

Contrairement à un insecticide conventionnel,

Le maïs *Bt* préserve la faune utile

La culture de plantes génétiquement modifiées suscite de nombreuses interrogations. Si leur innocuité sur la santé semble faire l'unanimité, les travaux se poursuivent pour mesurer leur effet sur l'environnement. Le maïs *Bt*, tolérant à la pyrale, permet d'éviter l'emploi d'insecticides de synthèse, un atout pour l'environnement. De plus, des études récentes montrent que, contrairement aux traitements chimiques, il n'a pas d'effet négatif sur l'entomofaune utile des cultures de maïs.

Actuellement, 15 variétés de maïs génétiquement modifiés sont inscrites au catalogue français. Neuf possèdent l'événement *Bt* 176, six l'événement MON 810. Ces variétés apportent une résistance à la pyrale, insecte nuisible au maïs.

Toutefois, il n'y a aucune culture de maïs OGM chez les producteurs français. En Europe, en 2002, les surfaces en maïs OGM étaient insignifiantes. Seule l'Espagne cultivait à des fins commerciales du maïs transgénique (maïs *Bt*) sur environ 25 000 ha.

En 2002, aux USA, 24 % des surfaces de maïs étaient semées avec du maïs *Bt* résistant à la pyrale, soit environ 6,7 millions d'hectares.

Depuis 1999, un moratoire a été instauré par la Communauté européenne entraînant une suspension des procédures d'autorisation. Depuis cette date, aucun nouvel OGM n'a été inscrit en Europe. Le moratoire sera levé quand l'U.E. disposera d'un cadre réglementaire complet en ma-



(source OPIE)

100 % vis-à-vis des deux générations de *Sesamia nonagrioides* qui forent les tiges et les épis. L'événement MON 810 est également très efficace contre la noctuelle défoliatrice *Cirphis unipuncta* (Delos, résultats non publiés) ainsi que

Larve de chrysope prédatrice de pucerons.

vis-à-vis d'*Helicoverpa armigera* qui attaque les épis (*encadré*).

tière de traçabilité et d'étiquetage.

Tout début juillet, le Parlement européen a adopté une proposition instaurant un système communautaire clair de traçage et d'étiquetage des OGM. Cela devrait aller dans le sens d'une levée du moratoire.

Des avantages potentiels

Le maïs *Bt* présente au moins trois avantages potentiels.

- **Un excellent contrôle des infestations de pyrale.** La protéine toxique Cry 1 Ab issue des deux événements de maïs *Bt* actuellement autorisés à la culture en Europe, *Bt* 176 et MON 810, présente une excellente efficacité sur la pyrale.

Celle-ci est pratiquement de 100 % vis-à-vis des larves de première génération. MON 810 montre également une efficacité quasi-totale contre les larves de deuxième génération ; le niveau d'expression de la toxine demeurant suffisant tout au long du cycle de la plante. Cette protection participe à l'obtention d'une bonne qualité sanitaire des grains.

- **Une intéressante action complémentaire vis-à-vis de certaines autres larves de la famille des noctuelles nuisibles pour le maïs.** Ainsi, MON 810 présente aussi une efficacité de l'ordre de

- **Une simplification du travail de l'agriculteur.** Il dispose d'une protection contre la pyrale et la sésamie dès la mise en place des semences au champ : l'approvisionnement en produits de traitement contre ces insectes et la réalisation des applications ne sont plus nécessaires. En outre, le maïs *Bt* assure une protection pendant tout le cycle de la plante alors que la lutte contre la pyrale et la sésamie par voie chimique exige plusieurs interventions.

Toutefois, il y a une demande de la société civile pour accroître le nombre d'études d'impact des OGM sur l'environnement. Les travaux présentés ci-après s'inscrivent dans ce contexte.

L'objectif des travaux est de

Outre son respect de la faune auxiliaire, le maïs *Bt* évite la pullulation de ravageurs secondaires.

Bernard Naïbo
bernard.naibo@agpm.com

Gilles Marquet
ARVALIS – Institut du végétal



> Adulte d'hémérobe

La noctuelle des soies du maïs

L'héliothis ou *Helicoverpa (=Heliiothis) armigera* est la noctuelle des soies du maïs.

Généralement, les œufs sont déposés sur les soies fraîches, puis les jeunes chenilles s'installent dans l'épi et consomment les graines.

H. armigera est responsable de déprédations sur maïs dans le sud du territoire, au-dessous du 45^e parallèle et plus particulièrement dans le Sud-Est. D'une année à l'autre, les populations fluctuent en fonction de phénomènes migratoires. Sur le site expérimental de Montesquieu-Lauragais, la présence d'attaques ainsi que de chenilles d'*H. armigera* sur épi a été observée au stade grain laiteux, au tout début de septembre.

Sur 3 répétitions de 100 plantes examinées à la suite par modalité, on a constaté les taux d'attaque d'épis suivants : 15 % chez le maïs isogénique conventionnel, 11,3 % chez le traité et 0,3 % chez le maïs Bt soit une protection quasi-totale. Le nombre de chenilles retrouvées, pour les 300 plantes examinées par condition, était respectivement de 20, de 7 et de 0.

Ces résultats confirment l'excellente efficacité du maïs Bt (Pilcher et al. 1997 in Rice et Pilcher, 1998) observée aux USA où cet insecte (plus exactement l'espèce voisine *Helicoverpa zea*) est un ennemi économiquement important, la section des soies fraîches diminuant le taux de fécondation du maïs.

tée ici est de contribuer à faire ressortir, dans le cadre d'un itinéraire technique classique, le bénéfice environnemental procuré par le maïs Bt par rapport à l'emploi d'une substance active insecticide conventionnelle.

comparer en plein champ, l'effet environnemental sur la faune auxiliaire et les prédateurs non cibles d'un maïs Bt résistant à la pyrale à celui d'une lutte par un insecticide chimique classique.

Bonne sélectivité de la toxine sur la pyrale

Le maïs Bt mis en œuvre dans cette étude porte l'événement MON 810 qui exprime une protoxine. Celle-ci, ingérée avec les tissus de la plante par la larve de pyrale, est scindée dans l'intestin moyen de l'insecte en plusieurs molécules dont la protéine toxique Cry 1 Ab. Cette dernière se fixe sur des récepteurs spécifiques présents à la surface des cellules de l'épithélium intestinal. La toxine réalise des perforations dans les membranes, qui entraînent une mort rapide de l'insecte par septicémie.

La spécificité très étroite entre la protéine toxique et les récepteurs du système digestif confère sa sélectivité à la toxine. En raison de sa structure, son spectre d'activité se limite à une ou plusieurs familles (ou partie de familles) d'un ordre d'insectes.

Les études, dans les conditions naturelles, de l'impact du maïs Bt tolérant à la pyrale vis-à-vis de l'entomofaune non cible, conduites aux USA (Orr et Landis, 1997), en Italie (Lozzeria, 1999) et en France (Bourguet et al., 2002) ont confirmé cette action sélective. Les travaux mettent en évidence l'absence d'effets néfastes marqués sur les divers arthropodes auxiliaires, prédateurs et parasites présents dans la culture.

L'objectif de l'étude présen-

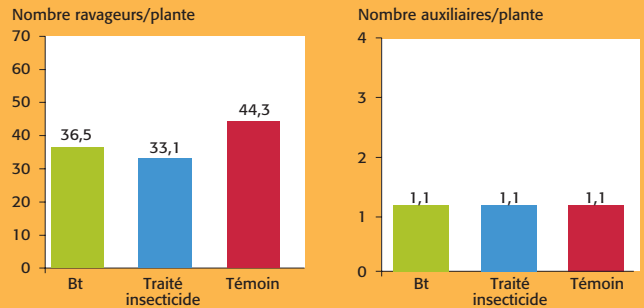
Le maïs Bt préserve bien la faune non cible

1 POPULATIONS MOYENNES CUMULÉES PAR PLANTE DE RAVAGEURS NON CIBLES ET D'AUXILIAIRES

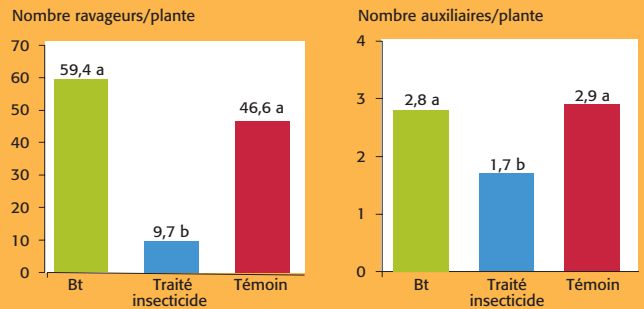
RAVAGEURS NON CIBLES

AUXILIAIRES

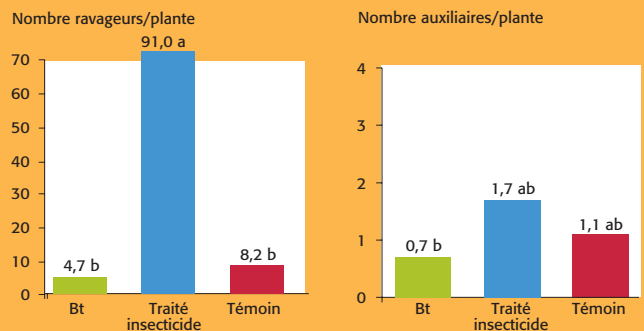
Avant le traitement par insecticide chimique
(5 juin au 3 juillet, moyenne de 5 dates)



Après le traitement par insecticide chimique et avant le développement des acariens
(10 juillet au 28 août, moyenne de 8 dates)



Après le développement des acariens suite au traitement
(4 septembre au 2 octobre, moyenne de 5 dates)



Les modalités avec une lettre commune ne sont pas significativement différentes (P < 0,05)

Le maïs Bt respecte la faune auxiliaire

Dans cette étude, le comportement du maïs Bt ne se différencie pas du maïs non transgénique non traité. Le maïs Bt respecte la faune auxiliaire.

Après le traitement, on constate chez les populations de ravageurs et d'auxiliaires (figure 1) une différence significative entre le maïs traité et les deux autres maïs expérimentés.

Les courbes d'évolution des populations de ravageurs non cibles (figure 2) et d'auxiliaires (figure 3) montrent une chute très importante des ef-



Thrips phytophage

La démarche expérimentale

Des parcelles de 12 rangs sur 110 m

Les études sont réalisées en plein champ. L'expérimentation est conduite suivant un dispositif bloc à trois répétitions. Les dimensions de chaque parcelle élémentaire sont de 12 rangs sur 110 mètres de long. La largeur des parcelles élémentaires est identique à celle adoptée par Bourguet et al. (2002) dans l'étude sur l'entomofaune non cible. Elle est supérieure à celle préconisée dans la méthode C.E.B n° 210 (1999) à propos de l'étude de l'efficacité de préparations insecticides vis-à-vis de la pyrale. Dans l'absolu, il aurait été préférable de disposer de parcelles élémentaires plus larges, mais nous avons dû composer avec la très faible disponibilité en champs d'essais, s'agissant d'une expérimentation sur les OGM. Dix rangées de maïs non transgéniques sont disposées de part et d'autre de l'essai. Les trois conditions mises en comparaison comprennent : un hybride transgénique *Bt* portant l'événement MON 810 très efficace vis-à-vis de la pyrale, l'hybride isogénique conventionnel traité chimiquement contre la pyrale, l'hybride isogénique conventionnel non traité. L'insecticide retenu est la deltaméthrine car il s'agit de la matière active la plus fréquemment utilisée contre la pyrale du maïs en France. Le traitement insecticide est réalisé le 9 juillet à la dose de 20 grammes de matière active par hectare, c'est-à-dire à une dose homologuée pour



Pot-piège à carabes

un traitement précoce au stade 1,20 m des plantes. Le traitement est réalisé sur les 8 rangées centrales au moyen d'un pulvérisateur de 6 m monté sur un tracteur. L'essai est conduit comme une culture de maïs classique et du fait de la situation climatique, les parcelles sont irriguées. Aucun insecticide n'est apporté ni dans le sol ni sur la semence, ni par la suite vis-à-vis d'un quelconque ravageur présent sur la culture.

Observations hebdomadaires

Les observations ont porté sur la faune épigée présente sur les plantes et sur la faune du sol, représentée principalement par des carabes. Pour les arthropodes aériens, les observations sont réalisées sur le rang central 6, par contrôle visuel sur la plante entière – soit les deux faces de chaque feuille, la tige, la panicule, l'épi –. L'observation des ravageurs de très petite taille est améliorée par l'emploi d'une loupe de poche de grossissement 10X. Chaque rang central d'observations est scindé en 18 placettes de 10 plantes homogènes (les petites plantes sont exclues des comptages). Chaque lot de 10 plantes



Larve d'*Orius* spp.

observées est séparé du suivant par un intervalle de 10 plantes. La première placette notée est située à 10 mètres de la bordure du champ. Les observations ont été faites à une cadence hebdomadaire, du 5 juin au 2 octobre 2001. Lorsque cela était possible, les différents stades de développement (principalement larves et adultes) ont été différenciés lors des comptages. Les ravageurs dénombrés sont constitués de l'ensemble des principales espèces non cibles présentes : les pucerons *Rhopalosiphum padi*, *Metopolophium dirhodum*, *Sitobion avenae*, la cicadelle *Zyginidia scutellaris* aux effectifs élevés, les thrips phytophages, les acariens tétranyques. De même, l'ensemble des principaux auxiliaires visibles a été suivi : les coccinelles

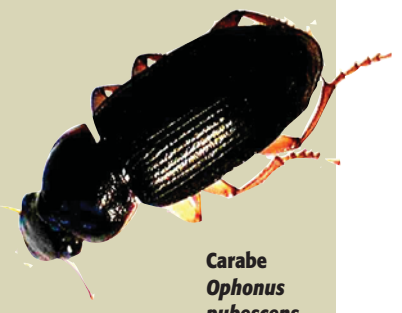
Coccinella septempunctata, *Propylea quatuordecimpunctata*, *Scymnus* spp., *Stethorus punctillum*, les syrphes, les chrysopes (*Chrysoperla carnea* essentiellement), les hémerobes, les punaises *Orius* spp., les thrips *Aelothrips* spp., les hyménoptères parasites *Aphidius* spp., *Aphelinus* spp., *Praon* spp., les araignées. Pour les insectes présents à la surface du sol, l'observation est réalisée par capture dans des pots-pièges enterrés, le sommet affleurant la surface du sol. Quatre pots-pièges de 10 cm de diamètre, remplis à moitié d'eau renfermant 1 % de Teepol, sont disposés pour chaque parcelle élémentaire sur le rang central, entre deux pieds de maïs, respectivement à 10 m, 40 m, 70 m et 100 m de la bordure du champ. Le relevé des captures a été réalisé chaque semaine du 13 juin au 19 septembre 2001. Après le relevé, les insectes sont conservés dans l'alcool puis identifiés à l'aide d'une loupe binoculaire au laboratoire.

Analyse statistique des résultats

Une étude statistique a été réalisée sur les populations de ravageurs et d'auxiliaires en utilisant le logiciel JMP IN 3.0 (Bourguet et al, 2002). Pour les analyses de la variance, les valeurs des contrôles visuels ont subi la transformation $\log(x + 1)$, x représentant le nombre moyen d'arthropodes pour 10 plantes.



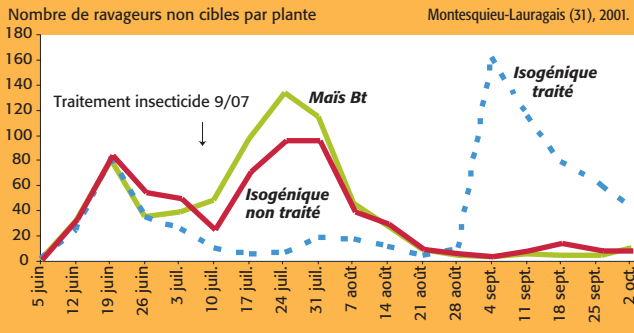
Coccinella septempunctata



Carabe *Ophonus pubescens*

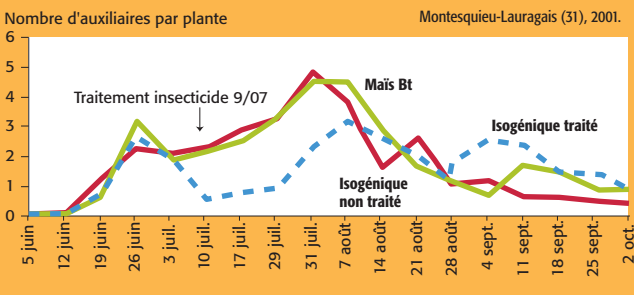
2 L'insecticide agit aussi sur les ravageurs non cibles

EVOLUTION DES POPULATIONS DE RAVAGEURS NON CIBLES



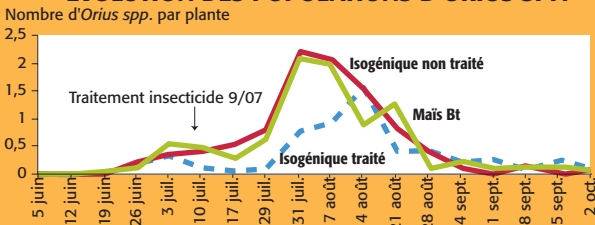
3 Les auxiliaires non touchés sur le maïs Bt

EVOLUTION DES POPULATIONS D'AUXILIAIRES

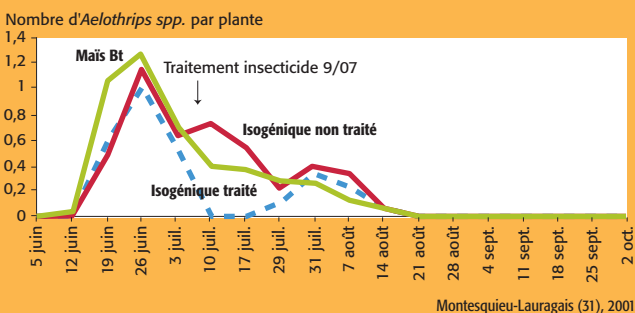


L'insecticide décime les auxiliaires : Orius spp... et Aelothrips spp

4 EVOLUTION DES POPULATIONS D'ORIOUS SPP.



5 EVOLUTION DES POPULATIONS D'AELOTHRIPS SPP.



fectifs dans le maïs recevant l'insecticide. Auparavant, les niveaux de populations étaient identiques dans les trois modalités.

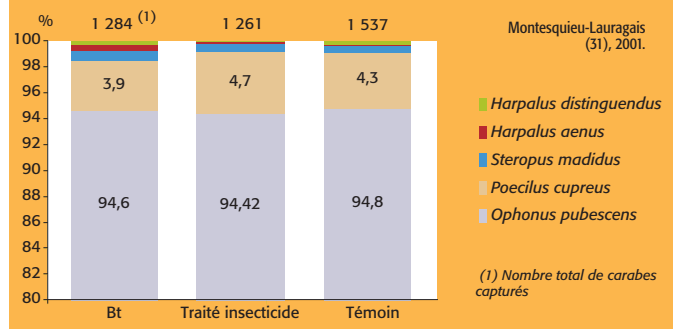
Parmi les ravageurs non cibles de la toxine Cry 1 Ab, les effectifs de la cicadelle *Z. scutellaris* et des thrips phyto-

phages sont les plus fortement réduits par le traitement chimique ; les diverses espèces de pucerons étant déjà en déclin avant l'intervention insecticide.

Les populations d'auxiliaires affectées par le traitement comptent principalement la

6 Pas d'effet sur les insectes du sol

CAPTURES CUMULÉES DE CARABES (13/06 AU 19/09)



coccinelle *Propylea quatuordecimpunctata*, les punaises *Orius spp.* (fig.4), les chrysopes et les thrips prédateurs *Aelothrips spp.* (fig. 5).

En septembre, les comptages mettent en évidence une forte augmentation des populations d'acariens phytophages, uniquement dans les parcelles traitées chimiquement (fig. 2).

Par la suite, ces populations d'acariens décroissent lentement. Dans le maïs traité, on note une augmentation tardive de la population d'auxiliaires en relation très vraisemblablement avec la pullulation induite d'acariens (fig. 3).

Pour les insectes présents sur le sol, essentiellement le carabe *Ophonus pubescens* (fig. 6), les dénombrements font ressortir la similarité des diverses conditions expérimentées.

Confirmation de l'intérêt environnemental

Ces résultats confirment que le maïs transgénique *Bt* respecte l'entomofaune non cible, notamment les auxiliaires.

Le maïs *Bt*, en raison de sa spécificité vis-à-vis des lépidoptères, n'a pas d'effet sur les niveaux de populations d'insectes utiles, à l'inverse d'un insecticide chimique conventionnel qui agit sur ceux-ci, à la fois de manière directe par son large spectre d'activité, et de manière indirecte en diminuant le nombre d'hôtes et de proies disponibles.

De plus, l'application d'un

insecticide chimique peut provoquer des proliférations d'espèces secondaires.

Le développement de populations d'acariens constatés dans cette étude nécessite parfois une application supplémentaire de produits phytosanitaires. Un constat analogue a été effectué aux USA, dans l'ouest du Corn Belt, avec les acariens *Oligonychus pratensis* et *Tetranychus urticae* (Rice et Pilcher, 1998).

En évitant les pullulations de ravageurs secondaires, le maïs *Bt* peut donc participer à une réduction supplémentaire de l'utilisation de produits phytosanitaires. L'étude présentée ici, favorable au maïs transgénique *Bt*, n'est qu'un élément d'« un ensemble dont le bilan intérêts/limites dépend de la valorisation qui peut être faite des avantages ou, au contraire, de l'importance accordée aux risques potentiels en fonction du contexte culturel, politique et socio-économique » (Bonny, 1999).■

Pour avoir plus d'informations par rapport aux publications citées, nous vous invitons à contacter Bernard Naïbo :
tél : 05.59.12.67.24
fax : 05.59.12.67.10
bernard.naibo@agpm.com

Acariens tétranyques

