

LA LUTTE BIOLOGIQUE AVEC *BACILLUS THURINGIENSIS*

Par Vincent Sanchis

La lutte biologique, qui consiste à utiliser des organismes vivants ou leurs produits pour contrôler d'autres organismes nuisibles, offre une alternative pour assurer une protection phytosanitaire performante. Parmi les bactéries entomopathogènes, *Bacillus thuringiensis* est à la fois l'espèce la plus utilisée et celle qui offre les potentialités insecticides les plus intéressantes dans la protection des végétaux.

Bacillus thuringiensis (couramment appelé Bt) est une bactérie que l'on trouve dans le sol, l'eau, l'air et sur le feuillage et qui est connue depuis le début du XX^e siècle pour son activité insecticide contre les larves de certains lépidoptères. Bt fut isolé, d'abord en 1901, par le bactériologiste japonais S. Ishiwata, à partir de larves de vers à soie (*Bombyx mori*) malades. Cette bactérie fut ré-isolée en 1911, par le biologiste allemand Berliner, à partir de chrysalides infectées de la teigne de la farine (*Ephestia kuehniella*) provenant d'un moulin situé dans la province de Thuringe et qu'il appela bacille de Thuringe ou *Bacillus thuringiensis*. Lorsque les conditions environnementales deviennent défavorables, Bt entre dans un processus de différenciation, qui aboutit à la formation de cellules spécialisées, les spores, dotées d'une résistance accrue aux agents physiques et chimiques, et qui permettent à la bactérie de survivre dans un état de dormance. Au cours de ce processus Bt synthétise également des protéines, appelées δ -endotoxines (ou protéines Cry) qui s'accumulent dans la cellule mère sous la forme d'une inclusion parasporale. C'est cette inclusion, de nature protéique (ou cristal), qui peut représenter jusqu'à 25 % du poids sec de la bactérie, qui est responsable de l'activité larvicide de Bt (Figure 1).

— TRAITEMENT CURATIF —

Aujourd'hui, Bt occupe 50 % du marché mondial des bios insecticides microbiens, ce qui représente 3 à 4 % du marché total des insecticides. Les formulations commerciales de Bt sont constituées de préparations de spores et de cristaux obtenues à partir de cultures réalisées en fermenteurs. Ces produits n'ont pas de contraintes liées à un délai avant récolte (DAR) et se présentent généralement sous forme de poudres mouillables ou de concentrés liquides



FIGURE 1: COUPE LONGITUDINALE DE *BACILLUS THURINGIENSIS* EN FIN DE SPORULATION. OBSERVATION PAR MICROSCOPIE ÉLECTRONIQUE. ON DISTINGUE LE CRISTAL PROTÉIQUE À PROPRIÉTÉS INSECTICIDES (INCLUSION PARASPORALE DE FORME BIPYRAMIDALE) ET LA SPORE (FORME OVOÏDE NOIRE)

utilisables en pulvérisation. Cependant, lorsqu'elles sont exposées à la lumière du soleil et aux micro-organismes de l'environnement, les toxines Cry se dégradent rapidement et leur durée d'action est limitée à 3 ou 4 jours ; le Bt ne peut donc pas être utilisé en traitement préventif et il convient de renouveler le traitement curatif tous les 3 à 7 jours en cas de forte infestation.

— LES δ -ENDOTOXINES DE *B. THURINGIENSIS* ET LEUR MODE D'ACTION —

À ce jour plusieurs centaines de gènes codant pour des δ -endotoxines ont été répertoriées. Chaque protéine Cry possède généralement un spectre d'activité restreint et limité aux stades larvaires d'un petit nombre d'espèces. À l'heure actuelle cette famille de protéines est constituée de 70 classes. La plupart des souches de Bt contiennent généralement plusieurs δ -endotoxines différentes et ce sont les multiples combinaisons possibles, qui déterminent le spectre d'activité insecticide d'une souche donnée.

Les δ -endotoxines agissent au niveau des cellules de l'épithélium¹ intestinal. Les cristaux ingérés par les larves d'in-

¹ L'épithélium intestinal: est la couche de cellules épithéliales intestinales qui recouvre les cavités internes de la muqueuse intestinale. Les cellules épithéliales intestinales forment une monocouche de cellules qui définissent la frontière entre tissu de l'intestin et environnement extérieur; elles agissent comme une barrière physique, et fournissent la défense

sectes sont d'abord solubilisés dans la cavité intestinale de la larve, puis la fraction active des δ -endotoxines est libérée par les protéases intestinales des insectes sensibles. Ces deux étapes sont indispensables pour conférer à Bt son activité insecticide. En effet, seules les toxines Cry activées peuvent traverser membrane péritrophique², qui ne laisse passer que de petites molécules, pour ensuite aller se fixer sur des récepteurs spécifiques présents à la surface des cellules épithéliales. La présence de récepteurs spécifiquement reconnus par chacune des δ -endotoxines constitue l'étape essentielle du mécanisme d'action et de spécificité de ces toxines. La toxine induit alors la formation de pores dans la membrane des cellules épithéliales, ce qui aboutit à une destruction rapide et presque totale de l'épithélium intestinal.

Au niveau physiologique, l'intoxication se manifeste par une paralysie quasi immédiate du tube digestif qui entraîne une cessation de prise de nourriture. Ceci permet aux spores qui ont été ingérées en même temps que les cristaux, de germer, et aux bactéries issues de cette germination de se multiplier dans l'insecte provoquant une septicémie.

— NOMBREUSES UTILISATIONS DE *B. THURINGIENSIS* —

En France, les produits à base de Bt sont autorisés en forêt, vigne, arboriculture, maraîchage, arbres et arbustes d'ornement et en grandes cultures. En forêts, Bt est utilisé pour contrôler la processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa*), la tordeuse grise du mélèze (*Zeiraphera diniana*), la chenille processionnaire du chêne (*Thaumetopoea processionea*) ou le Bombyx cul brun (*Euproctis chrysorrhoea*) un ravageur des forêts de chênes. En vignoble, les préparations de Bt sont homologuées pour lutter contre les vers de la grappe : Eudémis (*Lobesia botrana*) et Cochylys (*Eupoecilia ambiguella*). En arboriculture Bt est utilisé contre la teigne de l'olivier (*Prays oleae*) et contre le carpocapse du pommier et du poirier (*Cydia pomonella*). En cultures maraîchères Bt permet de contrôler plusieurs

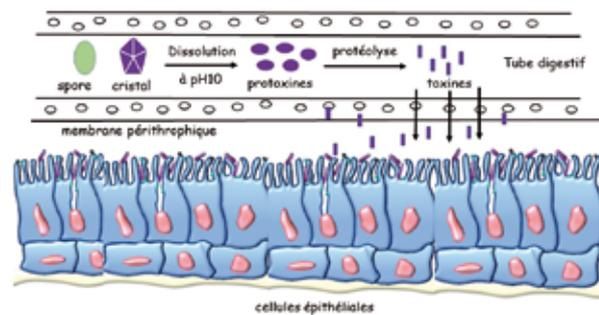


FIGURE 2: SCHÉMA SIMPLIFIÉ DU MODE D'ACTION DE *BACILLUS THURINGIENSIS* DANS L'INTESTIN DES LÉPIDOPTÈRES.

APRÈS INGESTION D'UN MÉLANGE DE SPORES ET DE CRISTAUX. LE PH ALCALIN DE L'INTESTIN ENTRAÎNE LA SOLUBILISATION DE CES DERNIERS ET CONDUIT À LA LIBÉRATION DES MOLÉCULES DE PROTOXINE; CELLES-CI SONT ENSUITE ACTIVÉES PAR LES PROTÉASES INTESTINALES DE L'INSECTE. LES TOXINES ACTIVÉES PEUVENT ALORS TRAVERSER LA MEMBRANE PÉRITROPHIQUE ET ALLER SE FIXER SPÉCIFIQUEMENT SUR DES RÉCEPTEURS PRÉSENTS À LA SURFACE DE L'ÉPITHÉLIUM INTESTINAL, PROVOQUANT LA PARALYSIE DU TUBE DIGESTIF ET LA LYSE DES CELLULES ÉPITHÉLIALES. LA BAISSSE DU PH INTESTINAL, CONSÉCUTIVE À LA LYSE CELLULAIRE, CRÉE DES CONDITIONS FAVORABLES À LA GERMINATION DES SPORES (NON REPRÉSENTÉ). IL EST VRAISEMBLABLE QUE LA SEPTICÉMIE DUE À LA MULTIPLICATION DE BT PUISSE OPTIMISER L'EFFET TOXIQUE DES δ -ENDOTOXINES CHEZ CERTAINS INSECTES. NB: LE SCHÉMA N'EST PAS À L'ÉCHELLE.

ravageurs du chou : les piérides du chou (*Pieris brassicae*) et de la rave (*Pieris rapae*) ainsi que la noctuelle du chou (*Mamestra brassicae*) et la teigne des crucifères (*Plutella xylostella*). Bt est également utilisé contre la Noctuelle ipsilon (*Agrotis ipsilon*) et la Noctuelle des moissons (*Agrotis segetum*) qui s'attaquent à un grand nombre de cultures légumières dont la carotte, le céleri, la laitue, l'oignon, la tomate, le poivron, l'aubergine, les choux et autres espèces de crucifères. Bt est également efficace contre la Noctuelle de la tomate (*Helicoverpa armigera*) et contre la mineuse de la tomate (*Tuta absoluta*), un lépidoptère nouvellement introduit en France. Plus récemment, il a également été utilisé pour lutter contre la pyrale du buis (*Cydalima perspectalis*) une espèce envahissante, arrivée récemment en France, et qui provoque des dégâts considérables sur les haies. Enfin, Bt est également largement employé dans la lutte contre les espèces de moustiques des genres *Aedes* et *Culex*, notamment le long du littoral méditerranéen.

— ALTERNATIVE PROMETTEUSE —

L'avantage de Bt réside dans son activité très spécifique qui lui permet de lutter de manière sélective contre certains insectes prédateurs tout en préservant la faune entomologique non cible (abeilles, coccinelles et autres auxiliaires de lutte biologique). Cette caractéristique ainsi que des coûts de production compétitifs font de Bt un réel atout pour lutter contre les insectes nuisibles. Il représente également une alternative très prometteuse pour lutter contre les insectes devenus résistants à certaines classes insecticides chimiques. ■

immunitaire innée, qui empêche les microbes de pénétrer dans les tissus de l'hôte. Elles jouent également un rôle crucial dans la digestion, l'absorption et le transport des nutriments via des systèmes de transport actif.

² Membrane péritrophique: est une structure semi-perméable, non cellulaire constituée de chitine et de glycoprotéines, qui tapisse le tube digestif des invertébrés et entoure le bol alimentaire dans l'intestin d'un organisme; elle remplit plusieurs fonctions, y compris l'amélioration de la digestion, la protection contre les dommages mécaniques et chimiques et sert de barrière à l'infection par des agents pathogènes. Bien que structuralement différente, elle remplit les mêmes fonctions que les sécrétions muqueuses du tube digestif des mammifères.