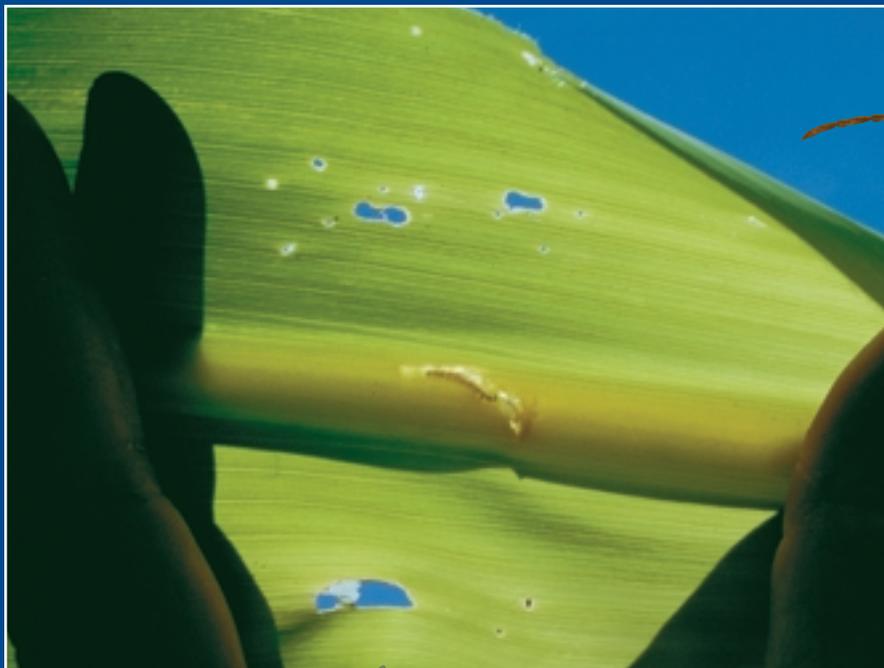


# GUIDE DU PRODUCTEUR

DEUXIÈME ÉDITION



*La lutte aux ravageurs du maïs  
avec la technologie du maïs Bt*

# Auteurs

## Éditrice et auteur principal:

### Tracey Baute

Ministère de l'Agriculture et  
de l'Alimentation de l'Ontario

Collège de Ridgetown, Édifice d'agronomie,

C.P. 400, Ridgetown, Ontario N0P 2C0

Tél: (519) 674-1696

Télé: (519) 674-1564

Courriel: tracey.baute@omaf.gov.on.ca



## Co-auteurs:

### Albert Tenuta (Éditeur First Edition)

Ministère de l'Agriculture et  
de l'Alimentation de l'Ontario

Collège de Ridgetown, Édifice d'agronomie,

C.P. 400, Ridgetown, Ontario

N0P 2C0

Tél : (519) 674-1617

Télé : (519) 674-1564

Courriel: albert.tenuta@omaf.gov.on.ca

### Marlin E. Rice

Iowa State University

Département d'entomologie

103 Insectary Bldg.

Iowa State University

Ames, IA 50011

Tél : (515) 294-1101

Télé : (515) 294-8027

Courriel: merice@iastate.edu

### Art Schaafsma

Collège de Ridgetown/Université de Guelph

Ridgetown, Ontario N0P 2C0

Tél : (519) 674-1624

Télé : (519) 674-1600

Courriel: aschaafs@ridgetownc.uoguelph.ca

### Michèle Roy

Ministère de l'Agriculture, de

l'Alimentation et des Pêcheries du Québec

Complexe scientifique, D.1.110

2700, rue Einstein

Sainte-Foy, Québec G1P 3W8

Tél : (418) 643-9729

Télé : (418) 646-6805

Courriel: michele.roy@agr.gouv.qc.ca

### François Meloche

Agriculture et Agro-alimentaire Canada

Centre de recherche de l'Est sur

les céréales et les oléagineux

Édifice K.W. Neatby

960 avenue Carling

Ottawa, Ontario K1A 0C6

Tél : (613) 759-1615

Télé : (613) 759-1926

Courriel: melochefc@agr.gc.ca

### Mark Sears

Université de Guelph

Département de biologie environnementale

Guelph, Ontario N1G 2W1

Tél : (519) 824-4120

Télé : (519) 837-0442

Courriel: msears@uoguelph.ca

# Remerciements

Les auteurs souhaitent remercier les personnes, associations et compagnies suivantes pour leurs contributions: Henri Goulet (Agriculture et Agro-alimentaire Canada); Elaine Roddy (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation de l'Ontario); l'Association des producteurs de maïs de l'Ontario; l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA); Agriculture et Agro-alimentaire Canada; Dow AgroSciences Canada; Monsanto Canada; Pioneer Hi-Bred Limited et Semences Syngenta du Canada.

## Citation

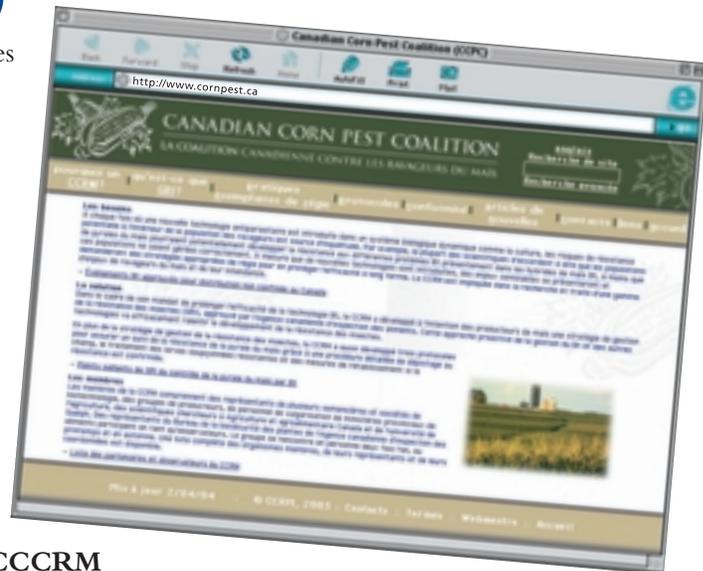
Baute, T. (ed), 2004. Guide du producteur: La lutte contre les ravageurs du maïs avec la technologie du maïs Bt. Deuxième édition. La coalition canadienne contre les ravageurs du maïs. Ridgetown, ON, 24 pp.

# ***TABLE DES MATIÈRES***

Mandat de la Coalition canadienne contre les ravageurs du maïs .....	4
Contenu du guide .....	4
La pyrale du maïs et sa distribution .....	5
Pourquoi gérer la pyrale du maïs? .....	5
Cycle vital de la pyrale du maïs .....	6
À quoi ressemblent les dommages de la pyrale du maïs? .....	7
Les chrysomèles des racines du maïs et leurs distributions .....	8
Cycle vital des chrysomèles des racines du maïs .....	9
À quoi ressemblent les dommages des chrysomèles? .....	9
Pratiques de gestion .....	10
Qu'est ce que le maïs Bt? .....	11
Comment fonctionne le gène de la protéine Bt? .....	11
Qu'avons-nous appris au sujet du maïs Bt-pyrale? .....	13
Maïs Bt "YieldGard Chrysomèle" et "YieldGard Plus" .....	13
Le défi - la gestion de la résistance .....	14
Comment la résistance se développe-t'elle? .....	14
Le développement de la résistance par la pyrale .....	15
Gérer la résistance par la stratégie de dose élevée et de refuge .....	15
Exigences du GRI pour le maïs Bt-pyrale .....	16
Exigences du GRI pour le maïs sucré Bt-pyrale .....	16
Exigences du GRI pour le maïs Bt-chrysomèle .....	17
Exigences du GRI pour le maïs Bt YieldGard Plus .....	17
Le développement de la résistance par la chrysomèle .....	18
La surveillance de vos champs Bt .....	18
Vos options de refuge .....	19
Quels sont les impacts sur les ennemis naturels et autres organismes non ciblés? .....	20
Qu'en est-il du papillon monarque? .....	20
Lexique des termes de base de la biotechnologie .....	21

# Mandat de la Coalition canadienne contre les ravageurs du maïs (CCCRM)

C'est un groupe qui comprend des représentants du secteur des semences de maïs, des associations de producteurs, l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA) et des professionnels du secteur de la recherche au niveau fédéral, provincial et universitaire. On y retrouve des experts en: amélioration du maïs, entomologie, lutte intégrée, pathologie, agronomie, biologie environnementale, réglementation et affaires publiques. Chaque membre a pour objectif de gérer de façon responsable les nouvelles technologies antiparasitaires, au fur et à mesure qu'elles sont introduites au Canada afin qu'elles demeurent efficaces. Présentement, l'objectif de la CCCRM est de promouvoir l'usage approprié de la technologie Bt-pyrale et Bt-chrysomèle. **La CCCRM**



**compte réaliser son mandat en jumelant la recherche avec un bon programme de formation des producteurs afin de responsabiliser tous les intervenants à une saine gestion de la technologie.**



## CANADIAN CORN PEST COALITION

LA COALITION CANADIENNE CONTRE LES RAVAGEURS DU MAÏS



## Contenu du guide



Ceci est la deuxième édition du Guide du producteur publié par la CCCRM.

Cette nouvelle édition comprend de nouveaux renseignements sur la

biologie de la pyrale du maïs et des chrysomèles des racines du maïs ainsi que sur les nouveaux événements Bt homologués au Canada. Le guide donne également des renseignements supplémentaires sur les stratégies de gestion de la résistance aux insectes pour les maïs Bt-pyrale et Bt-chrysomèles.

Ce guide produit par la CCCRM vise à mieux informer les producteurs sur la gestion des ravageurs du maïs et des technologies transgéniques. Pour de plus amples renseignements, veuillez consulter le site internet de la CCCRM:

# La pyrale du maïs et sa distribution

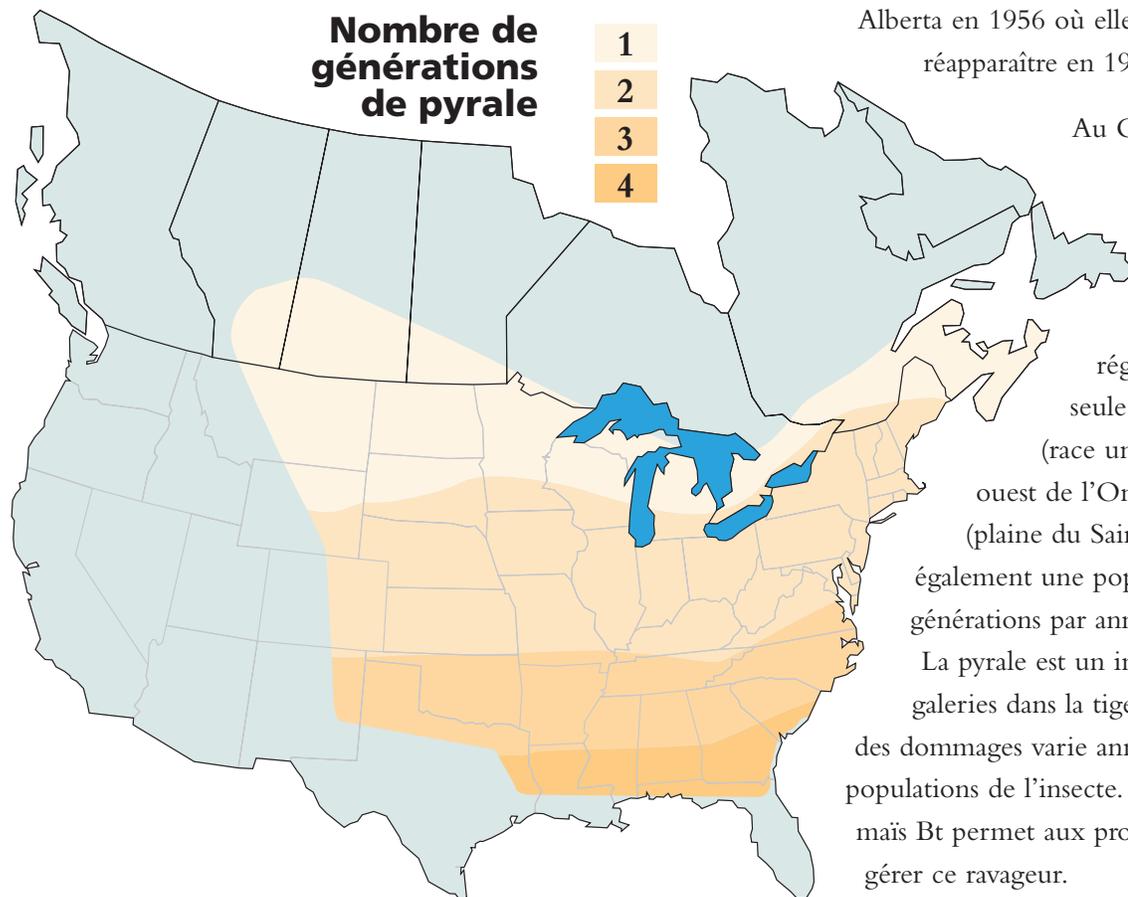
La pyrale du maïs, *Ostrinia nubilalis*, est le principal ravageur du maïs. La pyrale a été introduite en Amérique du Nord en 1910 à partir d'une manufacture européenne de balais. On a rapporté sa présence en Ontario en 1920, au Nouveau-



Brunswick en 1925, au Québec en 1926, en Nouvelle-Écosse

en 1929, au Manitoba en 1948, en Saskatchewan en 1949 et en

Alberta en 1956 où elle fut éradiquée pour réapparaître en 1980.



Au Canada, la pyrale du maïs est présente du sud des provinces des Prairies jusqu'aux Maritimes.

Dans la plupart de ces régions, on retrouve une seule génération par année (race univoltine). Dans le sud-ouest de l'Ontario et le sud du Québec (plaine du Saint-Laurent) on trouve également une population qui a deux générations par année (race bivoltine).

La pyrale est un insecte qui creuse des galeries dans la tige et l'épi. La gravité des dommages varie annuellement selon les populations de l'insecte. Le développement du maïs Bt permet aux producteurs de mieux gérer ce ravageur.

## Pourquoi gérer la pyrale du maïs?

À chaque année, la pyrale fait perdre des millions de dollars aux producteurs de maïs canadiens à cause des pertes de rendement, des retards durant la récolte et de la diminution de la qualité du grain causée par les maladies. Bien qu'il soit difficile de chiffrer les pertes de rendement, des études ont montré qu'une infestation d'une larve par plant peut réduire le rendement de 3 à 5 %. Des réductions plus importantes sont possibles en présence de populations plus élevées (Tableau 1).

### D'AUTRES FACTEURS PEUVENT INFLUENCER LES PERTES DE RENDEMENT:

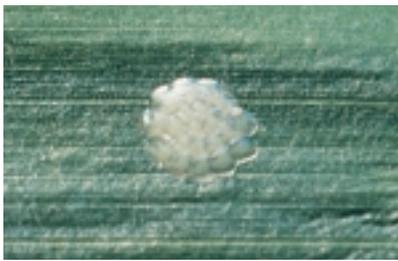
- le degré de tolérance ou de résistance de l'hybride;
- les conditions climatiques (pluviométrie, température, etc.);
- le stade de croissance de la plante.

TABLEAU 1

Stade de croissance du plant	Nombre de pyrales de maïs par plant (Évaluation du % de perte de rendement)		
	1	2	3
Début cornet	5,5	8,2	10,0
Fin cornet	4,4	6,6	8,1
Pré-floraison	6,6	9,9	12,1
Pollinisation	4,4	6,6	8,1
Stade gonflement	3,0	4,5	5,5
Stade pâteux	2,0	3,0	3,7

# Cycle vital de la pyrale du maïs

La pyrale passe par quatre périodes de développement : œuf, larve, chrysalide et papillon (adulte) et seules les larves causent des dommages au maïs. La période larvaire comporte 5 stades de croissance. Les jeunes stades se nourrissent de tissu végétal tandis que les stades plus matures creusent des galeries dans la tige et l'épi. La pyrale hiverne au stade de larve mature dans les résidus de tiges et d'épis de maïs, les mauvaises herbes et autres résidus végétaux. La larve se transforme en chrysalide à l'intérieur de la tige avant d'émerger au stade papillon. Dans les régions où l'on trouve la pyrale à une génération, les papillons émergent de la mi-juin à août. Dans les régions où la pyrale à deux générations est présente, la première génération émerge entre la fin-mai et juillet alors que la deuxième génération émerge de la fin-juillet à septembre. Durant les années chaudes, une génération supplémentaire peut se développer en octobre. On l'appelle souvent la génération « suicide » car la plupart des larves ne se développeront pas suffisamment pour survivre à l'hiver.



Masse d'œufs



Oeufs au stade tête noire



Jeune larve



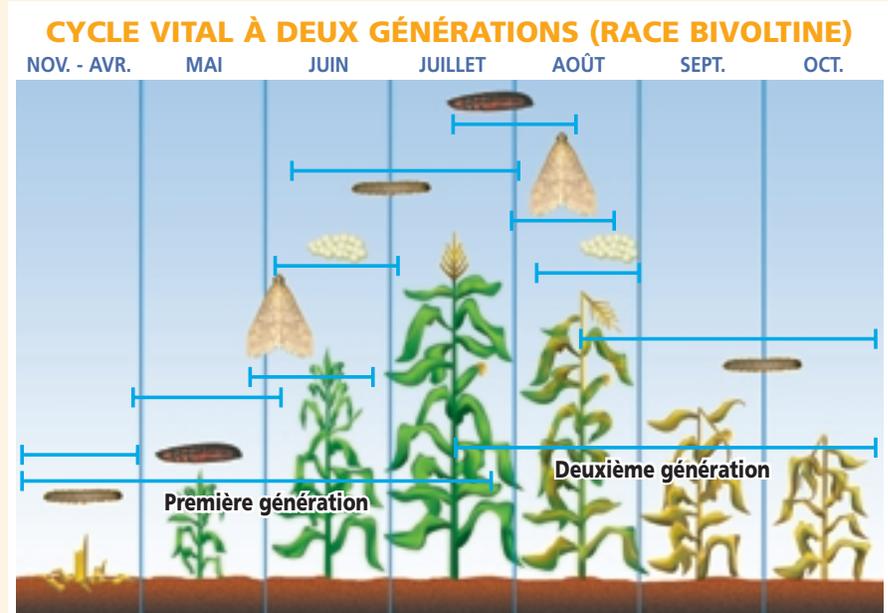
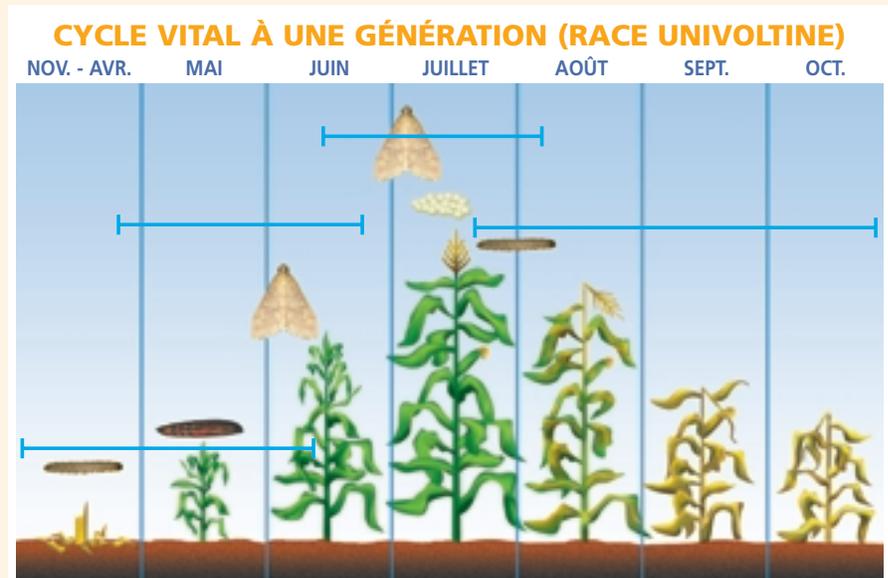
Larve mature



Chrysalide



Papillon adulte



# À quoi ressemblent les dommages de la pyrale du maïs?

## DÉGATS CAUSÉS PAR LA PREMIÈRE GÉNÉRATION



**Dommages en surface** – petites zones superficielles où les larves du premier stade se sont alimentées sur la feuille. Il ne reste qu'une mince couche de tissu végétal transparent (a).



**Galeries** – souvent on trouve des excréments de pyrale autour des points d'entrée (d). Ensuite, les larves du 3<sup>ème</sup> au 5<sup>ème</sup> stade percent la nervure médiane, pénètrent à la base du collier foliaire ou creusent des galeries dans la tige (e). Elles se forment un cocon sur la feuille, sur la panicule mâle (croix) ou encore dans les galeries, pour se transformer en chrysalides. Les galeries peuvent provoquer des pertes importantes de rendement en entravant le transport des nutriments et de l'eau vers l'épi, la tige et les feuilles.



**Criblures** – à mesure que les larves se développent, elles se dirigent vers le centre du cornet en transperçant la feuille. Ce type de dommage devient visible lorsque les feuilles se déroulent et sortent du cornet (b,c).



**Maïs versé** – le nombre de plants versés (f) peut augmenter en raison de l'affaiblissement des tiges causé par les galeries d'insectes et de l'incidence des maladies.

## DÉGATS CAUSÉS PAR LA SECONDE GÉNÉRATION



- La plus dommageable pour le maïs.
- Porter une attention particulière aux champs semés tardivement ou en pollinisation. Ces champs sont les plus attractifs pour les papillons.



- Les différents types de dommage sont: l'alimentation sur les feuilles, les galeries dans les tiges (g,i), le pédoncule (j) et l'alimentation sur le grain (h).
- Les maladies telles que la pourriture des tiges et des épis sont plus fréquentes dans les régions infestées par la deuxième génération de pyrale.

# Les chrysomèles des racines du maïs et leurs distributions

Les chrysomèles des racines du maïs sont d'importants ravageurs en Amérique du Nord. Au Canada, on retrouve deux espèces: la chrysomèle des racines de l'ouest (*Diabrotica virgifera virgifera*) et la chrysomèle des racines du nord (*D. barberi*). Les larves et les adultes se nourrissent du maïs.

La chrysomèle de l'ouest mesure environ 6 mm de long. Elle est de couleur jaune pâle à verte. La femelle possède trois bandes noires plus ou moins distinctes. Chez le mâle, ces bandes sont fusionnées et il est plus petit que la femelle. Cette espèce est parfois confondue avec la chrysomèle rayée du concombre qui a des bandes droites bien définies. La chrysomèle du nord mesure environ 6 mm. Sa couleur va du beige au vert foncé. Rien ne différencie la femelle du mâle sauf les organes génitaux.

Les larves sont de couleur blanchâtre et mesurent de 2 à 10 mm de long. Elles ont la tête et la plaque anale de couleur brune.

Les larves se nourrissent des racines et peuvent occasionner des pertes économiques importantes. Les adultes se nourrissent du limbe des feuilles, du pollen, des soies et du grain.



chrysomèle des racines de l'ouest



chrysomèle des racines du nord



larve de la chrysomèle

## DISTRIBUTION AU CANADA

La distribution des deux espèces se chevauche. L'espèce du nord est présente en Ontario, au Québec et dans les Maritimes, tandis que celle de l'ouest se retrouve en Ontario et au Québec seulement. Dans le sud-ouest de l'Ontario, le ratio (ouest : nord) est de 4:1, tandis que dans l'est de l'Ontario et au Québec ce ratio est de 1 : 8.

### chrysomèle des racines de l'ouest



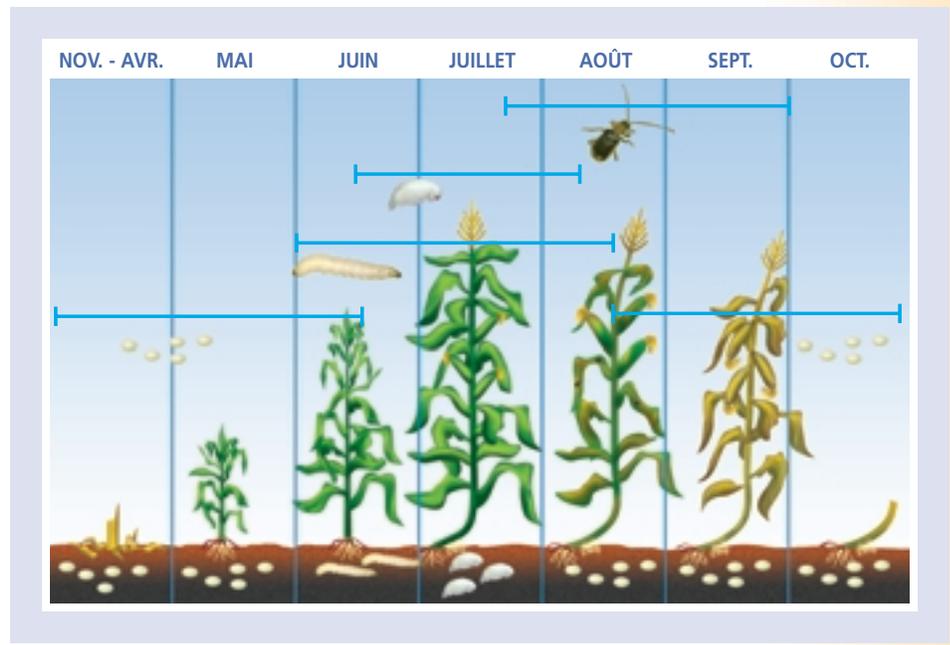
### chrysomèle des racines du nord



# Cycle vital des chrysomèles des racines du maïs

Les deux espèces ont une génération par année. Les chrysomèles passent par quatre périodes de développement: œuf (stade hivernant), larve, pupa et adulte. Les œufs éclosent entre la fin-mai et juillet et les larves passent par trois stades de croissance. À la fin du troisième stade, les larves construisent un cocon de terre dans lequel elles se transforment en pupes. Les adultes émergent de la fin-juillet à la mi-septembre et les mâles apparaissent avant les femelles. Pendant ces quelques jours, ils terminent leur développement sexuel et sont à la recherche de femelles pour s'accoupler. Les femelles commencent à pondre 11 à 16 jours après l'accouplement. Durant la ponte, les femelles s'alimentent jusqu'à ce que tous les œufs soient pondus. La femelle de la chrysomèle de l'ouest peut pondre jusqu'à 1000 œufs, alors que celle du nord en pond environ 300. La majorité des œufs sont déposés durant le mois d'août dans le premier 30 cm de sol.

Les adultes sont attirés par les champs



de maïs et la femelle commence à déposer ses œufs dans le champ de maïs d'où elle est émergée. Plus tard, certaines femelles migrent vers d'autres champs en pollinisation pour y pondre. Les champs de maïs en épiaison sont très attractifs pour ces femelles en migration à cause de la forte odeur qui s'en dégage. Pour cette raison, les champs semés tardivement sont les plus à risques.

Les femelles préfèrent les sols argileux et les loams car elles peuvent utiliser les fissures du sol et les galeries des vers de terre pour déposer leurs œufs. De plus, ces sols retiennent bien l'humidité, ce qui est nécessaire pour l'éclosion le printemps suivant. À l'opposé, les sols sablonneux sont peu propices à la ponte car ils ne retiennent pas l'humidité et parce que le sable est un puissant abrasif pour les œufs.

## À quoi ressemblent les dommages des chrysomèles?



a

nourrissent jusqu'à la pupaison qui peut s'étaler jusqu'à la mi-août. Le maïs compte habituellement 7 à 8 nœuds racinaires. En s'alimentant, les larves détruisent les zones apicales de croissance au bout des racines, ce qui en arrête le développement. Les larves peuvent également couper les racines à leur point d'ancrage (a). Cette période d'alimentation coïncide avec la formation de la panicule mâle (croix). La destruction des racines, les conditions environnementales (ex. : sols détrempés ou

Au moment de l'éclosion, les larves du premier stade sont attirées par le CO<sub>2</sub> et les autres molécules produites par

les racines du maïs. Les jeunes larves voyagent jusqu'à un mètre dans le sol pour trouver les racines de la plante et leur alimentation est stimulée par la présence de certains sucres. Elles grugent la surface corticale des racines primaires des nœuds 1 à 3. Au fur et à mesure que la plante croît, les larves passent au deuxième et troisième stade de développement. Durant les deux premières semaines de juillet, les larves endommagent les racines d'ancrage (nœud 4 à 6) et c'est à cette période qu'elles causent le plus de dommages. Les larves s'y



## À quoi ressemblent les dommages des chrysomèles? (suite)



vents violents), les dommages causés par les herbicides et la compaction du sol empêchent la croissance et l'expansion des racines et peuvent aussi causer ou accroître le risque de verse (c). Les larves peuvent également causer de graves dommages aux racines sans pour autant qu'il y ait de verse parce que certains hybrides ont un système racinaire plus robuste, plus développé et/ou des racines se régénérant plus rapidement.

Les adultes qui émergent au début de juillet s'alimentent sur les feuilles de maïs, les

soies de l'épi et aussi de pollen. En coupant les soies de l'épi (b), ils risquent de compromettre la pollinisation (en particulier pour les semis très tardifs) et de produire des épis sans grains. Toutefois, ceci est rare car la chute des soies et la dissémination du pollen dans un champ s'étalent sur une longue période et cela favorise la dispersion des adultes dans tout le champ. Les dommages causés par les adultes aux feuilles peuvent faciliter l'entrée d'agents pathogènes et favoriser l'infection du feuillage sans toutefois causer une perte de rendement.

## Pratiques de gestion

Puisque les chrysomèles pondent habituellement dans les champs de maïs et que la larve doit se nourrir des racines du maïs, la rotation avec une culture autre que le maïs s'avère encore la méthode de lutte la plus efficace et économique au Canada. Néanmoins, il faut faire du dépistage durant la première année en maïs.

Dans la culture du maïs en continu, un champ sur cinq risque de subir des pertes économiques importantes et l'identification de ce champ à risque est très difficile. Pour estimer ce risque, on suggère de faire du dépistage une fois par semaine durant le mois d'août afin de compter le nombre d'adultes présents dans la zone de l'épi (soit une feuille au-dessus et une en-dessous du noeud de l'épi). Si l'on compte moins d'une chrysomèle de l'ouest par plant (ou deux du nord) il ne sera pas nécessaire d'utiliser une méthode de contrôle le printemps

suivant. Par contre, si l'infestation dépasse ces niveaux économiques, on peut avoir recours à l'une des trois méthodes de lutte suivantes: 1) la culture du maïs Bt-chrysomèle ("YieldGard"); 2) le traitement de la semence avec le produit "Poncho" (clothianidin) au taux d'application recommandé par le fabricant; ou 3) une application au semis d'un insecticide granulaire (ex.: "Force" (tefluthin) ou "Counter" (terbufos)).

Dans certains grands états américains («Corn Belt») où de grandes surfaces de maïs sont cultivées en rotation avec le soya, on a observé que certains adultes pondent indifféremment dans le maïs, le soya, le blé, l'avoine ou autres. Jusqu'à présent, ce phénomène n'a pas été observé au Canada, bien que des dommages tels que la destruction des racines et la verse soient rapportés dans certains champs de maïs de première année. Des

études sont en cours afin de déterminer si la ponte dans des champs autres que le maïs est attribuable à la rotation ou aux conditions agro-environnementales.



## Qu'est-ce que le maïs Bt?



Le maïs Bt est l'un des premiers exemples de biotechnologie ayant une application pratique à la ferme. La biotechnologie c'est la technique par laquelle le code génétique, ou l'ADN, d'un organisme est placé dans un autre organisme. Les plantes qui reçoivent ces gènes sont appelées "plantes transgéniques". On choisit ces gènes parce qu'ils produisent des composés qui améliorent certains caractères (ex.: la résistance à des insectes, à des maladies ou à des herbicides), ou la qualité de la récolte (ex.: teneur en huile, en acides aminés).

Les 3 éléments les plus importants du code génétique inséré sont :

**Gène Bt** - Le gène qui produit la protéine cristalline désirable.

**Activateur** - Un activateur détermine l'endroit et la quantité de protéines produites par une plante (ex.: les feuilles, les tissus verts, le pollen, l'épi).

**Marqueur génétique** - La présence d'un marqueur génétique permet aux semenciers d'identifier les transformations réussies (ex.: résistance aux herbicides).

Dans le cas du maïs Bt, le plant de maïs transgénique est modifié de façon à produire une protéine insecticide naturellement produite par la bactérie *Bacillus thuringiensis* (Bt). On trouve cette bactérie dans les sols partout dans le monde.

Il y a plusieurs souches de Bt et chacune produit des protéines insecticides différentes sous formes

de cristaux ("Cry"). Ainsi, chaque protéine peut lutter contre un groupe particulier d'insectes. La plupart des hybrides Bt au Canada ciblent la pyrale du maïs (Cry1Ab, Cry1F) ou les chrysomèles des racines (Cry3Bb1).

Les protéines "Cry" produites par la bactérie Bt sont sans danger pour l'environnement. Les producteurs biologiques et forestiers utilisent la protéine Cry1Ab sous forme d'insecticide foliaire depuis les années 30. Ces protéines et leurs sous-produits métaboliques ne sont pas toxiques puisque la protéine doit être activée par les enzymes digestives de l'insecte pour produire la toxine.

De plus, les protéines "Cry" ne sont pas altérées par les conditions climatiques comme le sont les insecticides foliaires. Ainsi, la culture du maïs Bt permet de réduire le nombre de traitements insecticides ce qui minimise l'impact sur la santé humaine et l'environnement.

**POUR PLUS D'INFORMATIONS CONSULTER LA FICHE: "HOW IS BT PUT INTO A CORN PLANT" DISPONIBLE AU [WWW.CORNPEST.CA](http://WWW.CORNPEST.CA)**

## Comment fonctionne le gène de la protéine Bt?

L'activateur déclenche la production de protéine Bt dans le plant de maïs

La larve mange les tissus de maïs qui contiennent la protéine Bt

Les enzymes digestives de la larve activent la partie toxique de la protéine

La toxine se lie à des récepteurs spécifiques sur la paroi intestinale de la larve

Les cellules éclatent et le contenu s'échappe dans l'intestin

La larve cesse de manger

La larve meurt

Les protéines Bt produites par ces maïs sont mortelles pour les larves de lépidoptères ou de coléoptères. Pour agir, la larve doit d'abord ingérer du tissu contenant la protéine Bt. À mesure que la larve s'alimente, les enzymes du système digestif de l'insecte activent la forme toxique de la protéine. Ensuite, la toxine se lie à des récepteurs spécifiques sur les cellules de la paroi intestinale des larves et en cause la rupture. Ces récepteurs sont spécifiques à la structure de la protéine "Cry" et doivent être présents. Dans le cas du maïs Bt-pyrale et/ou chrysomèles, ces insectes ont un système digestif alcalin, ce qui est essentiel pour activer la protéine. Ainsi, en quelques heures, la larve cesse de s'alimenter et la paroi de son estomac se perforé. Les bactéries de son système digestif envahissent la cavité corporelle et infectent la larve qui meure dans les 48 heures.

Cette protéine ne pose aucun risque pour les animaux et les humains parce que leur estomac est acide et dépourvu des cellules réceptrices nécessaires à la liaison protéinique. La dégradation de la protéine se fait rapidement.

TABLEAU 2

## MAÏS TRANSGÉNIQUES PRÉSENTEMENT HOMOLOGUÉS AU CANADA

Souche de <i>Bacillus thuringiensis</i>	Protéine Cry	Insectes ciblés	Événement	Marque de Commerce	Société	Endroit de l'expression
<b><i>Bt var. kurstaki</i></b> (pour le contrôle de certaines chenilles)	Cry1Ab	Pyrale du maïs	176 <sup>+</sup>	NatureGuard*	Dow AgroSciences/ Mycogen Seeds	tissus verts et pollen
	Cry1Ab	Pyrale du maïs	176 <sup>+</sup>	Knockout	Syngenta Seeds	tissus verts et pollen
	Cry1Ab	Pyrale du maïs	BT11	YieldGard	Syngenta Seeds	toutes les parties de la plante
	Cry1Ab	Pyrale du maïs	MON810	YieldGard**	Monsanto	toutes les parties de la plante
	Cry1Ac	Pyrale du maïs	DBT418 <sup>+</sup>	Bt-Extra	Homologation retirée	
<b><i>Bt var. aizawai</i></b> (pour le contrôle de certaines chenilles)	Cry1Aa	Fausse-teigne des crucifères, Fausse-arpenreuse du chou, Légionnaire d'automne	Aucune application			
	Cry1F	Pyrale du maïs, Ver gris noir <sup>++</sup> Légionnaire d'automne	TC1507	Herculex I	Dow AgroSciences/ Pioneer Hi-Bred	la plante entière
<b><i>Bt var. SanDiego (tenebrionis)</i></b> (pour le contrôle des larves de certaines coléoptères)	Cry3A	Doryphore de la pomme de terre	Aucune application			
	Cry3Bb1	Chrysomèles des racines du maïs	MON863	YieldGard Chrysomèle	Monsanto	la plante entière incluant les racines
	Cry3C	Doryphore de la pomme de terre	Aucune application			
<b><i>Bt var. israelensis</i></b> (pour le contrôle des larves de moustiques et maringouins)	Cry4	Moustiques et mouches noires	Aucune application			
<b><i>Bt var. tolworthi</i></b> (pour le contrôle de certaines chenilles)	Cry9C	Pyrale du maïs	CBH351	Starlink	Non homologué au Canada	

\* NatureGard (Event 176) autorisé sous licence aux sociétés Hyland, Pride entre autres.

\*\* YieldGard (MON810) autorisé sous licence à la Coopérative Fédérée du Québec, et aux sociétés DEKALB, Dow AgroSciences/Mycogen Seeds, Garst, Hyland, Maizex, Pickseed, Pioneer Hi-Bred, Pride entre autres.

+ Peut ne pas lutter complètement contre la seconde génération de la pyrale du maïs. Ne protège pas la plante contre les dommages à l'épi causés par la pyrale.

++ Peut seulement lutter contre les stades larvaires juvéniles.

# Qu'avons-nous appris au sujet du maïs Bt-pyrale?

## LES HYBRIDES Bt NE GARANTISSENT PAS LES PLUS HAUTS RENDEMENTS

Certains hybrides conventionnels sont aussi performants que les hybrides Bt, surtout lorsque la pression de la pyrale est faible ou modérée.

## LE GÈNE Bt CONTRÔLE LA PYRALE ET PROTÈGE LES RENDEMENTS

Le potentiel de rendement est déterminé par le profil génétique de l'hybride et peut être influencé par plusieurs facteurs autres que la pyrale du maïs. On compte parmi ceux-ci: les facteurs environnementaux comme l'ensoleillement, les précipitations, la chaleur, le froid, les inondations; et les facteurs agronomiques comme la population, la fertilisation, la préparation du sol, la profondeur du semis, l'espacement entre les rangs, le travail du sol, la compaction, etc. La technologie du gène Bt a été rapidement intégrée à plusieurs des hybrides les plus performants. Bien que cette technologie n'augmente pas le potentiel de rendement d'un hybride, elle optimise la performance agronomique de l'hybride grâce à une santé améliorée de la plante, tout en réduisant l'impact de la pyrale sur le rendement et sur l'incidence des maladies.

## TOUS LES "ÉVÉNEMENTS" Bt N'OFFRENT PAS LA MÊME PROTECTION CONTRE LA PYRALE DU MAÏS

Tous les événements (176, BT11, MON810, DBT418 et CBH351) offrent une bonne protection en début de saison contre la pyrale du maïs (première génération) et ils peuvent tous être utilisés dans les champs semés tôt. Les événements 176 et DBT418 expriment la protéine Bt dans tous les tissus foliaires et offrent une excellente protection contre la pyrale durant une bonne partie de la saison (jusqu'à la mi-août) avant de se mettre à diminuer au fur et

à mesure que le plant atteint sa maturité. Cette diminution en fin de saison offre une protection réduite contre les dommages causés par la deuxième génération de la pyrale (galeries dans les tiges, épis), ce qui peut augmenter les risques d'infection (moisissures). Dans le cas de semis tardifs, les dommages en fin de saison ont peu d'incidence sur le rendement car celui-ci a été établi plus tôt dans la saison.



Les événements BT11, MON810 et CBH351 offrent une protection tout au long de la saison et la protéine est exprimée dans tous les tissus de la plante incluant l'épi et le grain.

## LE Bt EST UN AUTRE OUTIL DANS LA LUTTE CONTRE LA PYRALE DU MAÏS

Le Bt n'éliminera pas à lui seul la pyrale du maïs. C'est pourquoi on devrait utiliser une approche de lutte intégrée.

## LE CHOIX DE L'HYBRIDE EST CRUCIAL

La plupart des hybrides de maïs non-Bt offerts commercialement ont été sélectionnés en vue d'une bonne tenue et d'une bonne tolérance à la pyrale du maïs. Ni le gène Bt, ni aucun autre gène ne transformeront un hybride moyen en hybride vedette. Il vous faut choisir un hybride en vous basant sur l'ensemble des traits agronomiques importants pour votre ferme. Le choix des hybrides demeure l'une des décisions les plus importantes que vous devez effectuer. Comme les populations de pyrale fluctuent annuellement, il est préférable de choisir les hybrides en fonction de leur performance sur plusieurs années et de concentrer les hybrides Bt dans les champs à risques élevés.

# Maïs Bt "YieldGard Chrysomèle" et "YieldGard Plus"

Le maïs Bt YieldGard-chrysomèle produit une protéine Bt différente de celle trouvée dans le maïs Bt-pyrale. Ce nouveau maïs exprime la protéine Cry3Bb1 partout dans la plante

offrant ainsi une



protection contre les dommages racinaires. Cependant, ce maïs n'offre aucune protection contre les adultes de chrysomèles et les larves de la pyrale. Tout récemment, le maïs YieldGard Plus a été introduit. Il exprime les protéines Cry1Ab et Cry3Bb1 sur un même hybride et

offre ainsi une protection contre les dommages causés par la pyrale et les larves de chrysomèles. Des stratégies de gestion de la résistance aux insectes ont été développées pour le YieldGard-chrysomèle et le YieldGard Plus afin de préserver l'efficacité de ces nouvelles technologies.

## Le défi - la gestion de la résistance

Les hybrides de maïs Bt sont offerts commercialement au Canada depuis 1997 et se sont avérés un outil important pour le contrôle de la pyrale du maïs. Depuis 2003, des hybrides de maïs Bt spécifiques pour le contrôle des larves de chrysomèles des racines sont disponibles. Les chercheurs des secteurs publics et privés s'accordent pour dire que la culture de maïs Bt en continu favorise le développement éventuel de

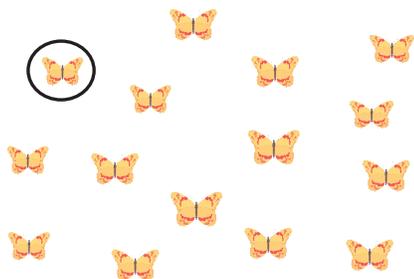
populations résistantes au Bt. Pour prévenir ou du moins retarder le développement de la résistance au Bt, l'Agence canadienne d'inspection des aliments exige que le requérant d'un maïs Bt mette sur pied un plan de gestion de la résistance aux insectes (GRI) avec les producteurs de maïs. La mise en place d'un bon GRI est importante pour assurer l'efficacité à long terme de cette technologie.



**Si vous avez l'intention de cultiver du maïs Bt cette année vous devez mettre en place un GRI.**

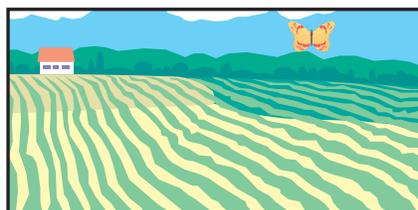
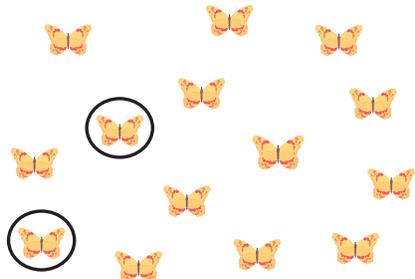
## Comment la résistance se développe-t-elle?

### A. Avant l'introduction du maïs Bt



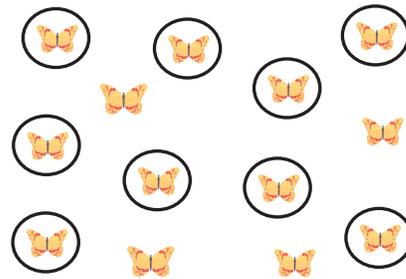
Très peu de papillons possèdent des gènes (rr) conférant la résistance au Bt.

### B. Introduction du maïs Bt



L'incidence de papillons résistants (rr) croît à cause d'une augmentation du taux de survie des larves exposées au Bt.

### C. Utilisation répandue du maïs Bt



La lutte perd de son efficacité à mesure qu'une plus grande proportion de papillons (rr) sont présents.



Papillons résistants (rr)



Papillons sensibles (ss)

*D. Bartels and W. Hutchinson*

## LA RÉSISTANCE PEUT SE PRODUIRE

- parce que la protéine ne peut se fixer aux récepteurs de la paroi intestinale;
- parce qu'un élément dans le système digestif dénature la protéine.

La résistance dans une population provient de la variabilité génétique naturelle qu'on y retrouve, et celle-ci augmente avec l'exposition à la protéine Bt. Il existe de nombreux exemples où une mauvaise gestion des nouveaux outils de répression des insectes s'est traduite par le développement de la résistance et la perte rapide de ce mode de régie. La CCCRM a pris une approche proactive en mettant en place une stratégie de gestion de la résistance des insectes afin de maximiser la durée utile des hybrides Bt.

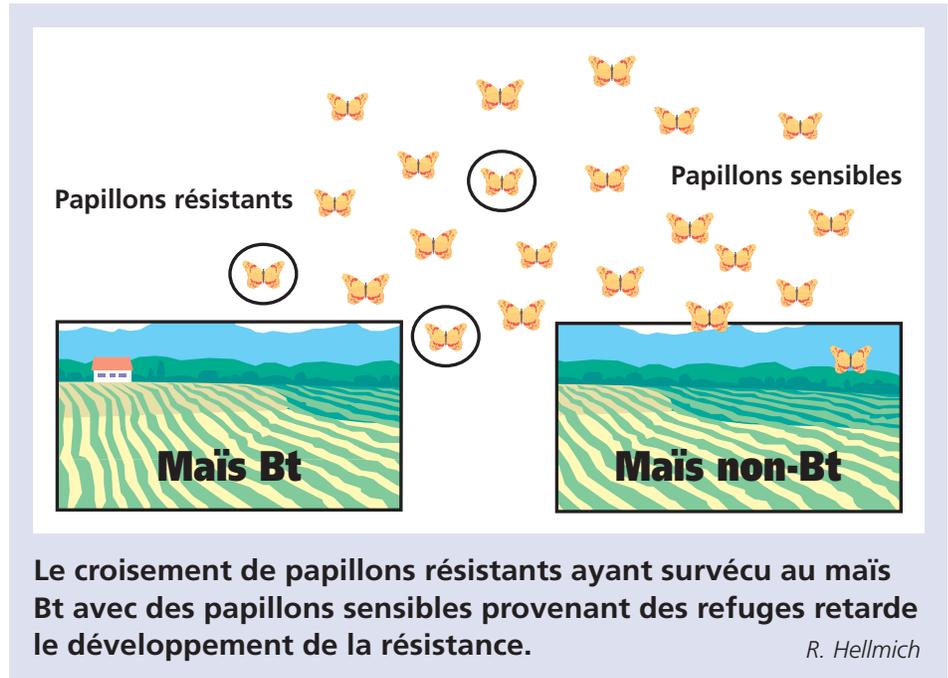
# Le développement de la résistance par la pyrale

Dans toute population naturelle de pyrales, quelques individus possèdent deux copies du gène de résistance (rr), d'autres ont une copie (rs) mais la plupart n'en ont aucune (ss). Dans le maïs Bt, les pyrales ayant une ou deux copies du gène de résistance (rs ou rr) pourraient théoriquement survivre et compléter leur développement. Une augmentation du taux de survie favoriserait la sélection génétique. Avec l'augmentation des superficies en maïs Bt et avec elles la proportion de pyrales exposées au maïs Bt, un plus grand nombre de larves portant les gènes de résistance pourrait survivre jusqu'à l'âge adulte. Ainsi, après chaque génération, le nombre d'individus résistants augmenterait. Un échec de la répression pourrait survenir si le nombre de larves résistantes dans le maïs Bt atteignait des niveaux d'infestations semblables à ceux que l'on retrouve dans le maïs

non-Bt. Il est donc très important de mettre en place un GRI.

On estime que si toutes les superficies de maïs en Amérique du Nord étaient semées avec du maïs Bt, la pression de

sélection serait extrême et la résistance pourrait se développer très rapidement (3 à 5 ans, selon certains).



## Gérer la résistance par la stratégie de dose élevée et de refuge

L'industrie nord-américaine des semenciers de maïs a adopté la stratégie de "dose élevée et de refuge" afin de bien gérer le potentiel de résistance de la pyrale à la technologie Bt. Ceci consiste à exposer une partie des ravageurs à des plants ayant une forte concentration de protéine Bt pendant qu'on permet à une autre population de se développer sur du maïs non-Bt (refuge).

### LA STRATÉGIE DE DOSE ÉLEVÉE

Les généticiens ont conçu le maïs Bt de façon à ce qu'il produise des niveaux très élevés de protéines "Cry" (dépendamment de l'événement génétique inséré), c'est-à-dire des niveaux beaucoup plus élevés que l'insecticide biologique Bt. Ceci a pour but de tuer toutes les larves de pyrales ne possédant pas le gène de résistance (ss) ainsi que les larves ayant une seule copie du gène (rs).

Il faut se rappeler que la production de protéine Bt peut varier selon l'événement génétique inséré et en fonction du stade de développement du plant de maïs.



## Exigences du GRI pour le maïs Bt-pyrale :

- Ensemencer au moins 20% de la superficie totale en maïs non-Bt.
- Les champs de maïs Bt-pyrale doivent être situés à moins de 400 mètres (1/4 mille) du refuge. Si les maïs Bt et non-Bt sont semés en bandes alternatives, il doit y avoir un minimum de 6 rangs pour le refuge.
- Ne pas mélanger les semences Bt et non-Bt car cela augmenterait la possibilité de développer la résistance.
- L'application d'insecticides pour le contrôle de la pyrale du maïs dans le refuge est interdite.
- L'hybride de maïs non-Bt semé dans le refuge doit être de maturité semblable à celle du maïs Bt-pyrale ( $\pm$  100-150 unités thermiques) afin d'être aussi attractant pour les papillons de pyrale.
- Tenir des registres rigoureux et indiquer où les maïs Bt et non-Bt sont semés.

## Exigences du GRI pour le maïs sucré Bt-pyrale :

- Des hybrides de maïs sucré Bt-pyrale peuvent être semés pour fins de production commerciale seulement (achat minimum d'une unité de semence (4,5 acres)).
- Les hybrides Bt devraient être ensemencés en blocs et être isolés des autres hybrides non-Bt.
- Le producteur n'est pas autorisé à remballer ou revendre les semences de maïs Bt.
- Le producteur doit surveiller les ravageurs non ciblés et utiliser des stratégies de lutte intégrée. Au besoin, des insecticides chimiques peuvent être appliqués pour éviter des pertes économiques.
- Ne pulvériser aucun insecticide Bt sur les hybrides de maïs sucré-Bt.
- Le producteur doit détruire toutes les tiges de maïs sucré-Bt après la récolte. Ceci doit être effectué immédiatement ou peu après la récolte (au maximum un mois).
- Aucun refuge n'est requis dans le cas du maïs sucré-Bt si le GRI est suivi.



## Exigences du GRI pour le maïs Bt-chrysomèle :

- Ensemencer au moins 20 % de la superficie totale en maïs non-Bt comme refuge.
- Le refuge doit être situé dans le champ de maïs Bt-chrysomèle ou lui être adjacent. S'il est situé dans le même champ que le Bt-chrysomèle, il devra avoir au-moins 12 rangs.
- Le refuge peut être traité contre les larves de la chrysomèle par l'application d'insecticides recommandés si les facteurs économiques le justifient. L'utilisation d'insecticides pour lutter contre les adultes est interdite.
- Les cultures de YieldGard-chrysomèle et le refuge doivent appartenir ou être gérées par le même producteur.
- Si le refuge est traité contre d'autres ravageurs en fin de saison, comme la pyrale du maïs, il faut aussi traiter le champ de maïs Bt-chrysomèle.
- Si on choisit l'option des champs adjacents, les champs Bt chrysomèle et ceux du refuge doivent être de maturité semblable et avoir les mêmes antécédents de rotation.
- Ne pas mélanger les semences Bt et non-Bt.

## Exigences du GRI pour le maïs Bt YieldGard Plus :

- Pour les cultures de maïs Bt YieldGard Plus (ayant les protéines Cry pour la lutte contre la pyrale et la chrysomèle) suivez les exigences du plan de gestion de la résistance pour le maïs Bt-chrysomèle (ci-haut). Le refuge doit être adjacent ou à l'intérieur du champ de maïs YieldGard Plus.

*Pour maximiser le rendement et bien gérer la chrysomèle, on doit s'assurer que les champs soient bien propres sans mauvaises herbes (de type graminée) ou sans maïs spontané (volontaire) car la larve pourrait s'y développer. Rendu au deuxième ou troisième stade larvaire, elles pourraient par la suite migrer aux plants YieldGard-chrysomèle et être beaucoup plus difficile à contrôler.*



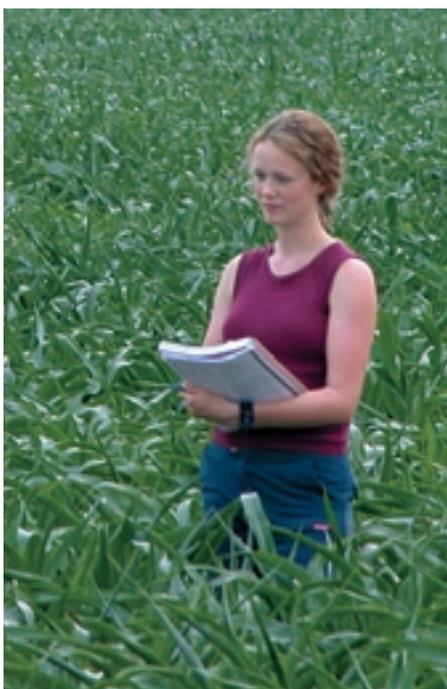
## Le développement de la résistance par la chrysomèle

Il est beaucoup plus difficile de comprendre comment s'effectuera le développement de la résistance au maïs-Bt dans le cas des chrysomèles. On doit tenir compte de plusieurs différences majeures entre les chrysomèles et la pyrale. Dans le cas des chrysomèles, les larves et les adultes sont exposés au Bt et la concentration de la protéine Cry 3Bb1 est peu ou modérément élevée comparativement au niveau très élevé pour le maïs Bt-pyrale. Quoique les hybrides de maïs YieldGard-chrysomèle offrent une bonne protection contre les dommages aux racines causés par les larves, des adultes en émergeront. De plus, comme les adultes s'accouplent dans le même champ d'où ils ont émergé, cela favorise la sélection en limitant le croisement avec des adultes provenant du maïs non-Bt.



En tenant compte de ces différences importantes, les entomologistes recommandent présentement une approche proactive pour la gestion de la résistance. Dans le cas des maïs YieldGard-chrysomèle et YieldGard Plus, on exige que les refuges aient les mêmes caractéristiques que celles recommandées pour le GRI du maïs Bt-pyrale. Le refuge pour les chrysomèles des racines doit être continu ou adjacent au champ de maïs YieldGard-chrysomèle ou YieldGard Plus afin de tenir compte du mouvement limité des adultes durant l'accouplement.

## La surveillance de vos champs Bt



On doit tenir des registres précis de l'emplacement des champs Bt et non-Bt. Ces registres sont importants pour le dépistage des dommages des insectes ciblés ainsi que des maladies dans les champs Bt et non-Bt, de même que pour l'évaluation de la performance des hybrides. Les maïs Bt disponibles ne sont pas nécessairement résistants ou tolérants aux maladies et à certains ravageurs comme les larves de taupins, les vers blancs, la mouche des semis, le carabe du maïs, les altises, les pucerons et les acariens.

Inspectez régulièrement vos champs de maïs Bt. Si vous notez des dommages attribuables aux insectes ciblés

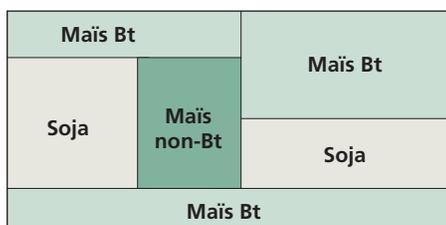
par les hybrides Bt semés, faites une recherche des causes possibles. Vérifiez dans vos registres la localisation précise des hybrides Bt et si cela correspond à l'endroit où vous avez observé les dommages. Demandez à un expert d'identifier l'insecte qui a causé les dommages. Avertissez immédiatement votre représentant de semences si vous soupçonnez un problème. Les compagnies de semences peuvent faire des tests diagnostics pour déterminer si la résistance au Bt s'est effectivement produite. Pour connaître les méthodes de dépistage, consultez le site Web de la Coalition:

[www.cornpest.ca](http://www.cornpest.ca)

## Vos options de refuge

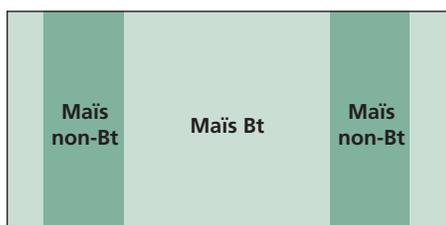
Étant donné que la menace du développement de la résistance est bien réel, les producteurs doivent mettre en place un plan de GRI sur leur ferme qui tiendra compte de la forme de leurs champs. Divers plans de refuge peuvent être adoptés au semis, mais quel que soit le plan choisi, il est important de semer le refuge en même temps que les champs de maïs Bt et que toutes ces semences aient des caractéristiques semblables ( $\pm$  100-150 unités thermiques du maïs), de la résistance aux maladies, de la tolérance aux herbicides, de la tenue ou autres). Le bon choix de vos hybrides vous permettra d'attirer les insectes ciblés autant dans les champs Bt que non-Bt sans vous créer des restrictions, la récolte venue.

### CHAMPS COMPLETS/DISTINCTS



Le semis d'hybrides non-Bt dans des champs distincts s'avère l'option la plus simple et la plus pratique puisqu'elle réduit au minimum la nécessité de vider les semoirs et de changer d'hybrides lors du semis. Toutefois, ces champs distincts doivent représenter au moins 20% de la superficie totale consacrée au maïs et le maïs Bt-pyrale doit être situé à moins de 400 m (un quart de mille) du refuge. Dans le cas du maïs Bt-chrysomèle ou du maïs Bt YieldGard Plus, le refuge doit être adjacent ou à l'intérieur du champ Bt.

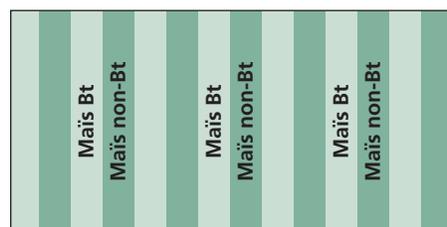
### BLOCS



Souvent, les dimensions et la configuration des champs rendent l'option de refuge distinct impossible et exigeront qu'un bloc ou une partie du champ Bt soitensemencé en refuge non-Bt. Un des problèmes de cette disposition est d'emprisonner

l'hybride non-Bt à l'intérieur de l'hybride Bt, ce qui pourrait rendre inaccessible l'hybride non-Bt au moment de la récolte. Pour cette raison, il faut semer des hybrides de maturité similaire.

### BANDES

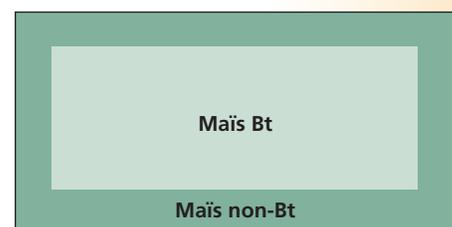


On peut semer en bandes alternatives des hybrides Bt et non-Bt. Cette méthode élimine le besoin de vider les boîtes de semences et de changer d'hybride durant le semis d'un champ. Par contre, cette disposition peut être limitée aux semoirs à trémies individuelles. Il faut aussi que chaque bande de refuge ait un minimum de six rangs ce qui rend cette méthode impossible pour les producteurs ayant un semoir à quatre rangs. Le producteur qui possède un semoir à six rangs pourra ensemencer

*Par exemple, un champ de 1 500 pieds par 1 000 pieds a une superficie totale de 34 acres. Si on place un cintre de 24 rangs (espacés de 30 pouces) cela constituerait un refuge de 6,5 acres (soit ~19%).*

trois rangs de maïs Bt et trois rangs de maïs non-Bt pour obtenir un refuge de 50%. Les producteurs qui ont des semoirs de huit ou de douze rangs peuvent réserver trois trémies (situées à l'une ou l'autre des extrémités du semoir) aux hybrides non-Bt pour obtenir un refuge de 38% (semoir à huit rangs) et 25% (semoir à 12 rangs). Il faut s'assurer que les hybrides choisis pour le refuge soient comparables au maïs Bt (ex.: maturité, résistance à la verse, herbicide, etc.). On ne doit pas semer moins de six rangs non-Bt ou mélanger les semences non-Bt et Bt car les larves pourraient se déplacer et se nourrir à la fois sur le maïs Bt et non-Bt. Le résultat serait l'ingestion d'une quantité insuffisante de toxine ce qui augmenterait le risque de développer la résistance.

### CINTRES / PÉRIMÈTRE



Une autre option de refuge est d'ensemencer le pourtour du champ avec un hybride non-Bt. Un champ qui aurait 24 à 30 rangs de maïs non-Bt tout autour du maïs-Bt répondrait à l'exigence de 20% (pour un champ d'au plus 60 acres).

## Quels sont les impacts sur les ennemis naturels et autres organismes non ciblés?

De nombreuses études ont montré que les protéines Bt étaient hautement sélectives dans la répression des larves des espèces ciblées. Le maïs Bt n'affecte pas les insectes utiles comme les abeilles, les coccinelles, les larves de chrysope, les araignées, les punaises prédatrices, les nabidés, les syrphides ou guêpes parasites. Également, le maïs Bt-chrysomèle n'affecte pas les arthropodes utiles comme les milles-pattes, les diploptides, les nécrophores, les cicindèles, les grillons, les fourmis, les collemboles ou les vers de terre.

Il pourrait cependant se produire une diminution des populations de prédateurs, de parasites et d'autres agents pathogènes naturels à la suite de la réduction des populations de pyrales ou de chrysomèles. La mise en place des refuges dans un GRI contribuerait à atténuer ces effets indirects. Ainsi, le potentiel de réduction des populations d'espèces bénéfiques serait minimisé comparativement à l'emploi d'un insecticide foliaire. Des recherches se poursuivent afin de s'assurer que les espèces bénéfiques et autres insectes non ciblés ne sont pas affectés par la technologie Bt.



Coccinelle adulte



Larve de chrysope

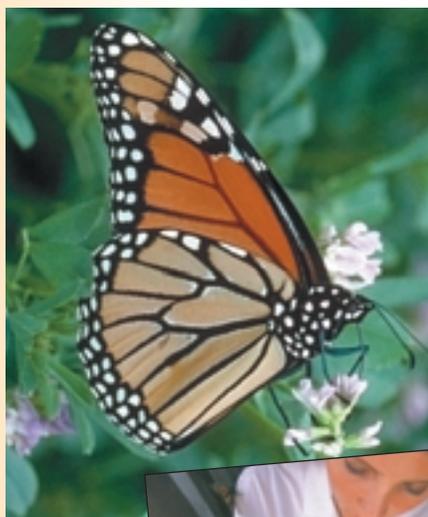


Syrphide adulte

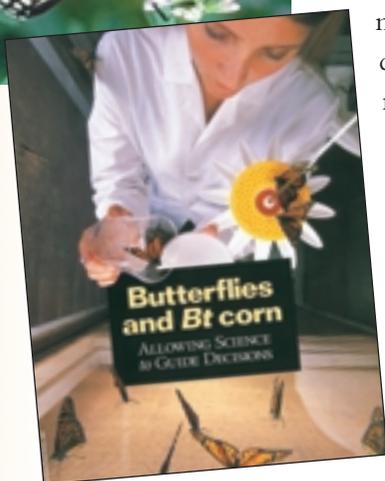


Nabidé adulte

## Qu'en est-il du papillon monarque?



Le monarque est l'un des plus connus et des plus beaux papillons présents dans l'est du Canada. Son cycle vital compte quatre périodes de développement: oeuf, larve, pupa et papillon. Au stade larvaire, il se nourrit exclusivement d'asclépiade. En 1999, une étude américaine a rapporté que le taux de mortalité des larves de monarque augmentait lorsqu'elles étaient alimentées en laboratoire avec des feuilles d'asclépiade saupoudrées de pollen provenant de maïs Bt. Cependant, de nouvelles études réalisées aux États-Unis et en Ontario pour ré-évaluer les risques du pollen du maïs Bt sur les insectes non ciblés (incluant le monarque et d'autres espèces de chenilles) ont obtenu des résultats opposés; c'est-à-dire que les hybrides Bt ne sont pas une menace pour les larves du monarque puisqu'en réalité les larves sont très peu exposées au pollen du maïs Bt.



*Le rapport final sur l'incidence écologique du pollen de maïs Bt sur les populations de monarque en Ontario se trouve sur le site Web suivant:*  
<http://www.inspection.gc.ca/francais/plaveg/bio/bt/btmonf.shtml>

*Pour de plus amples renseignements sur cette recherche consulter le site Web:*  
<http://www.ars.usda.gov/is/br/btcorn>

# Lexique des termes de base de la biotechnologie

## Acide aminé:

Élément de base des protéines.

## Acide désoxyribonucléique (ADN):

Molécule à deux brins, composée d'unités nucléotides en paires, regroupées en gènes et en séquences régulatrices associées. Ces gènes servent de codes pour la construction des protéines à partir des éléments de base que sont les acides aminés.

## Activateur:

Une séquence d'ADN qui détermine l'endroit, le moment et le degré d'expression d'un gène associé.

## Bacillus thuringiensis (Bt):

Un groupe de bactéries naturellement présentes dans les sols à travers le monde et qui produisent une toxine protéique spécifique à certains insectes (ex.: papillons de nuit, coléoptères, mouches noires ou moustiques).

## Biotechnologie:

Technique utilisant directement ou indirectement des manipulations génétiques des organismes vivants, des composantes ou le produit des organismes dans leur forme naturelle ou après avoir été modifié pour produire un organisme transgénique.

## Diversité génétique:

Immense diversité dans les séquences d'ADN que l'on retrouve dans les différents organismes, et qui est elle-même responsable de la grande gamme de plantes et d'animaux dans le monde.

## Événement:

Transformation réussie d'un organisme par l'insertion de matériel génétique (ADN). Les événements diffèrent selon l'ensemble génétique inséré dans l'organisme et l'endroit précis où cet ensemble génétique a été inséré dans l'ADN récepteur.

## Expression:

Production du trait souhaité (ex.: concentration de protéine Cry) dans une plante transgénique. L'expression varie selon le gène, son activateur et son point d'insertion dans l'ADN récepteur.

## Gène:

Élément de base de l'hérédité et de la diversité. Une section d'ADN qui code un produit (ex.: protéine) ou caractère particulier.

## Gène marqueur:

Indicateur ou trait génétique utilisé pour vérifier le succès de la transformation, et pour mesurer indirectement l'expression des gènes insérés. Par exemple, un gène utilisé comme marqueur dans BT11 donne également la tolérance à l'herbicide Liberty.

## Gestion de la résistance:

Un processus proactif visant à limiter ou à retarder le développement de la résistance dans une population de ravageurs en se concentrant sur la conservation des gènes ou d'individus sensibles.

## Hérédité:

Passage de l'information génétique des parents à leur progéniture par la reproduction.

## Lutte intégrée aux ravageurs (LIR):

Une approche intégrant plusieurs méthodes de lutte (ex.: lutte biologique, rotation des cultures, résistance des plantes hôtes, insecticides), afin de contrôler les ravageurs de façon rentable mais respectueuse de l'environnement.

## Marqueur génétique:

Séquence d'ADN qui peut être facilement identifiée et utilisée comme point de référence pour cartographier les autres gènes.

## Mode d'action:

Mécanisme par lequel une toxine tue un insecte. Par exemple, le mode d'action du Bt est l'ingestion par l'insecte de tissu végétal Bt suivi de la rupture des cellules de la paroi du système digestif.

## Modification génétique:

Série de techniques utilisées pour transférer les gènes d'un organisme à un autre, ou pour altérer l'expression des gènes d'un organisme.

## Organisme:

Un microbe, une plante, ou un animal vivant.

## Protéine:

Molécule composée de nombreux acides aminés. Il y a plusieurs types de protéines avec une grande gamme de fonctions.

## Protéines Cry:

Une protéine parmi plusieurs qui est présente dans les spores de *Bacillus thuringiensis*. Activées par des enzymes dans l'intestin moyen des insectes, ces protéines forment un cristal qui se fixe aux cellules de la paroi du système digestif, provoquant la rupture et la paralysie de l'intestin pour finalement tuer l'insecte.

## Refuge:

Une parcelle de maïs conventionnel semée sans le caractère Bt et où les insectes avec le gène (ss) peuvent survivre et produire une population locale sensible.

## Résistance de la plante hôte:

Capacité d'une plante à éviter l'attaque des insectes, à tuer les insectes ravageurs, ou à tolérer leurs dommages.

## Résistance:

Capacité d'un organisme de survivre à une mesure de contrôle.

## Sélection:

Processus naturel ou artificiel par lequel seul les individus les mieux adaptés survivent. La sélection entraîne une évolution génétique si les survivants ont plus de probabilités de posséder ce trait héréditaire particulier.

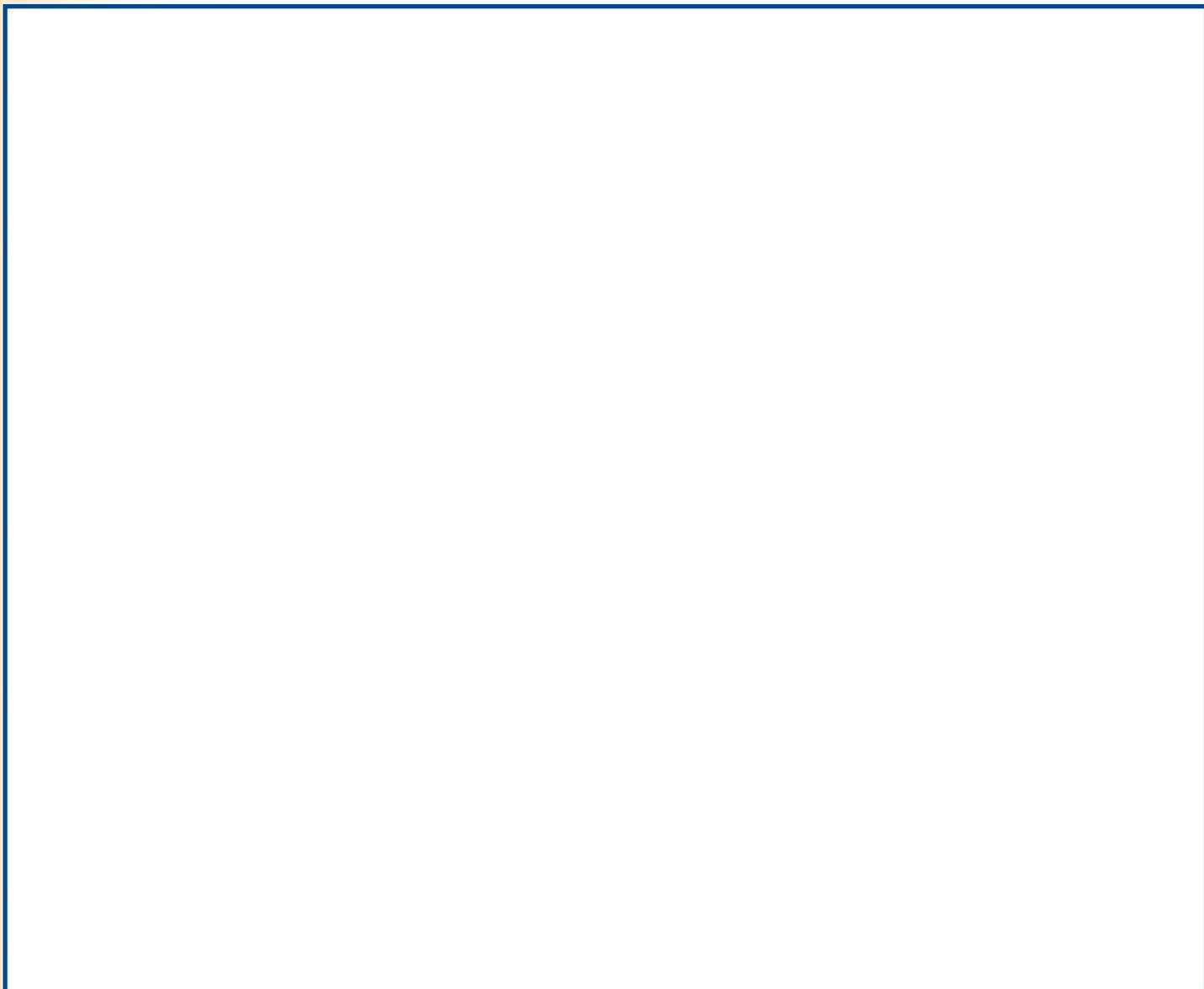
## Stratégie de dose élevée:

Approche visant à minimiser la sélection rapide de la résistance aux plantes transgéniques en utilisant des plantes qui produisent des protéines Cry à concentration suffisante pour tuer tous les insectes, sauf les plus résistants.

## Transgénique:

Une plante qui a un ou plusieurs gènes, recombinants, ou caractères qui ont été insérés par l'entremise de la technologie de recombinaison de l'ADN. Ce terme pourra aussi inclure l'insertion de matériel génétique provenant d'une même ou de différents espèces.

# Plan du champ Bt



## DÉTAILS / COMMENTAIRES

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---





CANADIAN CORN PEST COALITION

LA COALITION CANADIENNE CONTRE LES RAVAGEURS DU MAÏS

[www.cornpest.ca](http://www.cornpest.ca)