème et inquiéter ?

A. Klier. – Il y a peu de données concernant les résistances aux pesticides avant cette date et l'utilisation des pesticides chimiques n'était pas courante. Il est vrai que la proximité BT/BA peut inquiéter. Cependant les gènes codant pour les toxines du charbon sont localisés sur des plasmides, absents chez les souches de BT utilisées pour l'épandage. Cependant il est normal de prendre en compte cette proximité et de prendre les précautions nécessaires de contrôle des agents biologiquement actifs

A. Rérat². – Parmi les insectes sensibles aux toxines Bt, vous avez cité de nombreux ordres et notamment certaines espèces de lépidoptères, de diptères et de coléoptères. Dans cette liste, je n'ai pas vu apparaître les hyménoptères. Si cet ordre d'insectes, dont les abeilles constituent une fraction importante, est résistant au Bt, cela signifierait que le pollen des plantes génétiquement modifiées par insertion du gène Bt ne présente aucun danger pour elles. A ce sujet, il faut du reste rappeler que le pollen de maïs Bt s'est révélé inoffensif pour un lépidoptère, le Monarque, dans les conditions de terrain, contrairement à une expérience initiale réalisée en laboratoire avec des teneurs de Bt tout à fait excessives.

– En matière d'apparition d'une résistance des insectes sensibles au Bt, sait-on si les autres moyens de protéger la plante contre les insectes par génie génétique (insertion d'un gène d'inhibiteur d'amylase ou de protéase à effet toxique pour les insectes) sont capables de créer une accoutumance des insectes ? A-t-on comparé les deux voies d'acquisition d'une protection ?

A. Klier. – Les différentes études eco-toxicologiques réalisées en France par les différents pays autorisant cet insecticide biologique ne montrent pas d'effet sur les hyménoptères. Dans les conditions normales d'utilisation, il semble en effet qu'il y ait une insensibilité. Cependant il est connu que d'autres *Bacillus* (*B. alvei*) produisent des toxines contre les abeilles.

– De nombreux travaux ont été menés pour bloquer le fonctionnement biologique de la larve. À ce jour, les résultats ont été quelquefois prometteurs au niveau des laboratoires, mais le passage en serres ou en champs ne s'est révélé probant. Il est probable que si une telle molécule était utilisée que des possibilités d'échappement et de résistance apparaissent

J.C. Mounolou³. – A qui appartiennent aujourd'hui les gènes *cry* utilisés depuis plus de trente ans ? A qui appartiennent les nouveaux allèles *cry* qui apparaissent ? Qui contrôle les souches et comment ?

A. Klier. – Les gènes *cry* utilisés depuis des décennies ne peuvent être revendiqués et sont du domaine public. Toutefois la question se pose pour des gènes dont les caractéristiques ont été

¹ Président de l'Académie d'Agriculture, président de l'AVEC (Fédération européenne des industries de la volaille).

² Ancien président de l'Académie d'Agriculture, membre de l'Académie nationale de Médecine et de l'Académie vétérinaire de France.

³ Ancien président de l'Académie d'Agriculture.

modifiées. Plus récemment de nouveaux gènes cry ont été caractérisés par des sociétés privées, qui ont obtenu des brevets. La question du contrôle des souches est une question critique et 2 souches, soi disant identiques, peuvent présenter des caractéristiques géniques différentes. Il y a bien un centre aux Etats-unis (Ohio State University, BSSC) qui collationne des souches, mais il n'a aucune mission de contrôle et de plus ne reçoit pas les souches issues des criblages privées.

G. Paillotin⁴. – Peut-on aller plus loin encore et faire de la mutagenèse dirigée sur B.t ?

A. Klier. – Cela a été fait et en particulier pour obtenir des variants moins sensibles aux rayonnements UV. Des essais ont également été réalisés pour récupérer l'activité biologique sur des insectes résistants.

Y. Baratte⁵. – Pourrait-on imaginer de lutter contre un parasite des abeilles le Varroa (Acarien) par un B.t adapté à ce sévère problème ?

A. Klier. – Certaines sociétés ont annoncé l'isolement de souches et donc l'identification de gènes codant pour des toxines contre les acariens. Cependant, à ma connaissance, l'efficacité est encore trop limitée pour envisager une utilisation.

G. Paillotin. – Existe-t-il un problème économique dans l'utilisation de la lutte biologique ? En clair, est-ce d'un usage plus coûteux ? Les investissements à consentir sont-ils plus importants que pour la chimie ? Je pose d'autant plus ces questions que le taux de réussite des essais de microorganismes utiles semble bien supérieur à ceux des produits chimiques ?

Ph. Nicot. – Les produits de lutte biologique ne sont pas forcément d'un usage plus coûteux que les molécules chimiques. De plus, deux phénomènes pourraient tendre à faire baisser ces coûts dans un avenir plus ou moins rapproché: (1) la concurrence qui pourrait être engendrée par une augmentation du nombre de produits autorisés à la vente, et (2) l'augmentation du volume de production/vente liée à une extension des homologations des produits existants à d'autres usages (cultures protégées, maladies contrôlées) ou à d'autres pays, notamment au sein de l'Union Européenne. Même s'ils peuvent être considérés comme lourds par les petites et moyennes entreprises qui sont actuellement les acteurs majoritaires de ce marché, les investissements nécessaires au développement et la mise sur le marché de produits à base de micro-organismes pour la lutte biologique sont globalement moins élevés que pour le chimique.

J.F. Morot-Gaudry⁶. – Est-ce que le manque de reproductibilité des résultats n'est pas un aspect négatif de la lutte biologique? Les agriculteurs ne préfèrent-ils pas l'assurance, par application de produits chimiques, que le risque par utilisation de micro-organismes dans des conditions d'environnement mal contrôlées ?

Ph. Nicot. – Le manque de reproductibilité des résultats est effectivement un problème souvent soulevé au sujet de la lutte biologique. Pour être efficaces, les microorganismes doivent généralement être vivants et présents en quantité suffisante sur les cibles à protéger. Ceci représente un aléa puisque les populations peuvent fluctuer en fonction des conditions du microenvironnement où elles sont déposées. Par contraste, la lutte chimique est considérée comme

⁴ Secrétaire perpétuel de l'Académie d'Agriculture de France.

⁵ Membre de l'Académie d'Agriculture de France, ancien directeur de la ferme expérimentale de l'Institut Pasteur.

⁶ Vice-secrétaire de l'Académie d'Agriculture.

une référence d'efficacité même si elle peut aussi avoir des défaillances, notamment en cas de conditions particulièrement favorables au développement d'une maladie, ou bien en cas de présence de souches résistantes aux matières actives utilisées.

Une augmentation de la reproductibilité de la lutte biologique à l'aide de microorganismes peut être obtenue si l'on limite son utilisation aux conditions qui lui sont propices (et qui doivent d'être identifiées pour chaque produit). Des modèles prédictifs, en fonction des conditions climatiques ont été proposés pour certains produits, notamment en Israël. Par ailleurs, les programmes de sélection de microorganismes doivent inclure systématiquement des critères de "compétence écologique", pour augmenter la tolérance du futur agent de lutte biologique aux aléas de l'environnement (notamment microclimatiques) dans lequel on lui demandera d'être efficace.

Y. François⁷. – Utilisateur du trichogramme (lutte Bio contre la Pyrale du maïs) depuis 20 ans, et satisfait, je me trouve devant le problème suivant : l'arrivée de l'héliotis (insecte parasite de l'épi de maïs) qui arrive du sud du fait du réchauffement climatique et qui n'a pas de parade biologique, oblige l'emploi d'insecticide chimique qui tue la pyrale et l'héliotis. Ce qui conduit au risque d'abandonner la lutte bio contre la pyrale, ce qui serait un recul par rapport au développement durable.

Ph. Nicot. – L'émergence de nouveaux problèmes phytosanitaires dans un système de culture est souvent à l'origine d'une complication, voire d'une remise en cause passagère des stratégies de protection intégrée. La reprise progressive de stratégies de protection intégrée est généralement liée (1) à l'identification de produits (de lutte chimique) à la fois efficaces contre le nouveau bioagresseur et compatibles avec les pratiques de lutte intégrées utilisées auparavant, ou (2) le développement ou l'adaptation de nouveaux outils de lutte non chimiques (méthodes culturales, utilisation de variétés moins sensibles ou résistantes, agents de lutte biologique).

J.F. Colomer⁸. – À l'avenir, afin de faire face à l'apparition des résistances aux maladies, aux insectes et aux adventices, ne faudra-t-il pas aller vers des solutions mixtes de lutte associant et alternant, plantes transgéniques, lutte chimique et lutte biologique ?

Ph. Nicot. – Je partage totalement cette position. Le développement de résistance aux molécules chimiques chez les agents de maladies, chez les ravageurs et chez les adventices complique fortement la lutte chimique, et nous ne pouvons négliger aucun des outils potentiellement mobilisables dans une stratégie de protection intégrée.

C. Sultana⁹. – La lutte biologique est, à ce jour, la seule voie possible pour lutter contre certains champignons telluriques spécifiques d'une espèce cultivée. Elle se fait par la résistance variétale qu'on introduit par les moyens classiques de la sélection à chaque fois que des gènes de résistance existent dans l'espèce. Dans d'autres cas où l'on a identifié des gènes de résistance chez des microorganismes, n'est-il pas plus rationnel et efficace des les introduire par transgénèse dans la plante à protéger, comme cela s'est déjà pratiqué chez quelques espèces, plutôt que de se confronter aux freins et aléas des apports directs de microorganismes sur la plante ou le sol?

Ph. Nicot. – L'introduction par transgénèse de gènes microbiens (tels que des chitinases, par exemple) dans quelques espèces a donné des résultats intéressants pour la résistance à certaines

⁷ Agriculteur.

⁸ Membre de l'Académie d'Agriculture, administrateur de la Société des Agriculteurs de France, 8, rue d'Athènes, 75009 Paris. Courriel : colomer@saf.asso.fr

⁹ Correspondant de l'Académie d'Agriculture, ancien directeur de l'Institut technique du Lin.

maladies racinaires. Sans entrer dans un débat d'acceptabilité sociale de ce type de méthode, elle présente des avantages techniques indéniables.

Y. Ménoret¹⁰. – Si la souche bactérienne livrée à l'utilisateur est pure, ou s'il s'agit d'un mélange bien caractérisé de souches pures, quels sont les dispositifs utilisés pour éviter les contaminations accidentelles ou par d'autres agents bactériens ?

Cl. Alabouvette. – Les préparations à base de microorganismes doivent être exemptes de contaminants. Des contrôles sont effectués en cours en fin du procédé de production. La formulation choisie est en général celle d'une poudre mouillable. Les microorganismes sont alors mélangés avec les co-formulants et la teneur en eau est abaissée de manière à assurer la survie du microorganisme d'intérêt et à prévenir la croissance des contaminants. C'est l'activité de l'eau qui est le facteur clé pour éviter la prolifération de contaminants.

J.C. Germon¹¹. – Le faible développement des méthodes de lutte biologique est-il la conséquence de difficultés particulières, ou d'une insuffisance de structure en conseil sur le terrain pour inciter les agriculteurs à utiliser intelligemment (et fiablement) ces méthodes ?

La réglementation en place, et notamment le coût financier des dossiers ne constitue-t-elle pas une incitation à détourner les règles ?

Cl. Alabouvette. – Il est clair que toutes les raisons évoquées par J.C. Germon contribuent à des degrés divers à expliquer le faible développement des méthodes de lutte microbiologique. De mon point de vue une des raisons majeures est le manque de fiabilité des méthodes proposées. Lorsqu'un agriculteur constate qu'un traitement chimique n'a pas été efficace il a la possibilité de choisir une autre molécule pour résoudre le problème. Ce n'est pas le cas actuellement avec les produits biologiques qui sont très peu nombreux. Comme il a été signalé lors de cette séance, les microorganismes possèdent généralement un spectre d'activité très étroit, ce qui présente un avantage écologique mais un désavantage pour le professionnel. Nous ne disposons pas aujourd'hui d'une gamme de produits biologiques permettant de protéger toute une culture. Il faut donc nécessairement recourir à une protection intégrée faisant appel à la lutte chimique et à l'emploi des microorganismes. A ce niveau il est clair que les structures de développement ont un rôle prépondérant à jouer, elles ne sont pas nécessairement aptes à diffuser ces nouvelles technologies. Enfin, il est certain que le coût d'un dossier de demande d'Autorisation de Mise sur le Marché est trop élevé pour des petites sociétés et des produits destinés à des marchés niches.

¹⁰ Membre de l'Académie d'Agriculture, ingénieur consultant.

¹¹ Correspondant de l'Académie d'Agriculture, directeur de recherches à l'Institut national de la recherche agronomique, Laboratoire de microbiologie des sols, 17, rue Sully, Bât. 1540, 21034 Dijon cedex. Courriel : jc.germon@dijon.inra.fr