

Les OGM sont-ils bénéfiques pour l'environnement?

Rapport 2

Les OGM sont-ils bénéfiques pour l'environnement?

Mai, 2015

Pour plus de détails, consulter :

Réseau canadien d'action sur les biotechnologies (RCAB)

180, rue Metcalfe, bureau 206

Ottawa, Ontario, Canada, K2P 1P5

info@cban.ca | www.rcab.ca



Agir ensemble pour la souveraineté alimentaire et la justice environnementale

Vigilance OGM

contact@infoogm.qc.ca

www.vigilanceogm.org



L'Enquête OGM 2015 est un projet du Réseau canadien d'action sur les biotechnologies (RCAB) en partenariat avec Vigilance OGM. Le RCAB est une coalition regroupant 17 organismes qui fait du travail de recherche, de suivi et de sensibilisation sur des questions liées au génie génétique en matière d'alimentation et d'agriculture. Il englobe des associations d'agriculteurs, des organisations pour la justice sociale et l'environnement, ainsi que des coalitions régionales de groupes de base.

Remerciements

CBAN would like to thank Bob Wildfong, Leslie Munoz, Cathy Holtslander, Ann Slater, Vera Martynkiw, Thibault Rehn.

Conception : jwalkerdesign.ca

Table des matières

Sommaire	2
L'Enquête OGM 2015	3

LES OGM SONT-ILS BÉNÉFIQUES POUR L'ENVIRONNEMENT?

Figure 1: Cultures GM au Canada	5
Encadré : Qu'est-ce que la modification génétique	5

L'UTILISATION DE PESTICIDES RELIÉE AUX CULTURES GÉNÉTIQUEMENT MODIFIÉES

L'utilisation d'herbicides reliée aux cultures tolérantes aux herbicides	6
Figure 2 : % des caractéristiques GM par rapport au total des superficies GM	6
Encadré : Le Glyphosate	7

L'utilisation d'herbicides reliée aux cultures tolérantes aux herbicides au Canada	8
Figure 3 : Vente d'herbicides au Canada 1990-2011	9

L'utilisation d'herbicides reliée aux cultures tolérantes aux herbicides aux États-Unis	10
L'utilisation de herbicides reliée aux cultures tolérantes aux herbicides en Amérique du Sud	10
Encadré : Paraguay : Le lien entre les impacts sur l'environnement, la santé et la société	11

L'ÉMERGENCE DE MAUVAISES HERBES RÉSISTANTES AUX HERBICIDES

Les mauvaises herbes résistantes aux herbicides au Canada	13
Tableau 1 : Espèces de mauvaises herbes résistantes au glyphosate répertoriées au Canada	13
Figure 4 : Augmentation des mauvaises herbes résistantes au glyphosate dans le monde	13
Les mauvaises herbes résistantes aux herbicides aux États-Unis	15
Les mauvaises herbes résistantes à de multiples herbicides	15
Les cultures tolérantes au 2,4-D et au dicamba	16
Encadré : 2,4 D	17

L'UTILISATION D'INSECTICIDES RELIÉE AUX CULTURES RÉSISTANTES AUX INSECTES

L'émergence d'insectes résistants au Bt	19
Figure 5 : Insectes résistants au Bt à travers le monde	20
Retarder l'émergence d'insectes résistants au Canada	20
Les cultures GM : un cercle vicieux des pesticides	21
Tableau 2 : Principales compagnies semencières et de pesticides	22

LES CULTURES GM ET LA BIODIVERSITÉ

Les impacts des cultures tolérantes aux herbicides sur la biodiversité	23
Encadré : Qu'est-ce que l'agriculture biologique?	25
Systèmes tolérants aux herbicides et conservation des sols	26
Les impacts des cultures Bt sur la biodiversité	26

LA CONTAMINATION PAR LES OGM

La contamination par les OGM dans les centres de biodiversité d'importance mondiale	27
La contamination par les OGM au Canada	28
Encadré : La technologie Terminator	28

L'IMPORTANCE DE LA BIODIVERSITÉ AGRICOLE

Encadré : La biodiversité agricole à travers le siècle dernier	30
La biodiversité agricole en contexte de changements climatiques	30

FUTURS OGM, RISQUES FUTURS

Luzerne GM	31
Saumon GM	32
Pommiers GM	32
Arbres GM	33
Tableau 3 : Tests en pleine air d'arbres GM par le gouvernement Canadien à des fins de recherche	34

CONCLUSION

Que faire maintenant?	36
Références citées dans le texte	38

SOMMAIRE

Dans ce deuxième rapport de l'Enquête OGM 2015, nous étudions les impacts environnementaux des cultures génétiquement modifiées (GM) au Canada et ailleurs dans le monde.

Après 20 ans, la plupart des cultures GM au Canada sont dotées d'une tolérance aux herbicides et les autres, d'une résistance aux insectes (les deux dans certains cas). Il y a peu de données au Canada pour nous aider à étudier le lien entre les cultures GM et l'utilisation de pesticides, mais on peut constater que l'utilisation de pesticides a augmenté de façon générale dans les 20 dernières années. La forte expansion des cultures GM tolérant le glyphosate, notamment, a fait grimper l'utilisation d'herbicides à base de glyphosate.

Cette utilisation accrue du glyphosate a entraîné l'apparition de mauvaises herbes résistantes au glyphosate et leur prolifération. En réaction, l'industrie des biotechnologies a génétiquement modifié des cultures pour les doter d'une tolérance à des herbicides plus anciens, le 2,4-D et le dicamba. Ces cultures GM vont accroître la charge d'herbicides dans l'environnement et entraîner l'apparition d'encore plus de mauvaises herbes résistantes aux herbicides.

Les cultures GM résistantes aux insectes (Bt) ont réduit l'utilisation d'insecticides dans certains pays. Le gouvernement canadien ne fait pas le suivi de l'impact des cultures Bt sur l'utilisation d'insecticides au Canada. Certains insectes ont toutefois commencé à développer une résistance aux cultures Bt aux É.-U. et dans d'autres pays, et les agriculteurs recourent à l'application d'autres insecticides pour les contrôler. De plus, les plantes Bt produisent elles-mêmes des toxines insecticides qui se répandent dans l'environnement.

Les cultures GM ont aussi exercé plusieurs impacts sur la biodiversité. Les cultures tolérant les herbicides réduisent la diversité des mauvaises herbes dans les champs et à proximité, ce qui réduit l'habitat

et les sources de nourriture pour d'autres espèces importantes - entre autres, le monarque. Des études ont aussi noté que les cultures Bt ont des impacts négatifs sur des insectes non ciblés, dont certains pollinisateurs, ainsi que sur les organismes présents dans l'eau et le sol. De plus, le flux de gènes des cultures GM menace les cultures non GM ainsi que leurs parentes sauvages et adventices, notamment dans les centres mondiaux d'origine et de diversité. Cette contamination par les OGM menace l'avenir de l'agriculture biologique et de l'agriculture écologique au Canada.

Les risques futurs liés aux cultures et animaux GM modifieront peut-être beaucoup notre réalité, avec l'introduction de nouveaux organismes dotés de nouvelles caractéristiques GM. Ainsi, le Canada vient d'approuver une pomme GM sans brunissement; une luzerne GM tolérante aux herbicides et à faible teneur en lignine pourrait être vendue pour la première fois en 2016. Le ministre de l'Environnement a approuvé la production d'un saumon GM à croissance rapide au Canada, même s'il n'est pas encore approuvé pour la consommation humaine et qu'il n'est donc pas encore sur le marché. Le Canada continue aussi d'autoriser les essais en champ d'arbres forestiers GM. Ces cultures et animaux GM posent tous des risques nouveaux et uniques qu'il est difficile de prédire. Une fois disséminés dans l'environnement, les organismes génétiquement modifiés seront impossibles à contrôler ou à retirer.

Dans l'ensemble, les cultures, les arbres et les animaux GM sont enracinés dans — et perpétuent — un modèle agricole qui exerce bon nombre d'impacts sérieux sur le plan environnemental et qui n'est pas viable à long terme.

L'ENQUÊTE OGM 2015

Il y a vingt ans, le gouvernement du Canada approuvait pour la première fois des cultures génétiquement modifiées. En 1995, des appareils de réglementation fédéraux ont approuvé des variétés de canola GM ainsi que le premier soja GM, les premières tomates GM (retirées du marché par l'entreprise) et les premières pommes de terres GM (aussi retirées du marché par l'entreprise). Ces décisions du gouvernement fédéral ont permis aux cultures génétiquement modifiées d'atteindre nos champs et nos assiettes.

Vingt ans plus tard, il reste encore d'importantes questions sans réponse et on entend des messages contradictoires sur l'impact et les risques des cultures et aliments GM. Malgré l'absence de réponse à des questions majeures, il se peut que le gouvernement canadien approuve bientôt de nouveaux aliments GM, y compris la toute première pomme GM (qui serait le premier fruit GM cultivé au pays) et le premier animal GM destiné à la consommation humaine dans le monde (un saumon GM).

Quels sont les véritables impacts des OGM sur notre environnement, sur nos systèmes alimentaires et agricoles, et sur notre santé? Nous voulons savoir ce que nous cultivons, ce que nous achetons et ce que nous mangeons. Nous voulons savoir à qui profitent vraiment les OGM et qui en paie le prix.

Le gouvernement canadien n'a ni contrôlé ni diffusé de renseignements détaillés susceptibles de répondre à nos questions. Il est temps de réunir les résultats de la recherche effectuée au Canada et partout dans le monde, ainsi que l'expérience des agriculteurs du Canada et d'autres pays, afin de mettre en lumière les impacts de la culture des OGM au cours des deux dernières décennies. Il est temps de décider si nous voulons que les OGM fassent partie de l'avenir de notre alimentation et de notre agriculture.

Voici le deuxième d'une série de rapports produits dans le cadre de l'Enquête OGM 2015. Le premier rapport répond à la question Mais où sont donc les OGM? On le trouve à [enqueteOGM](http://enqueteOGM.ca) ou accompagné d'un résumé.

Les rapports à venir vont répondre aux questions suivantes :

- Les OGM sont-ils bénéfiques pour les consommateurs?
- Les OGM sont-ils bénéfiques pour les agriculteurs?
- Les OGM sont-ils bien réglementés?
- Avons-nous besoin des OGM pour nourrir le monde?



Pour lire le résumé de ce rapport et l'imprimer, consulter enqueteOGM.ca/environnement

LES OGM SONT-ILS BÉNÉFIQUES POUR L'ENVIRONNEMENT?

« Les choix agroalimentaires que nous faisons en tant que société sont d'une importance capitale pour notre environnement. Agriculture et environnement sont en interaction : des pratiques agricoles écologiques assurent la santé de notre milieu naturel et en dépendent directement. Au contraire, la production alimentaire industrielle axée sur l'utilisation de carburants fossiles abuse des intrants (énergie, engrais, pesticides et eau) comme s'ils existaient en quantité illimitée et traite l'environnement comme s'il pouvait indéfiniment absorber les déchets et les polluants. Or nous savons que les piliers du système agroalimentaire mondial sont limités et que leur approvisionnement est de moins en moins assuré.

— Du pain sur la planche. Une politique alimentaire populaire pour le Canada, 2011¹

« Les recherches de Monsanto en vue d'améliorer les cultures et les aliments selon des méthodes biotechnologiques témoignent de son engagement à produire des aliments en abondance et à offrir un environnement sain pour la planète.

— « Abundant food and a healthy environment... » Monsanto, mai 1995

« Il est maintenant possible d'améliorer les cultures en les dotant de nouvelles caractéristiques – résistance aux insectes, au gel et aux maladies – grâce à la modification génétique. Et certaines de ces nouvelles cultures peuvent réduire le besoin de produits chimiques en agriculture.

— « La salubrité des aliments et vous », gouvernement du Canada, bulletin parlementaire (envoyé par la poste à tous les ménages du Canada), 2001

Cela fait 20 ans que les cultures génétiquement modifiées sont une expérimentation à ciel ouvert au Canada. Qu'avons-nous appris des impacts environnementaux des OGM depuis 20 ans? Les cultures GM actuelles sont-elles liées à des risques pour l'environnement et qu'en est-il de l'introduction de nouvelles cultures et de nouveaux animaux GM?

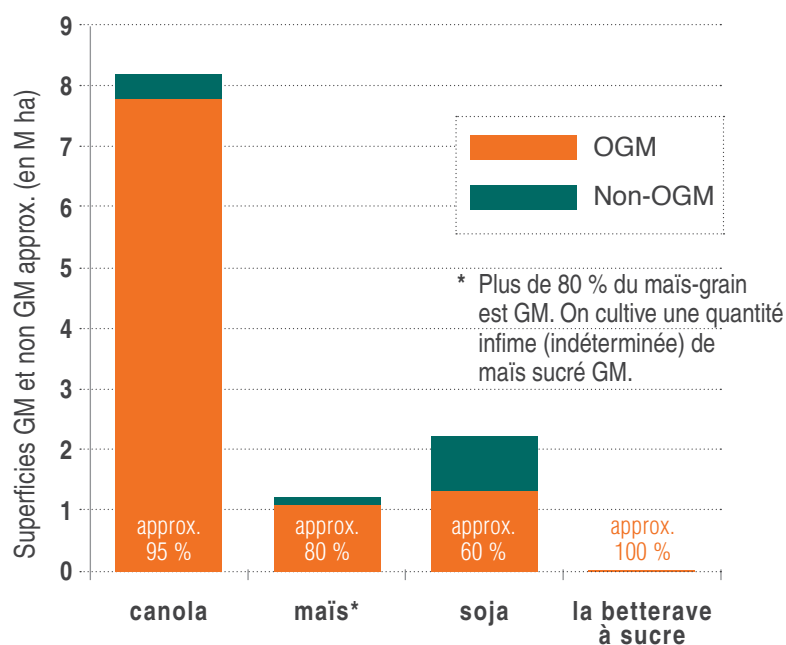
Le Canada compte quatre cultures génétiquement modifiées de manière à tolérer les herbicides, résister aux insectes, ou les deux à la fois : le soja, le maïs, le canola et la betterave à sucre.

Ces cultures sont vivantes; une fois disséminées dans l'environnement, il est impossible de les contrôler ou les supprimer.

Il est urgent de comprendre les impacts et les risques environnementaux découlant de la dissémination d'organismes GM afin d'évaluer le rôle qu'ils doivent jouer dans l'alimentation et l'agriculture de demain. Cette évaluation est particulièrement cruciale au moment où nous nous efforçons d'adapter nos systèmes alimentaires et agricoles aux changements climatiques.

La société Monsanto, numéro un mondial en matière de semences et biotechnologies, se qualifie d'entreprise d'agriculture durable et s'est dotée d'un nouveau slogan : « Produire plus. Préserver plus. Améliorer la vie des agriculteurs ². » Monsanto affirme qu'elle aide à réduire l'utilisation des sols, la perte des sols, l'utilisation des eaux d'irrigation, la consommation d'énergie et l'émission de gaz à effet de serre. Mais cela est-il vrai? Et si ce l'est, à quel point cela est-il dû à l'application des technologies du génie génétique?

Figure 1 : Cultures GM au Canada



Pour plus d'informations : "Mais où sont donc les OGM?"
enqueteOGM.ca/ou

Qu'est-ce que la modification génétique?

La modification génétique (MG) est l'introduction de nouveaux traits dans un organisme, réalisée en modifiant directement sa constitution génétique – son ADN – par une intervention au niveau moléculaire, sans recours aux méthodes de sélection classiques. On utilise aussi pour cela le terme de *génie génétique* ou GG. Grâce au génie génétique, les scientifiques peuvent modifier les caractéristiques d'une plante ou d'un animal en insérant des brins d'ADN, des gènes complets ou de longs segments d'ADN issus de plusieurs organismes différents. On peut aussi prendre les séquences d'une seule espèce ou créer de nouvelles séquences. Les scientifiques peuvent également supprimer ou déplacer des séquences d'ADN dans des organismes ou introduire du matériel génétique pour neutraliser certains gènes.

Contrairement à la sélection ou l'hybridation classiques, le génie génétique est une technologie de laboratoire qui permet de transférer directement des gènes d'un organisme à l'autre – entre espèces ou règnes qui ne se fécondent pas dans la nature – et d'introduire de nouvelles séquences qui n'existent pas dans la nature.

L'UTILISATION DE PESTICIDES RELIÉE AUX CULTURES GÉNÉTIQUEMENT MODIFIÉES

L'UTILISATION D'HERBICIDES RELIÉE AUX CULTURES TOLÉRANTES AUX HERBICIDES

Le terme « pesticides » inclut les herbicides, les insecticides et les fongicides.

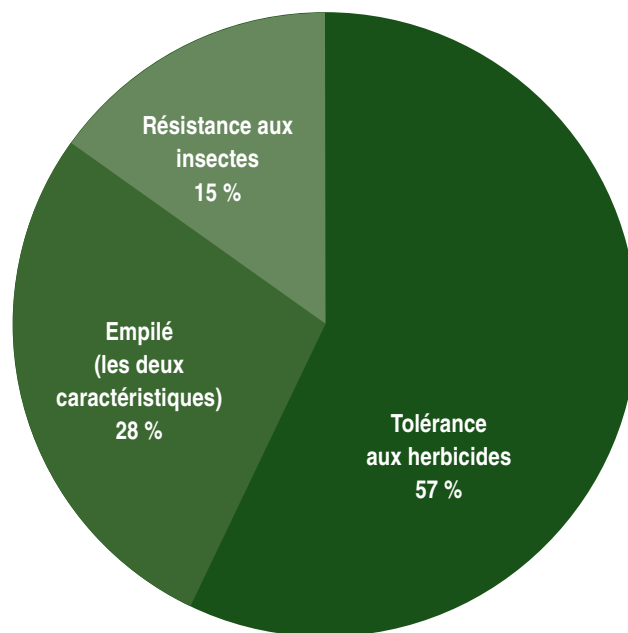
Les cultures tolérantes aux herbicides (TH) sont génétiquement modifiées de manière à tolérer d'un ou de plusieurs herbicides spécifiques. Cela signifie que lorsque les agriculteurs appliquent des herbicides spécifiques sur leurs cultures TH, les mauvaises herbes sont éliminées, mais ces cultures génétiquement modifiées (GM) pour tolérer ces herbicides survivent. Les semences GM sont ainsi employées en association avec des herbicides spécifiques, ce qui favorise conséquemment l'utilisation de ces produits.

Actuellement, plus de 85 % des cultures à travers le monde sont tolérantes aux herbicides³. La plupart des cultures TH sur le marché sont génétiquement modifiées pour tolérer l'application d'herbicides à base de glyphosate tel que le produit de marque Roundup de l'entreprise Monsanto. Lorsque le glyphosate a fait son entrée sur le marché au milieu des années 1970, sa principale utilisation visait l'éradication des mauvaises herbes avant la plantation ou après la récolte du maïs ou du soya; il était alors souvent employé en association avec d'autres herbicides⁴. Cependant, le rapide essor des cultures GM tolérantes au glyphosate et la baisse du prix du glyphosate depuis 1995 ont fait en sorte que cet herbicide est actuellement prédominant en agriculture. Dans plusieurs cas, il s'est même substitué à plusieurs autres produits⁵.

D'autres cultures TH sont génétiquement modifiées pour tolérer le glufosinate d'ammonium (ex. l'herbicide Liberty de Bayer). Par ailleurs, l'usage de variétés de maïs et de soya TH génétiquement modifiées pour tolérer deux herbicides plus anciens, le 2,4-D et le dicamba, a été récemment approuvé au Canada et aux États-Unis.

Les cultures GM tolérantes aux herbicides ont été introduites en 1995, propulsées par la promesse d'engendrer une utilisation plus efficace des herbicides. Cela impliquait de plus faibles taux d'application, un moindre nombre d'applications, de même que la possibilité d'employer des herbicides qui, comme le glyphosate, « sont potentiellement moins nocifs que ceux utilisés pour les cultures dépourvues de gènes de tolérance aux herbicides⁶ ». À cette époque, Monsanto faisait la promesse suivante : « avec les cultures résistantes au glyphosate, les agriculteurs pourront procéder à des applications plus ciblées et ainsi utiliser moins d'herbicides⁷ ». **Cependant, l'usage répandu de cultures GM tolérantes aux herbicides s'est plutôt soldé par une utilisation accrue d'herbicides en Amérique du Nord et dans certains pays d'Amérique du Sud.**

Figure 2 : % des caractéristiques GM par rapport au total des superficies GM



PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES GM :

Tolérance aux herbicides
Résistance aux insectes

CARACTÉRISTIQUES GM MINEURS :

Résistance aux virus
Tolérance à la sécheresse

Le Glyphosate

L glyphosate est actuellement l'herbicide le plus utilisé au monde. Il s'agit d'un herbicide non sélectif ou à large spectre qui tue les plantes en étant absorbé par celles-ci.

Le glyphosate a été conçu par le fabricant de produits chimiques Monsanto (actuellement la plus grosse entreprise de semences au monde), et il a été mis sur le marché en 1974 sous une formulation appelée « Roundup ». Le brevet de Monsanto sur le Roundup a expiré en 2000, mais cette formulation a su conserver sa part de marché en raison de l'utilisation répandue de semences GM tolérantes au glyphosate « Roundup Ready » créées par Monsanto.

Au cours des années 1990, Monsanto a fréquemment fait la promotion du Roundup en indiquant qu'il s'agissait d'un herbicide « respectueux de l'environnement » qui n'était « pas plus toxique pour les humains et les animaux que le sel de table⁸ ». En 1996, le procureur général de l'État de New York a cependant entrepris de poursuivre l'entreprise pour « publicité trompeuse et mensongère ». Une ordonnance a ainsi été émise afin que Monsanto cesse de vendre le Roundup en indiquant qu'il est « biodégradable », et qu'elle retire ses publicités affirmant qu'il est « pratiquement non toxique » et qu'il « reste là où il est appliqué⁹ ».

L'ingrédient actif du Roundup est le glyphosate, mais à l'instar d'autres herbicides, cette formulation contient également d'autres produits chimiques. **En mars 2015, le Centre international de recherche sur le cancer rattaché à l'Organisation mondiale de la santé a établi que le glyphosate constitue un « cancérogène probable chez l'humain¹⁰ ».**

QUELS SONT LES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DES HERBICIDES À BASE DE GLYPHOSATE?

Sur l'étiquette de son produit, Monsanto indique que le Roundup est toxique pour les organismes aquatiques, et avise les utilisateurs d'éviter de l'appliquer directement sur tout plan d'eau¹¹. Le glyphosate est très soluble dans l'eau et peut ainsi se disperser dans les écosystèmes aquatiques. Ses produits de dégradation persistent dans les eaux de surface et demeurent hautement toxiques pour les organismes aquatiques et les amphibiens¹². Le polyoxyéthylène amine, un surfactant employé dans certaines formulations d'herbicides à base de glyphosate, est très toxique pour les amphibiens, les mollusques et les crustacés. Cette substance interfère notamment avec le développement des têtards, retardant leur croissance et causant des anomalies qui touchent leurs organes sexuels et leur queue¹³. Une étude effectuée en 2010 rapporte des cas de malformation chez des embryons de grenouille et de poulet à des concentrations de glyphosate moindres que celles employées en agriculture¹⁴. En 2012, le commissaire à l'environnement de l'Ontario a exprimé de « nouvelles préoccupations » quant aux impacts du glyphosate sur les écosystèmes aquatiques et les amphibiens¹⁵. Enfin, en 2013, une étude est parvenue à la conclusion que la toxicité de cet herbicide avait été sous-estimée¹⁶.

En 2008, 2009 et 2010, le gouvernement du Québec a échantillonné quatre rivières, révélant ainsi la présence de plusieurs herbicides qui, en combinaison avec d'autres facteurs, ont contribué à réduire leur biodiversité¹⁷. En 2001, 65 % des échantillons d'eau de surface prélevés en Alberta contenaient des pesticides; plus de 75 % de ces derniers recélaient deux pesticides ou plus, et environ 200 d'entre eux contenaient plus de six pesticides¹⁸.

Le glyphosate réduit également la biodiversité des microorganismes qui vivent dans la zone du sol occupée par les racines¹⁹. Le glyphosate peut être dégradé par certains microorganismes, et sa durée de vie dans les sols dépend du type de sol en jeu de même que des espèces de microorganismes présents et de leur abondance. Les racines de plantes ayant été traitées relâchent du glyphosate dans les sols. Le glyphosate a également tendance à se fixer à certains minéraux retrouvés dans les sols tels que le magnésium, le fer et le potassium, l'empêchant ainsi d'être absorbé par les plantes auxquelles il est destiné.

Certaines parties de ce texte s'inspirent de la feuille d'information sur le glyphosate préparée par la National Farmers Union en avril 2015 ²⁰.

L'UTILISATION D'HERBICIDES RELIÉE AUX CULTURES TOLÉRANTES AUX HERBICIDES AU CANADA

Presque toutes les cultures GM actuellement employées au Canada (maïs, soya, canola et betterave à sucre) sont tolérantes aux herbicides. Celles-ci comprennent les cultures qui sont tolérantes aux herbicides (parfois à plusieurs), de même que celles qui sont à la fois tolérantes aux herbicides et résistantes aux insectes. Le gouvernement canadien n'effectue aucun suivi qui permettrait de connaître la superficie des cultures GM au Canada, leur localisation ou encore les caractères GM particuliers qui y sont employés. *Afin d'obtenir des détails sur les types de cultures GM retrouvées au Canada et leurs superficies, consultez le rapport intitulé Mais où sont donc les OGM?*

Le Canada n'a jamais effectué de suivi sur l'utilisation des pesticides²¹. Cette absence d'information a d'ailleurs été dénoncée par le commissaire à l'environnement et au développement durable en 1999. Ce dernier a indiqué au gouvernement qu'« en l'absence de telles données, le Canada n'est pas en mesure de déterminer avec précision les quantités de pesticides employées et relâchées dans l'environnement. Cette information est nécessaire afin d'évaluer les risques pour la santé, la sécurité et l'environnement²² ». Environnement Canada avait précédemment émis un avis similaire dans un rapport publié en 1996 en indiquant que « l'absence de données plus détaillées quant à la production, à l'utilisation, aux émissions et aux effets des pesticides constitue une entrave majeure à une surveillance adéquate de ces substances²³. »

En 2006, le gouvernement fédéral a exigé des entreprises qu'elles déclarent leurs ventes de pesticides²⁴. Depuis lors, Santé Canada a publié des rapports annuels sur les ventes de pesticides pour la période comprise entre 2008 et 2011 (les rapports de 2012, 2013 et 2014 ne sont pas encore publiés). Il demeure toutefois difficile d'évaluer l'impact des cultures GM sur l'utilisation de pesticides au Canada, car le portrait qu'offrent les données disponibles ne couvre pas l'ensemble de la période de vingt ans depuis laquelle les cultures GM sont employées ni la période précédant leur introduction.

Malgré ce manque de données, les rapports émanant de Santé Canada et les informations en provenance d'autres sources montrent qu'**en général, l'utilisation des pesticides a significativement augmenté au cours des vingt dernières années.**

L'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture rapporte que 21,9 908 millions de kilogrammes d'herbicides ont été vendues au Canada en 1994²⁵. Selon les données tirées des rapports annuels de Santé Canada, cette quantité a augmenté de 130 % en 2011, passant ainsi à 50,3 millions de kilogrammes²⁶.

De façon similaire, l'association industrielle CropLife Canada rapporte que les ventes de pesticides ont augmenté de 73 % entre 2001 et 2013, passant de 1,27 milliard à 2,2 milliards de dollars^{27,28}.

Le glyphosate est l'ingrédient pesticide le plus vendu au Canada; viennent ensuite le 2,4-D et le glufosinate d'ammonium^a. Entre 2005 et 2011, l'utilisation du glyphosate au Canada a triplé, passant de 30,2 à 89,7 millions de litres dans l'ouest du pays, et de 3,8 à 12,3 millions de litres dans l'est du pays²⁹.

L'augmentation de l'utilisation de pesticides au Canada ne découle pas uniquement de l'expansion de la superficie des terres agricoles. En effet, entre 1995 et 2011, la superficie des terres mises en culture au Canada a très peu augmenté, passant de 34,9 millions à 35,3 millions d'hectares^{30,b}. En fait, l'augmentation des ventes de pesticides au Canada s'explique davantage par l'augmentation de leur « intensité d'utilisation », soit la quantité de pesticide appliquée par unité de surface.

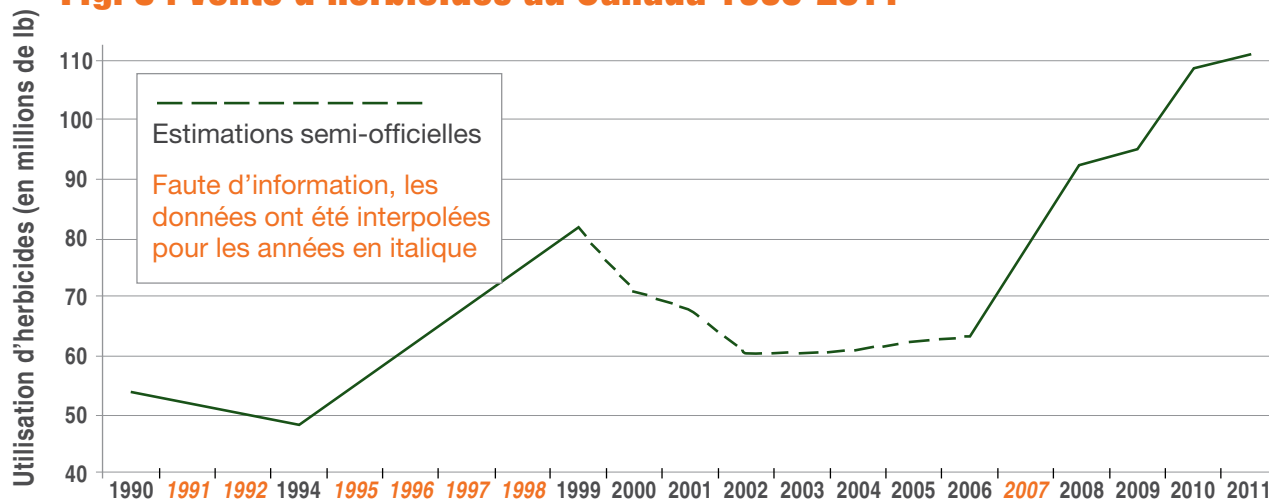
Ce ne sont pas toutes les provinces canadiennes qui consignent les ventes ou de l'utilisation de pesticides. L'Alberta et le Québec procèdent à un suivi des ventes de pesticides, et l'Ontario dresse un bilan des pesticides employés en agriculture.

Rédigé à partir de données obtenues en 2008, le rapport le plus récent émanant du gouvernement de l'Alberta révèle une augmentation notable de l'utilisation de glyphosate, de 2,4-D (troisième substance la plus employée) et de glufosinate d'ammonium (sixième substance la plus employée) dans cette province³¹. En 1998, le gouvernement albertain a conclu que « L'utilisation répandue du glyphosate est attribuable à l'essor des variétés de canola tolérantes aux herbicides de même qu'à

a Les rapports de Santé Canada publiés au cours des dernières années ne précisent pas quelle quantité de chaque produit a été vendue annuellement. Ces rapports classent et distinguent toutefois les divers ingrédients actifs en différents groupes établis selon les quantités vendues. Ainsi, le 2,4-D et le glufosinate d'ammonium se retrouvent parmi le groupe dont les ventes excèdent 1 000 000 kilogrammes, alors que le glyphosate est le seul ingrédient actif retrouvé dans le groupe dont les ventes excèdent 25 000 000 kilogrammes.

b Les terres en jachère ont diminué, et la superficie totale des exploitations agricoles au Canada a aussi diminué.

Fig. 3 : Vente d'herbicides au Canada 1990-2011



Les données de 1990-2006 proviennent de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, et celles de 2008-2011, de Santé Canada

l'autorisation de l'employer de la période précédant les semis jusqu'à celle suivant la récolte³². » Les ventes de glyphosate en Alberta ont augmenté de 27 % entre 1998 et 2003, puis de 84 % entre 2003 et 2008³³. Pour sa part, l'utilisation du glufosinate a augmenté de 270 % entre 2003 et 2008. Dans l'ensemble, l'intensité d'utilisation des pesticides s'est stabilisée à environ 0,8 kilogramme/hectare entre 1998 et 2003, mais celle-ci a augmenté de 28 % en 2008 pour passer à 1 kilogramme/hectare. Cette augmentation était principalement due à une hausse des ventes de glyphosate³⁴.

Au Québec, les ventes de pesticides pour l'agriculture ont augmenté de 15 % de 1995 (2,9 millions de kilogrammes)³⁵ à 2011 (3,3 millions de kilogrammes)³⁶. Entre 2008 et 2010, le gouvernement du Québec a par ailleurs analysé l'eau de quatre rivières traversant des régions où le maïs et le soya sont cultivés. Les herbicides les plus souvent détectés dans l'eau des quatre rivières échantillonnées sont, dans l'ordre, le S-métolachlore, détecté en moyenne dans 99 % des échantillons; l'atrazine, dans 97 %; le glyphosate, dans 86 %; l'imazéthapyr, dans 79 %; le bentazone, dans 75 %; et le dicamba, dans 61 % des échantillons³⁷. Un autre rapport publié en 2010 indique que la quantité de glyphosate et la fréquence de détection de cet herbicide étaient plus élevées qu'au cours de périodes antérieures ayant fait l'objet d'études (2005-2007 et 2008-2010). Vingt autres herbicides incluant le 2,4-D ont également été détectés, quoiqu'à des fréquences moindres. « L'analyse statistique montre une tendance à la baisse des concentrations médianes

d'atrazine, de S-métolachlore et de dicamba, mais une tendance à la hausse des concentrations pour le glyphosate et l'imazéthapyr. La présence et les concentrations de glyphosate continuent donc d'augmenter, et ce phénomène est lié à l'accroissement des cultures génétiquement modifiées tolérantes au glyphosate. L'augmentation de l'imazéthapyr est quant à elle liée à l'expansion des superficies de soya³⁸. »

Un bilan effectué en 2008 en Ontario indique qu'en comparaison de 2003, l'utilisation des pesticides agricoles dans cette province a augmenté d'environ 15 %, alors que l'utilisation du glyphosate a augmenté de 76 %³⁹. L'utilisation accrue de glyphosate a été en partie imputée à une utilisation plus importante des cultures tolérantes au glyphosate. Entre 1993 (soit juste avant l'introduction des cultures GM) et 2008, la quantité de glyphosate employée dans les champs de maïs a été multipliée par trente, passant de 17 210 à 527 952 kg, et par sept dans les champs de soya, passant de 164 784 à 1,2 million de kg⁴⁰. En 2008, le glyphosate représentait environ 55 % de tous les ingrédients actifs appliqués sur les cultures ontariennes⁴¹. Les cultures de soya, de maïs et de blé couvrent 64 % des terres agricoles de cette province et comptent pour 95 % de l'utilisation de glyphosate⁴².

En 2012, le commissaire à l'environnement de l'Ontario a fait part de ses préoccupations quant à la viabilité à long terme de l'utilisation concomitante de cultures GM et d'herbicides à base de glyphosate, reconnaissant que l'adoption de cultures GM s'est soldée par « une forte augmentation des applications de glyphosate sur les terres agricoles⁴³ ».

L'UTILISATION D'HERBICIDES RELIÉE AUX CULTURES TOLÉRANTES AUX HERBICIDES AUX ÉTATS-UNIS

Bien qu'il n'existe pas de données au Canada sur l'utilisation de pesticides au cours des vingt dernières années marquées par la présence de cultures GM, d'autres données en provenance des États-Unis et de certains pays d'Amérique du Sud montrent que l'utilisation d'herbicides a crû de manière constante au fur et à mesure que la superficie des cultures GM tolérantes aux herbicides a augmenté.

L'étude bien connue de Charles Benbrook sur les données du ministère de l'Agriculture des É.-U. évalue les changements dans l'utilisation globale de pesticides sur les superficies agricoles de cultures GM sur une période de 16 ans, de 1996 à 2011⁴⁴. Son analyse a révélé une baisse de l'application de pesticides entre 1996 et 2001 aux États-Unis, soit à la suite de l'introduction des cultures GM. Cette tendance n'a toutefois pas duré. À partir de 2002, l'utilisation totale de pesticides a augmenté aux États-Unis. En 2011, l'utilisation totale de pesticides par unité de surface était 24 % plus importante dans les cultures GM que dans celles qui ne l'étaient pas⁴⁵.

Benbrook a notamment découvert que les cultures GM tolérantes aux herbicides favorisent une utilisation accrue d'herbicides de synthèse tel que le Roundup de Monsanto. Dans l'ensemble, l'utilisation d'herbicides aux États-Unis a augmenté de 239 043 tonnes métriques (soit 527 millions de livres) au cours des seize dernières années⁴⁶. Le soja tolérant aux herbicides compte pour 70 % de l'augmentation totale. Les quantités d'herbicides employées avec le maïs TH ont augmenté de 20 % entre 2002 et 2014⁴⁷. L'USDA fait la même observation : « Depuis 1996, l'adoption de variétés de maïs, de coton et de soja tolérantes aux herbicides a engendré une augmentation de l'utilisation de glyphosate en remplacement d'autres herbicides. Couplée à une augmentation de la superficie des cultures de maïs, cette utilisation accrue de glyphosate a fait augmenter la quantité totale de pesticides employés depuis 2002⁴⁸. »

Benbrook considère que deux facteurs sont à l'origine de cette utilisation accrue d'herbicides. Premièrement, les agriculteurs ont réduit les quantités des autres herbicides nécessitant de faibles doses qu'ils utilisaient dans leurs champs pour les remplacer par du glyphosate, qui nécessite l'application fréquente de fortes doses⁴⁹. Deuxièmement, la prolifération de mauvaises herbes résistantes aux herbicides a fait augmenter l'utilisation de ces substances (voir p. 13).

L'UTILISATION DE HERBICIDES RELIÉE AUX CULTURES TOLÉRANTES AUX HERBICIDES EN AMÉRIQUE DU SUD

La même tendance à la hausse en matière d'utilisation d'herbicides s'observe en Amérique du Sud, où la grande majorité des cultures de soja sont des variétés GM tolérantes aux herbicides. En 2010, 85 % des cultures de soja au Brésil, en Argentine et en Bolivie étaient génétiquement modifiées⁵⁰. En 2014, 100 % des cultures de soja en Uruguay, 95 % de celles au Paraguay et 83 % de celles en Bolivie étaient des variétés TH⁵¹. L'utilisation d'herbicides, de glyphosate en particulier, a grandement augmenté alors que la superficie des cultures de soja GM a pris de l'expansion dans ces pays.

En Argentine, l'utilisation de glyphosate a augmenté, passant de 20-26 millions de litres par année en 1996-1999 à plus de 101 millions de litres en 2000⁵². En 2013, environ 200 millions de litres ont été utilisés dans ce pays⁵³. La totalité de ce volume de glyphosate a été appliquée sur des champs de soja GM. En 2014, le soja tolérant au glyphosate représentait 100 % de toutes les cultures de soja⁵⁴.

Au Brésil, le volume total de pesticides vendus a augmenté de 360 % entre 2000 et 2009⁵⁵. L'utilisation d'herbicides a augmenté de 43 % entre 2006 et 2012 alors que la superficie des cultures GM a plus que triplé, passant de 9,4 millions à 32 millions d'hectares⁵⁶. La consommation moyenne de pesticides est passée d'environ 7 kg/ha en 2005 à 10,1 kg/ha en 2011⁵⁷. Les champs de soja sont ceux qui consomment le plus de pesticides, et en 2010, 44 % de tous les pesticides employés au Brésil ont été appliqués sur des champs de soja. Toujours en 2010, 75 % des champs de soja ont été ensemencés avec la variété Roundup Ready (tolérante au glyphosate) de Monsanto. Aujourd'hui, environ 93 % des champs de soja brésiliens sont des variétés GM⁵⁸. En 2012, le Brésil est d'ailleurs devenu le plus important acheteur de pesticides au monde, supplantant ainsi les États-Unis⁵⁹.

Une tendance similaire s'observe en Uruguay. Alors que la superficie occupée par le soja tolérant aux herbicides a constamment augmenté entre 1999 et 2010, une hausse de l'utilisation de glyphosate a également été enregistrée, les quantités étant passées de 1 220 tonnes métriques en 1998 à 12 290 tonnes métriques en 2010⁶⁰. En Bolivie, l'utilisation du glyphosate a également augmenté, passant de 3,18 millions de litres en 2004 à 11,19 millions de litres en 2008⁶¹.

Paraguay : Le lien entre les impacts sur l'environnement, la santé et la société

Les impacts environnementaux des cultures GM sont étroitement liés aux impacts sur l'économie, la santé et la société, et ils peuvent aggraver les problèmes existants. Au Paraguay, la production intensive de soja GM tolérant aux herbicides a eu plusieurs impacts : perte accrue de la biodiversité, maladies et décès imputables à un empoisonnement par les pesticides, expulsions violentes^{62,63} et troubles politiques^{64,65}.

80 % des superficies agricoles du Paraguay sont consacrées à la production de soja – la proportion la plus élevée de toute l'Amérique du Sud⁶⁶. En 20 ans, les superficies consacrées au soja ont triplé, avec une augmentation moyenne de 6 % par année⁶⁷. 95 % de ces cultures sont constituées de soja GM Roundup Ready de Monsanto tolérant au glyphosate⁶⁸. Le Paraguay est maintenant le sixième producteur mondial de soja, le troisième exportateur mondial de soja et le huitième producteur mondial de bœuf⁶⁹. Selon le gouvernement des É.-U., « La production de soja a transformé l'agriculture paraguayenne⁷⁰ ».

La forêt pluviale subtropicale du Paraguay a été presque totalement convertie en terres agricoles et en pâturages pour le bétail⁷¹. L'expansion de la culture du soja poursuit la tendance à la déforestation et la conversion massives des terres, au point que les fermes de soja sont souvent qualifiées de « déserts verts⁷² ».

On utilise chaque année près de 27 millions de litres de pesticides dans la production du soja au Paraguay⁷³. L'empoisonnement par les pesticides cause directement des problèmes de santé dans les collectivités de petits agriculteurs qui vivent à proximité des grandes exploitations de soja^{74,75}. En 2005, deux producteurs de soja ont été condamnés pour homicide involontaire après le décès lié aux pesticides de Silvino Talavera, onze ans⁷⁶.

Le Paraguay se classe au deuxième rang des économies ayant la croissance la plus rapide au monde, mais près de la moitié de la population vit dans la pauvreté⁷⁸. C'est au Paraguay que la répartition des terres est la plus inéquitable au monde, alors que 2,6 % de la population possède 85,5 % des terres. L'expansion du soja GM – en grande partie dans d'immenses exploitations dont certaines appartiennent à des colons du Brésil – est l'une des principales causes des conflits fonciers au Paraguay, privant les petits agriculteurs de leurs terres et de leurs moyens de subsistance. Les collectivités rurales et autochtones sont souvent menacées d'expulsion violente pour faire place à la culture du soja⁷⁹.

« La violation constante des droits de la personne au Paraguay va de pair avec l'essor de la monoculture du soja. Les géants de l'agroalimentaire profitent sciemment de la corruption généralisée au Paraguay, où l'on ne respecte pas la réglementation en matière d'environnement ou de droits de la personne, » dénonce Javiera Rulli, conférencière dans le cadre d'une série d'activités publiques sur le thème *Cultures, voitures et crise climatique* tenue en 2008 par le RCAB et d'autres membres du groupe de travail sur les politiques canadiennes en matière de sciences et technologies.

L'ÉMERGENCE DE MAUVAISES HERBES RÉSISTANTES AUX HERBICIDES

L'une des conséquences découlant de l'utilisation accrue d'herbicides spécifiques dans les cultures GM tolérantes à ces substances est l'émergence et la dissémination de mauvaises herbes résistantes aux herbicides (RH), également appelées « super mauvaises herbes ». L'utilisation répétée de certains herbicides impose une pression de sélection sur les mauvaises herbes. Cela signifie que les mauvaises herbes les plus robustes sont capables de survivre à l'application d'herbicides; elles peuvent donc se reproduire et ainsi transmettre ce caractère aux générations futures, propageant ainsi le phénomène de résistance. Les mauvaises herbes RH peuvent d'abord s'implanter dans quelques champs, mais le caractère de résistance peut quant à lui être propagé par le pollen et les semences⁸⁰. Selon Kevin Bradley, un malherbologiste à l'Université du Missouri, « Nous ne pouvons pas faire grand-chose contre le pollen qui flotte dans l'air, et c'est la raison pour laquelle nous assistons à une dissémination si rapide du phénomène de résistance⁸¹. »

L'émergence de mauvaises herbes résistantes aux herbicides précède l'apparition des cultures GM. Les premiers cas de mauvaises herbes présentant une résistance aux herbicides sont apparus dans les années 1950⁸² avec l'introduction et l'adoption répandues des pratiques agricoles industrielles et des herbicides synthétiques. L'augmentation de l'utilisation d'herbicides s'est d'ailleurs accompagnée d'une augmentation et d'une diversification des mauvaises herbes résistantes aux herbicides. **Les cultures GM ont accéléré et aggravé ce phénomène, car l'introduction de cultures tolérantes aux herbicides, particulièrement celles appelées « Roundup Ready » qui tolèrent le glyphosate, s'est soldée par la pulvérisation répétée du même herbicide sur de vastes superficies de terres agricoles.**

Les mauvaises herbes résistantes au glyphosate (RG) sont apparues parmi les cultures GM tolérantes au glyphosate à peine quatre jours après l'introduction de ces dernières⁸³. Les mauvaises herbes résistantes au glyphosate et celles qui résistent à d'autres herbicides sont répertoriées par l'International Survey of Herbicide Resistant Weeds, une base de données gérée par la Weed Science Society of America. La plupart des cas répertoriés de mauvaises herbes résistantes au glyphosate au début des années 2000 ont été observés dans des cultures GM tolérantes au

glyphosate⁸⁴. Au cours des vingt dernières années, trente-deux espèces de mauvaises herbes à travers le monde ont développé une résistance au glyphosate. La plupart de celles-ci sont retrouvées dans un petit nombre de pays : quatorze aux États-Unis, dix en Australie, sept en Argentine, cinq au Canada et six au Brésil⁸⁵.

Toujours au cours des vingt dernières années, les malherbologistes et les environnementalistes ont à plusieurs reprises averti que les cultures tolérantes aux herbicides (TH) engendreraient l'apparition et la dissémination de mauvaises herbes RH, notamment celles résistantes au glyphosate. En 1991, Jane Rissler de l'Union of Concerned Scientists aux États-Unis était déjà parvenue à la conclusion suivante : « Les cultures tolérantes aux herbicides prolongent le règne des pesticides chimiques, en plus de perpétuer leurs conséquences sur la santé humaine et l'environnement⁸⁶. » En 1996, alors que les premières cultures GM tolérantes aux herbicides étaient implantées au Canada et aux États-Unis, Margaret Mellon, membre de la même organisation, avait fait cette prévision : « Tôt ou tard, les mauvaises herbes développeront une résistance au Roundup, et il sera alors nécessaire d'augmenter le nombre d'applications d'herbicides⁸⁷. » Entre 2000 et 2001, des groupes environnementaux et des scientifiques canadiens ont averti que ce phénomène se produirait^{88,89}. Plus récemment, le malherbologiste rattaché au gouvernement de l'Ontario Mike Cowbrough expliquait ceci : « Ce que nous observons avec le glyphosate est la même chose qu'avec chaque herbicide vendu sur le marché; il a été abondamment employé parce qu'il était efficace, mais mère Nature trouve le moyen de déjouer le système⁹⁰. »

À l'origine (soit en 1997), les scientifiques de Monsanto affirmaient toutefois qu'« il est raisonnable de s'attendre à ce que la probabilité de voir progresser les mauvaises herbes résistantes au glyphosate n'augmente pas de manière importante au cours de cette période étant donné les modalités actuelles d'utilisation⁹¹ » puisque ce phénomène n'avait jamais été observé au cours des vingt années d'utilisation du glyphosate qui ont précédé l'introduction des cultures GM. Dix ans plus tard, Monsanto affirmait toujours que l'utilisation de l'herbicide Roundup et de cultures GM Roundup Ready dans l'est du Canada « a peu de chances d'entraîner l'apparition de mauvaises herbes résistantes au glyphosate si les recommandations usuelles en matière de rotation des cultures pour l'est du Canada sont respectées et que celles en matière de

gestion agronomique sont appliquées. Après plus de trente ans d'utilisation, aucun cas d'espèce de mauvaise herbe résistante au glyphosate n'a été confirmé au Canada⁹² ». En 2008, les premières mauvaises herbes résistantes au glyphosate ont commencé à apparaître

au Canada, et en 2010, Monsanto a commencé à accorder des rabais aux agriculteurs forcés d'employer d'autres herbicides que le Roundup afin de contrôler les mauvaises herbes résistantes au glyphosate^{93,94}.

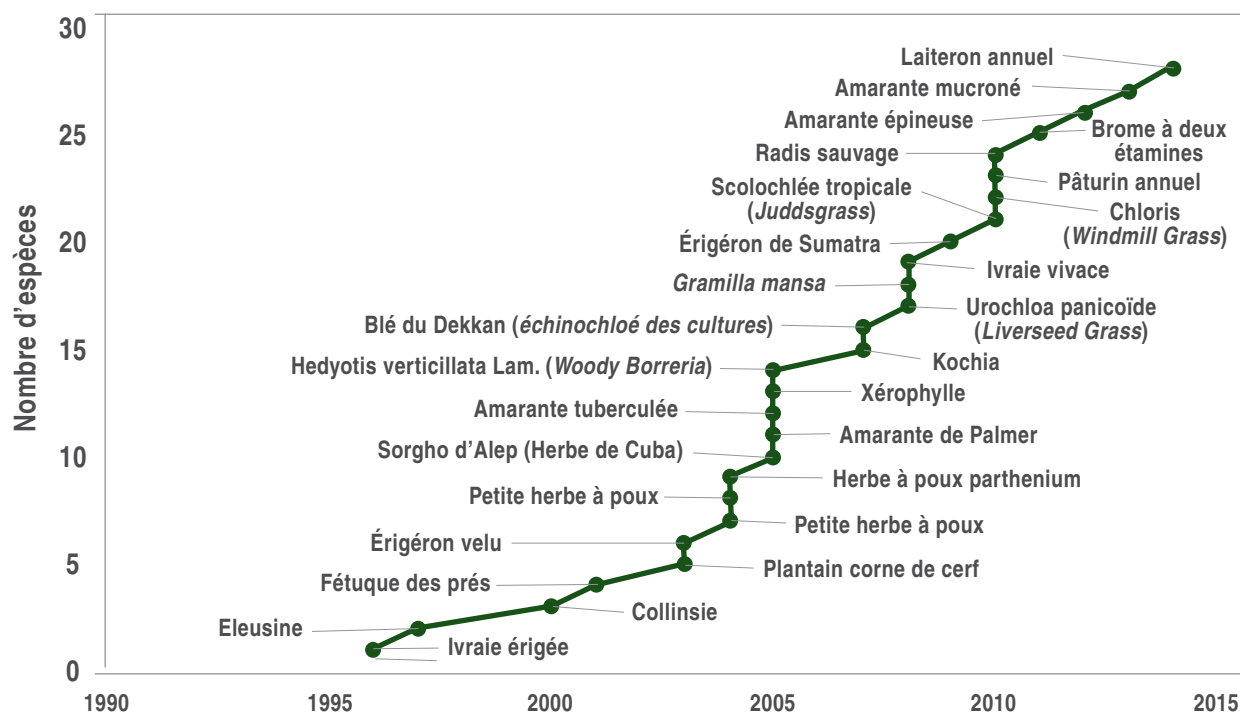
LES MAUVAISES HERBES RÉSISTANTES AUX HERBICIDES AU CANADA

Cinq espèces de mauvaises herbes résistantes aux herbicides sont actuellement répertoriées au Canada. Un sondage en ligne mené en 2013 a permis d'estimer que les mauvaises herbes résistantes au glyphosate poussaient sur plus d'un million d'acres de terres agricoles canadiennes.⁹⁵

Tableau 1 : Espèces de mauvaises herbes résistantes au glyphosate répertoriées au Canada⁹⁶

NOM COMMUN	NOM LATIN	PROVINCE	DATE DE DÉTECTION
Grande herbe à poux	<i>Ambrosia trifida</i>	Ontario	2008
Érigéron du Canada	<i>Conyza canadensis</i>	Ontario	2010
Petite herbe à poux	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	Ontario	2012
Kochia à balais	<i>Kochia scoparia</i>	Alberta, Manitoba, Saskatchewan	2012
Amarante rugueuse	<i>Amaranthus tuberculatus</i>	Ontario	2014

Fig. 4 : Augmentation des mauvaises herbes résistant au glyphosate dans le monde



La résistance au glyphosate a été observée en Ontario chez la petite comme la grande herbe à poux, deux mauvaises herbes souvent retrouvées aux abords des champs de soya.

Au Canada, l'érigéron du Canada (également appelé vergerette du Canada ou encore vergerolle du Canada) est la plus répandue des espèces de mauvaises herbes résistantes au glyphosate. Elle est elle aussi souvent retrouvée à proximité des champs de soya tolérant au glyphosate. L'érigéron du Canada se répand rapidement, en partie parce qu'il produit un très grand nombre de semences – jusqu'à un million par individu – pouvant être dispersées sur de grandes distances⁹⁷. C'est en 2010 que la résistance au glyphosate a été constatée pour la première fois chez cette mauvaise herbe, et seulement quatre ans plus tard, elle s'était déjà disséminée sur 800 km⁹⁸. Selon le sondage en ligne mené en 2013 mentionné ci-dessus, les agriculteurs ontariens ont estimé que 72 800 hectares de leurs terres étaient envahis par des plants d'érigéron du Canada résistants au glyphosate⁹⁹.

La présence de kochia à balais résistant aux herbicides a été rapportée au Manitoba, en Alberta et en Saskatchewan, et les scientifiques prévoient que cette mauvaise herbe nuira éventuellement au rendement des cultures¹⁰⁰. Le kochia à balais peut atteindre une hauteur de six à huit pieds et sa forme résistante au glyphosate est capable de détruire une culture¹⁰¹.

L'amarante rugueuse résistante au glyphosate est la plus récente mauvaise herbe dotée de cette caractéristique à avoir été observée au Canada. Il a en outre été découvert qu'elle pouvait survivre à un taux d'application de glyphosate six fois supérieur à celui normalement employé¹⁰².

En comparaison des autres cultures, un moindre nombre de mauvaises herbes résistantes au glyphosate est apparu dans les champs de canola GM. Cela est principalement dû au fait que le canola tolérant au glyphosate est cultivé en rotation avec d'autres cultures qui ne sont pas tolérantes au glyphosate (plus que dans le cas du soya et du maïs tolérants au glyphosate qui sont souvent cultivés ensemble en rotation). De plus, contrairement aux autres cultures GM au Canada où domine le caractère de tolérance au glyphosate (maïs, canola, betterave à sucre blanche), deux caractères de tolérance aux herbicides (glyphosate et glufosinate) sont couramment employés presque autant l'un que l'autre chez le canola¹⁰³.

Bien que le Midwest des États-Unis constitue la région où les mauvaises herbes résistantes au glyphosate sont les plus répandues, les malherbologistes aux États-Unis préviennent qu'elles progressent vers le nord. Ils encouragent ainsi les agriculteurs canadiens

à surveiller attentivement leurs champs et à arracher manuellement les mauvaises herbes résistantes qu'ils rencontrent afin de les contrôler avant qu'elles ne se propagent davantage¹⁰⁴.

Les mauvaises herbes qui se propagent rapidement comme l'amarante de Palmer et celles qui sont de grandes dimensions comme le kochia à balais peuvent causer d'importants problèmes aux agriculteurs canadiens. L'amarante de Palmer résistante aux herbicides est devenue un problème sérieux pour les agriculteurs étasuniens, et les malherbologistes préviennent qu'elle atteindra le Canada au cours des deux ou trois prochaines années¹⁰⁵. Cette mauvaise herbe a la capacité de produire plus d'un million de semences par plant et de se propager très rapidement. Les semences d'un seul plant résistant au glyphosate peuvent envahir complètement de petits champs en à peine deux ans¹⁰⁶ et causer des pertes de rendement de l'ordre de 78 % chez le soya et de 91 % chez le maïs¹⁰⁷. Souvent, la propagation de cette mauvaise herbe rend les cultures impossibles à récolter, causant ainsi leur perte totale¹⁰⁸.

Les mauvaises herbes résistantes aux herbicides engendrent deux principaux impacts environnementaux. Premièrement, si les agriculteurs recourent souvent au labourage pour se débarrasser des mauvaises herbes qu'ils ne peuvent pas contrôler par les herbicides, l'érosion des sols est favorisée (voir l'encadré à la page 26)¹⁰⁹. Deuxièmement, alors que les agriculteurs continuent d'employer le glyphosate en raison de son large spectre d'action, ils se servent également d'autres herbicides afin de contrôler les mauvaises herbes résistantes au glyphosate.

Chaque espèce de mauvaise herbe possède son propre mode de dispersion qui se détermine en fonction de ses caractéristiques biologiques et en conséquence, chacune d'elle requiert un type particulier d'intervention pour être contrôlée. En raison de ce phénomène, les impacts environnementaux liés au contrôle de diverses mauvaises herbes RG varient également en fonction des herbicides employés, de leur taux d'application de même que des conséquences sur les écosystèmes et la santé humaine de chacun de leurs ingrédients actifs. Par exemple, en raison du potentiel de dissémination particulièrement élevé de l'érigéron du Canada, les méthodes permettant de contrôler la variété RG de cette mauvaise herbe devraient avoir un impact environnemental plus important que celles utilisées pour contrôler les variétés de petite et de grande herbe à poux résistantes au glyphosate¹¹⁰.

Le commissaire à l'environnement de l'Ontario a indiqué que : « les problèmes émergents liés à l'utilisation du glyphosate soulèvent d'importantes questions quant à la viabilité du paradigme actuel en matière de gestion des mauvaises herbes¹¹¹ ».



En rétrospective, ils [les organismes réglementaires du Canada] ne pouvaient pas imaginer que les cultures résistant au glyphosate (RG) seraient adoptées aussi vite et de manière aussi répandue, avec toute une série d'effets ultérieurs : augmentation subite de l'utilisation du glyphosate aux dépens d'autres herbicides, chute radicale de l'investissement dans la recherche d'autres herbicides, hausse croissante des populations de mauvaises herbes RG et à plusieurs herbicides, et augmentation de l'utilisation d'herbicides dans les systèmes de cultures GMRH.

— Hugh Beckie et Linda Hall, 2014¹¹²

LES MAUVAISES HERBES RÉSISTANTES AUX HERBICIDES AUX ÉTATS-UNIS

En 2013, l'USDA a estimé à 28,3 millions d'hectares (70 millions d'acres) la superficie de terres agricoles étasuniennes infestées par les mauvaises herbes résistantes au glyphosate¹¹³. Dans certaines régions productrices de coton aux États-Unis, l'infestation était suffisamment sérieuse pour empêcher les agriculteurs de récolter leurs champs. Les coûts liés à la gestion des mauvaises herbes dans les champs infestés de la sorte étaient entre 50 et 100 % plus élevés par unité de surface que dans ceux exempts de mauvaises herbes résistantes au glyphosate¹¹⁴. Selon une recherche indépendante commandée par l'entreprise Dow AgroSciences, la superficie de terres agricoles recelant des mauvaises herbes résistantes aux herbicides à base de glyphosate a augmenté de 50 % en 2012 seulement, et de 80 % au cours des deux dernières années pour atteindre 26,3 millions d'hectares (65 millions d'acres)¹¹⁵. *Les coûts économiques engendrés par les mauvaises herbes résistantes aux herbicides seront analysés dans le prochain rapport tiré de l'Enquête OGM qui s'intitulera Les OGM sont-ils bénéfiques aux agriculteurs?*

L'aggravation du phénomène de résistance aux herbicides chez les mauvaises herbes est quant à elle responsable de la majeure partie de la hausse de l'utilisation des pesticides aux États-Unis¹¹⁶. Charles Benbrook a estimé que les mauvaises herbes résistantes ont fait augmenter l'utilisation d'herbicides de 25 à 50 %. Il observe en effet que certains changements dans les communautés de mauvaises herbes de même que l'émergence de mauvaises herbes résistantes aux herbicides ont forcé les agriculteurs à graduellement augmenter les taux d'application

d'herbicides, à procéder à des pulvérisations plus fréquentes, et à recourir à des herbicides supplémentaires dotés d'autres modes d'action. Benbrook conclut que « Chacune de ces mesures a contribué et continuera de contribuer à la hausse constante du volume d'herbicides appliqué par unité de surface » dans les cultures de maïs, de coton et de soya GM tolérantes aux herbicides¹¹⁷.

Ce phénomène est particulièrement évident dans la région cotonnière des États-Unis communément appelée Cotton Belt, où l'utilisation d'herbicides dans les champs de coton a augmenté de manière importante parce que les mauvaises herbes résistantes aux herbicides telles que l'amarante de Palmer y sont devenues un problème majeur. En comparaison de la période précédant l'émergence du phénomène de résistance, les champs de coton aux États-Unis reçoivent actuellement 2,5 fois plus d'ingrédients actifs¹¹⁸. Six à sept différents ingrédients herbicides peuvent être utilisés au même moment et malgré ce cocktail, il demeure impossible de contrôler les mauvaises herbes résistantes. En conséquence, les agricultures procèdent de plus en plus au labourage de leurs champs et à l'arrachage manuel des mauvaises herbes.

LES MAUVAISES HERBES RÉSISTANTES À DE MULTIPLES HERBICIDES

À cause des mélanges d'herbicides de plus en plus employés par les agriculteurs afin de contourner le phénomène de résistance, certaines mauvaises herbes sont en train de développer une résistance à de multiples herbicides. Au Canada, certaines mauvaises herbes résistantes au glyphosate résistent également aux herbicides faisant partie des inhibiteurs de l'acétolactate synthase (Groupe 2), et aux États-Unis,

certaines mauvaises herbes RG tolèrent également deux à trois composés appartenant à d'autres groupes d'herbicides. L'amarante rugueuse est la première espèce de mauvaise herbe à feuilles à limbe déployé à avoir montré une résistance aux cinq classes d'herbicides employées aux États-Unis. Selon le malherbologiste Aaron Hager, l'amarante rugueuse « a le potentiel de se transformer en un problème impossible à résoudre¹¹⁹ ».

Pour répondre au problème de résistance multiple, le ministère de l'Agriculture de l'Ontario encourage les agriculteurs à n'utiliser des herbicides que lorsque cela est nécessaire, à respecter les taux d'application recommandés, à employer des mélanges composés d'ingrédients appartenant à deux groupes d'herbicides ou plus, et à alterner les groupes d'herbicides¹²⁰. De manière similaire, l'industrie biotechnologique recommande aux agriculteurs de recourir à des techniques de gestion des cultures telles que la rotation des herbicides et des cultures. Elle recommande en outre d'employer des mélanges d'herbicides composés de différents ingrédients et ciblant différents sites d'action, et de recourir à des applications d'herbicides précédant l'émergence des mauvaises herbes¹²¹.

Il faut cependant réaliser que l'approche consistant à utiliser des mélanges d'herbicides ne fait qu'accroître le nombre et la quantité d'ingrédients herbicides appliqués dans les champs. Qui plus est, la liste des mauvaises herbes résistantes aux herbicides s'allonge plus rapidement que celle des nouveaux herbicides sur le marché¹²². Les scientifiques ont par ailleurs prévenu qu'augmenter l'intensité ou la fréquence des applications d'herbicides destinées aux mauvaises herbes résistantes pouvait accroître la pression de sélection, ces dernières étant capables de survivre à ses applications et de se multiplier¹²³. Par exemple, certaines mauvaises herbes résistantes au glyphosate peuvent nécessiter une quantité d'herbicides de huit à dix fois supérieure afin d'être contrôlées¹²⁴. Recourir aux herbicides, qu'ils soient déjà existants ou nouveaux, afin de s'attaquer au problème des mauvaises herbes résistantes n'est pas une solution viable à long terme. Selon Benbrook, « la majorité des malherbologistes s'entend pour dire que la superficie relative des cultures tolérantes aux herbicides à base de glyphosate doit être réduite de manière draconienne (ex. d'au moins un tiers ou la moitié) si nous voulons que les agriculteurs aient réellement une chance de prévenir le phénomène de résistance¹²⁵ ».

LES CULTURES TOLÉRANTES AU 2,4-D ET AU DICAMBA

« Les agriculteurs utilisent des herbicides supplémentaires et d'autres méthodes de contrôle des mauvaises herbes dans les cultures tolérantes au glyphosate afin de maîtriser les mauvaises herbes résistantes aux herbicides et celles qui sont difficiles à contrôler. — Monsanto, 2014¹²⁶

En raison de l'émergence des mauvaises herbes résistante au glyphosate, les cultures qui y sont tolérantes arrivent à la fin de leur règne. N'ayant aucun nouvel herbicide à proposer, l'industrie des semences et des pesticides encourage les agriculteurs à employer d'anciens herbicides tels que le 2,4-D et le dicamba en combinaison avec de nouvelles cultures GM capables de les tolérer (ces cultures comprennent souvent des caractères empilés afin de résister simultanément à plusieurs herbicides). Cette stratégie risque toutefois d'engendrer les mêmes problèmes que ceux découlant de la surutilisation de glyphosate dans les cultures TH^c.

En 2012, le Canada a été le premier pays à approuver l'introduction des cultures tolérantes au 2,4-D (maïs et soya mis au point par Dow AgroSciences) et de celles tolérantes au dicamba (soya mis au point par Monsanto). Par l'entremise du génie génétique, Dow AgroSciences a créé le maïs et le soya Enlist, conçus pour résister à son herbicide Enlist Duo, qui est un mélange de glyphosate et de 2,4-D sous forme de sel de choline. Par empilement, les semences de maïs Enlist contiendront également les caractères des variétés Corn 2 et SmartStax de Monsanto¹²⁷. N'ayant pas encore reçu l'approbation des organismes de réglementation chinois, le maïs tolérant au 2,4-D n'a fait l'objet que d'une production limitée au Canada et aux

c Plusieurs cultures tolérantes au glyphosate contiennent déjà des gènes leur permettant de tolérer le glufosinate également. Le développement de futures cultures se concentre sur l'empilement de gènes qui leur permettraient de tolérer des substances appartenant à quatre autres classes d'herbicides : les inhibiteurs de l'acétyl-coenzyme A carboxylase, les inhibiteurs de l'acétolactate synthase, les inhibiteurs de la 4-hydroxyphénylpyruvate dioxygénase et les auxines synthétiques dont font partie le 2,4-D et le dicamba (Green, 2014 dans Beckie et Hall, 2014).

États-Unis, son utilisation agricole étant restreinte aux aliments pour le bétail¹²⁸. Quant au soya tolérant au dicamba de Monsanto, il a déjà été approuvé, mais n'est pas encore disponible sur le marché¹²⁹.

Les malherbologistes considèrent que les nouvelles cultures tolérantes aux herbicides n'auront qu'une utilité restreinte, car il existe déjà de nombreuses mauvaises herbes résistantes à ces anciens herbicides. Il existe seize espèces de mauvaises herbes résistantes au 2,4-D dans le monde (dont quatre aux États-Unis et deux au Canada)¹³⁰, et six résistantes au dicamba (dont deux aux États-Unis et deux au Canada). Charles Benbrook a prédit qu'une utilisation à grande échelle de cultures résistantes au 2,4-D aux États-Unis pouvait encore faire augmenter l'utilisation d'herbicides de 50 %¹³¹, en plus de favoriser la résistance chez les mauvaises herbes¹³². Selon les scientifiques canadiens Hugh Beckie et Linda Hall, « Les cultivars possédant des caractères empilés de tolérance aux herbicides (ex. glyphosate, glufosinate, dicamba ou 2,4-D) permettront une protection de courte durée contre les mauvaises herbes RH, mais perpétueront l'usage des intrants chimiques et le phénomène de sélection menant à l'émergence de mauvaises herbes capables de résister à plusieurs herbicides¹³³. » En 2012, le commissaire à l'environnement de l'Ontario a publié une analyse qui parvenait à la conclusion suivante : « Si ces nouvelles plantes GM sont approuvées au Canada, l'Ontario pourrait assister au cours des prochaines années à une augmentation des applications de 2,4-D dans les champs¹³⁴. »

2,4-D

Introduit en 1945, le 2,4-D (2,4 – acide dichlorophénoxyacétique) est l'un des plus anciens herbicides de synthèse au monde. C'était un ingrédient majeur de l'agent Orange, un défoliant contenant aussi une substance similaire, le 2,4,5-T. Le 2,4-D est le deuxième herbicide le plus utilisé au Canada, après le glyphosate.

En raison des procédés de fabrication, le 2,4-D est souvent contaminé par les dioxines, un groupe de composés chimiques hautement toxiques et bioaccumulables dans la chaîne alimentaire. L'Agence de protection de l'environnement des É.-U. rapporte que le 2,4-D est la septième source de dioxines en importance aux É.-U. et Environnement Canada a établi que les phytohormones herbicides sont la source la plus importante de dioxines « faiblement chlorées » dans l'environnement¹³⁵.

Les effets néfastes sur la santé peuvent provenir du 2,4-D lui-même; des produits issus de la dégradation; de la contamination par les dioxines; ou d'une combinaison de substances. La recherche épidémiologique suggère que le 2,4-D peut être lié de manière probante à des cancers, des anomalies neurologiques et des problèmes du système reproducteur¹³⁶. On a détecté du 2,4-D dans l'urine et le sperme; les herbicides à base de chlorophénols ont été liés à des anomalies spermatiques, un taux accru de fausse-couche, des difficultés de porter et d'enfanter, et des anomalies congénitales¹³⁷. Le Centre international de recherche sur le cancer classe le 2,4-D comme « possiblement carcinogène pour l'être humain » (comme le glyphosate). La Stratégie de l'Union européenne sur les perturbateurs endocriniens classe le 2,4-D comme *substance à réévaluer en priorité* parce qu'il existe au moins certaines preuves in vitro d'activité biologique liée à un effet perturbateur sur le système endocrinien¹³⁸.

L'UTILISATION D'INSECTICIDES RELIÉE AUX CULTURES RÉSISTANTES AUX INSECTES

Le second principal caractère GM présent sur les marchés canadien et mondial est celui de la résistance aux insectes. En modifiant génétiquement les cultures de manière à les rendre toxiques pour certains insectes ravageurs, les entreprises biotechnologiques ont promis que celles-ci permettraient de réduire la quantité d'insecticides synthétiques dans l'environnement. Cela n'a toutefois pas toujours été le cas, et les cultures Bt possèdent du reste d'autres retombées néfastes pour l'environnement.

Les variétés de cultures résistantes aux insectes sont modifiées par l'ajout de gènes de la bactérie *Bacillus thuringiensis* (Bt) afin que leurs cellules produisent une endotoxine, la protéine Cry. Cette propriété rend ces variétés de plantes toxiques pour certains insectes vivant au-dessus (ex. papillons) ou dans le sol (ex. coléoptères). Différents événements Bt génétiquement modifiés ciblent différents insectes et synthétisent différentes quantités de la protéine Cry. Par exemple, les variétés de maïs Bt cultivées au Canada sont génétiquement modifiées pour cibler simultanément le ver gris-noir, le ver de l'épi de maïs, la chrysomèle des racines du maïs, la pyrale du maïs, la légionnaire d'automne ou le ver gris¹³⁹. Plusieurs variétés contiennent dorénavant plusieurs événements Bt empilés. Par exemple, le maïs SmartStax comprend six protéines Cry (en plus de deux caractères de tolérance aux herbicides); il produit ainsi une plus grande quantité d'endotoxine que les autres variétés pourvues d'un seul événement.

Le gouvernement du Canada n'a effectué aucun suivi des impacts de l'utilisation de cultures Bt. Toutefois,

L'utilisation de cultures Bt aux États-Unis a permis de réduire l'utilisation des insecticides.

L'étude menée par Charles Benbrook a révélé que le maïs Bt a permis de réduire l'utilisation de pesticides de 40 823 tonnes métriques (90 millions de lb), alors que le coton Bt a permis une réduction de 15 422 tonnes métriques (34 millions de lb). Ensemble, ces deux cultures ont donc engendré une diminution des quantités d'insecticides d'environ 56 245 tonnes métriques (124 millions de lb)¹⁴⁰.

Ce dernier fait ne constitue toutefois qu'un portrait partiel des impacts des cultures Bt. Celles-ci

produisent elles-mêmes une toxine qui peut avoir des conséquences néfastes sur l'environnement, dont certains effets sur les sols et les organismes vivants non ciblés. Benbrook estime que la quantité de toxine Bt produite par les variétés de maïs Bt conçues pour résister à la pyrale du maïs est presque équivalente, ou équivalente aux quantités moyennes d'insecticides pulvérisés (c.-à-d. appliqués de manière externe) sur les cultures¹⁴¹. Dans le cas des variétés GM qui ciblent la chrysomèle des racines du maïs, la quantité de toxine Bt produite est toutefois beaucoup plus élevée que la quantité moyenne d'insecticides pulvérisés. En outre, la production totale de protéine Cry par le maïs SmartStax équivaut à dix-neuf fois le taux d'application moyen d'insecticides observé aux États-Unis en 2010¹⁴². Le rapport intitulé *GMO Myths and Truths* conclut de son côté que les cultures Bt « ne font que changer le type d'insecticide en jeu et ses modalités d'utilisation – passant de la pulvérisation à la production endogène¹⁴³ ».

L'utilisation de cultures Bt peut causer de nouveaux problèmes comme l'émergence de nouveaux insectes ravageurs secondaires. Par exemple, en Inde, l'utilisation de cultures de coton Bt a d'abord permis de contrôler les espèces d'insectes ravageurs ciblés, mais leur déclin a par la suite permis l'émergence d'insectes ravageurs secondaires qui jusqu'à présent, n'avaient jamais constitué une menace réelle pour ces cultures. Ainsi, les cochenilles, les pucerons et les thrips, pour ne nommer que ceux-ci, constituent maintenant de graves problèmes pour les producteurs de coton indiens, qui doivent les contrôler par l'utilisation d'insecticides externes^{144,145}. Par ailleurs, en Inde et dans d'autres pays producteurs de coton, certaines espèces de vers de la capsule du cotonnier ont développé une résistance au Bt après avoir été exposés pendant quelques saisons aux cultures de coton produisant cette toxine^{146,147}. Bien que la réduction de l'utilisation d'insecticides ait été le principal argument ayant favorisé l'introduction du coton Bt en Inde, de récentes études ont plutôt montré que l'utilisation de pesticides dit totales n'a pas diminué dans l'ensemble des États indiens qui cultivent le coton Bt, la seule exception étant l'Andhra Pradesh¹⁴⁸.

L'ÉMERGENCE D'INSECTES RÉSISTANTS AU BT

À l'instar des mauvaises herbes résistantes aux herbicides, les insectes ravageurs ont développé et continuent de développer une résistance aux toxines produites par les cultures GM résistantes aux insectes. Les scientifiques avaient anticipé cette possibilité dès 1994¹⁴⁹. Certains insectes résistent maintenant à plusieurs variétés de cultures Bt. De tels cas ont été rapportés aux États-Unis en ce qui concerne le maïs Bt de même qu'en Inde, en Afrique du Sud au Brésil et en Chine et en ce qui concerne le coton Bt. Or, le phénomène de résistance aux cultures Bt semble prendre de l'ampleur; en 2005, cette caractéristique avait été observée chez une seule espèce d'insectes alors qu'en 2010, cinq espèces parmi treize à l'étude l'avaient acquise¹⁵⁰.

Aucune espèce d'insecte ravageur résistante au Bt n'a encore été observée au Canada¹⁵¹.

Toutefois, certains insectes ravageurs, comme la chrysomèle des racines du maïs et la pyrale du maïs, se retrouvent autant au Canada qu'aux États-Unis. De plus, la majeure partie du maïs-grain cultivé au Canada comprend un caractère Bt, bien que la superficie de ces cultures soit moindre qu'aux États-Unis. En conséquence, les chercheurs canadiens ont prévenu qu'il n'y avait aucune raison pour que les insectes au Canada ne développent pas eux aussi une résistance au Bt si l'utilisation des cultures produisant cette toxine se poursuit^{152,153}. L'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA) reconnaît elle aussi l'existence de cette possibilité, et indique qu'« une résistance aux protéines de B.t.k. [...] pourrait également apparaître chez des insectes sensibles exposés de façon prolongée à des maïs hybrides résistants à la pyrale ». L'agence mentionne également qu'« il restera très difficile de prédire l'étendue et la rapidité de l'apparition de la résistance tant qu'on n'aura pu valider sur le terrain la stratégie proposée. Il faudra donc soumettre les hybrides nouveaux à une gestion éclairée [...] »¹⁵⁴.

Le Bt, un acronyme qui fait référence à la bactérie *Bacillus thuringiensis*, est communément employé sous forme de pulvérisation foliaire, mais pour diverses raisons, les cultures génétiquement modifiées pour produire cette toxine comportent un impact environnemental encore plus lourd. D'une part, les plantes Bt produisent des quantités de toxine beaucoup plus grandes que celles employées en pulvérisation foliaire. Or, la toxine produite par les plantes Bt est beaucoup moins sélective que celle qui est pulvérisée, et l'effet des pulvérisations foliaires est de moindre durée¹⁵⁵.

D'autre part, la toxine des plantes Bt est persistante dans l'environnement et elle est produite durant toute la durée de la saison de croissance. En plus des impacts de ce phénomène sur les sols et les organismes non ciblés, l'exposition prolongée des insectes à de fortes doses de Bt accroît le risque de les rendre résistants. À ce sujet, la scientifique Ann Clark conclut que « l'introduction de caractères insecticides génétiquement modifiés dans les cultures a transformé une substance qui, à l'origine, était peu persistante et sélective, pour en faire une substance qui reproduit les problèmes ramifiés de persistance et de bioaccumulation associés aux insecticides synthétiques¹⁵⁶ ». De même, dans le document résumant sa décision d'approuver une variété de maïs Bt, l'ACIA reconnaît que « Les insectes cibles sont [...] exposés à des teneurs en protéines de B.t.k. bien supérieures à celles obtenues actuellement par pulvérisation foliaire, ce qui pourrait exercer une pression sélective intense en faveur des sujets résistants de l'espèce »¹⁵⁷.

En plus de rendre les cultures Bt inutiles aux agriculteurs canadiens, la résistance au Bt pourrait également rendre inefficace la pulvérisation foliaire de Bt à laquelle recourent certains agriculteurs biologiques ou écologiques afin de contrôler les insectes ravageurs¹⁵⁸.

Bien qu'aucun cas de résistance chez les insectes ravageurs n'ait été enregistré au Canada, l'expansion de ce phénomène aux États-Unis constitue une mise en garde. Des cas de résistance au Bt chez la chrysomèle des racines du maïs sont rapportés depuis 2009 au sein de la zone de culture de maïs (Corn Belt) aux États-Unis¹⁵⁹, et d'autres cas similaires sont maintenant observés dans divers autres endroits de ce pays. Les insectes qui réussissent à survivre dans les champs Bt vont ensuite se reproduire, transférant ainsi à leurs descendants la capacité de résister à cette toxine. Une exposition continue à la toxine perpétue ce cycle évolutif, ce qui accroît la population d'insectes y résistant.

En 2014, des chercheurs ont découvert qu'aux États-Unis, la légionnaire d'automne présentait une résistance à la protéine Cry1F présente dans certaines variétés de maïs Bt¹⁶⁰.

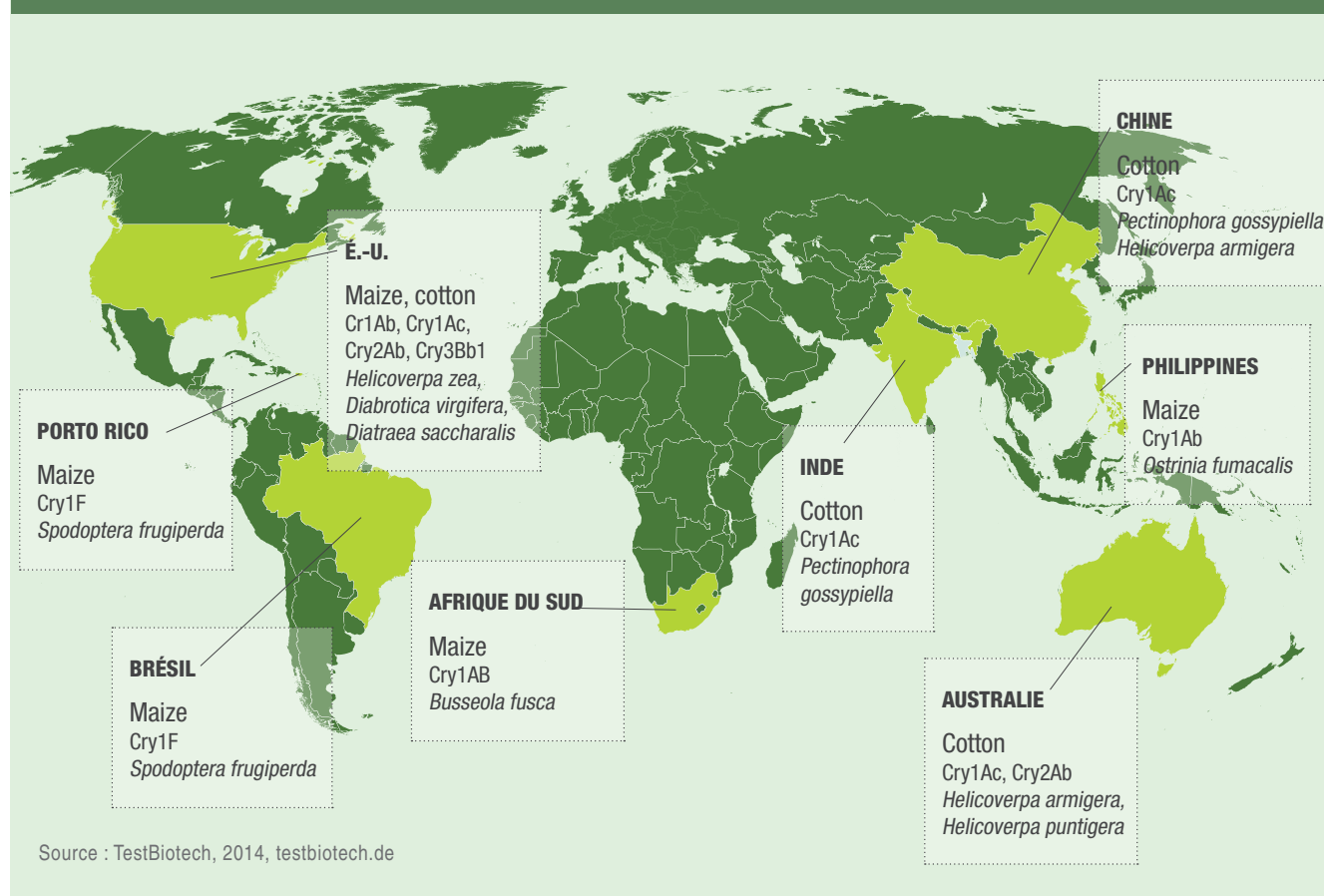
Les divers insectes réagissent différemment lorsqu'ils sont exposés de manière continue à des toxines. La pyrale du maïs, par exemple, est demeurée sensible à la toxine Bt aux États-Unis, contrairement à la chrysomèle des racines du maïs qui s'y est rapidement adapté pour devenir résistante. Or, ce dernier phénomène était prévisible. Les scientifiques savaient que la chrysomèle des racines du maïs est capable de rapidement développer une telle résistance en raison de son mode d'accouplement. Ils avaient en outre

déjà observé chez cet insecte le développement d'une résistance à d'autres pesticides par le passé¹⁶¹.

La résistance aux cultures Bt chez les insectes ravageurs s'est également manifestée dans d'autres pays. En Inde, le ver rose de la capsule du cotonnier a développé une résistance à la première génération de coton Bt créé par Monsanto, le Bollgard I¹⁶². Pour pallier ce phénomène, Monsanto a mis sur

le marché une deuxième génération de coton Bt, le Bollgard II, capable de produire deux protéines Bt. En Afrique du Sud, les scientifiques ont découvert que le perce-tige du maïs avait développé une résistance à la protéine Cry1Ab produite par le maïs Bt¹⁶³. De même, au Brésil, la légionnaire d'automne a développé une résistance à la protéine Cry1F du maïs Bt¹⁶⁴.

Fig. 5 : Insectes résistants au Bt à travers le monde



RETARDER L'ÉMERGENCE D'INSECTES RÉSISTANTS AU CANADA

S'agissant d'une évidence biologique, la capacité des insectes à développer une résistance aux insecticides est un phénomène prévisible. En 1998, la Coalition canadienne contre les ravageurs du maïs a conçu un plan de gestion permettant de « réduire et de retarder le développement » de populations de chrysomèle des

racines du maïs résistantes au Bt au Canada¹⁶⁵. Ce plan met l'accent sur différentes directives à l'attention des agriculteurs afin qu'ils créent des zones exemptes de cultures Bt appelées « refuges ». Dans ces refuges, des insectes non résistants ont ainsi la possibilité de s'accoupler avec des congénères résistants provenant des champs avoisinants de maïs Bt, ce qui préviendrait la dissémination du phénomène de résistance. Un refuge est tout simplement un groupe ou une bande de cultures exemptes de caractères Bt.

Selon les directives pour le Canada, la superficie des refuges devait représenter 20 % de celles occupées par les cultures Bt. Aux États-Unis, il a été décidé d'adopter la même proportion de 20 %, malgré les recommandations du groupe consultatif scientifique de l'Environmental Protection Agency (EPA) d'augmenter celle-ci à 50 %¹⁶⁶. En 1997, la scientifique canadienne Ann Clark a indiqué que ces plans de gestion des insectes ravageurs étaient invraisemblables d'un point de vue écologique¹⁶⁷.

Les exigences en matière de refuges sont fixées par le gouvernement, mais leur mise en application et les contrôles de conformité sont du ressort des entreprises. Entre 2005 et 2009, le taux de conformité des refuges dans les champs de maïs canadiens est passée de 81 à 61 %¹⁶⁸. En 2010, Monsanto a indiqué qu'elle servirait un avertissement aux producteurs de maïs afin qu'ils conservent la proportion des refuges à 20 %¹⁶⁹. En 2011, l'EPA a jugé que la stratégie de Monsanto visant la surveillance du phénomène de résistance aux États-Unis était « inadéquate et probablement incapable de détecter les premiers cas de résistance¹⁷⁰ ». En 2013, le niveau de conformité des refuges au Canada a augmenté, mais seulement parce qu'une nouvelle option appelée « refuge dans le sac » – au sein de laquelle les sacs de semences de maïs Bt sont mélangées à des semences de maïs non-Bt – a permis de réduire la proportion des refuges à 5 %.

Cette réduction de la proportion des refuges – de 20 à 5 % – a été justifiée par la mise au point de cultures Bt produisant deux toxines Bt ou plus qui ciblent le même insecte ravageur. En théorie, deux différentes protéines peuvent agir sur le même insecte selon deux mécanismes distincts et ainsi réduire la probabilité que celui-ci développe de la résistance. Selon Monsanto, les multiples gènes Bt ou les multiples mécanismes d'action « offrent une protection additionnelle et réduisent efficacement la possibilité que la résistance se développe chez les insectes¹⁷¹ ». D'où l'introduction du maïs SmartStax de Monsanto (2010), produisant six différentes toxines Bt (en plus de posséder deux caractères de tolérance aux herbicides), qui est vendu dans le cadre de l'option « refuge dans le sac ».

Les scientifiques considèrent toutefois que lorsque des insectes tolérants à l'une de ces toxines sont exposés à ce type de cultures, ils développent une résistance aux autres toxines encore plus rapidement¹⁷². Les cultures capables de produire plusieurs toxines Bt exacerbent donc le phénomène de résistance plutôt que de le freiner. Les études menées en laboratoire montrent par exemple que la chrysomèle des racines du maïs résistante aux toxines du maïs Bt de Monsanto

(Cry3Bb1) peut également résister à celles du maïs Bt de Syngenta (mCry3a)¹⁷³. Une méta-analyse menée par l'Université d'Arizona a révélé que l'efficacité réelle d'une stratégie de lutte aux insectes ravageurs faisant appel à plusieurs toxines ne porte pas ses fruits dans environ la moitié des cas. La résistance à une toxine engendre souvent un phénomène de résistance croisée (c.-à-d. une résistance à une autre toxine)¹⁷⁴. Cette découverte suggère que la réduction de la superficie des refuges constitue peut-être une erreur.

LES CULTURES GM : UN CERCLE VICIEUX DES PESTICIDES

L'utilisation répandue des cultures tolérantes aux herbicides au cours des vingt dernières années a engendré une augmentation de l'utilisation d'herbicides. Étant continuellement exposées à ces herbicides, certaines mauvaises herbes résistantes à ces substances sont apparues, et la dissémination de ces mauvaises herbes résistantes aux herbicides est à son tour venue exacerber l'utilisation d'herbicides¹⁷⁵. Un phénomène similaire s'observe également dans les cultures Bt. Or, cette situation perpétrant l'utilisation d'intrants chimiques ne se fait pas sans graves conséquences sur l'environnement et la santé humaine.

Les stratégies de l'industrie pour répondre au problème de la résistance chez les mauvaises herbes et les insectes visent essentiellement à remplacer un pesticide par un autre et à remplacer des semences GM par d'autres semences génétiquement modifiées pour tolérer d'autres herbicides et produire plusieurs toxines Bt. Cette approche ne vient toutefois que se substituer brièvement à une technologie qui a échoué, sans d'ailleurs en atténuer les impacts environnementaux puisqu'elles les partagent toutes deux. Les malherbologistes préviennent qu'« il y a des preuves montrant que l'histoire se répète¹⁷⁶ ». Les agriculteurs ont commencé à recourir de plus en plus aux cultures tolérantes au glufosinate afin de contrôler les mauvaises herbes résistantes au glyphosate. Or, les malherbologistes préviennent que l'introduction de nouvelles cultures GM TH, qui ne peut être au mieux qu'une solution à court terme aux mauvaises herbes résistantes aux herbicides, exacerbera elle aussi l'augmentation de l'utilisation d'herbicides de même que la résistance chez les mauvaises herbes.

Les experts nous ont souvent répété que la vraie solution réside dans la réduction de l'utilisation d'herbicides et de cultures GM tolérantes à ces substances. **Beckie et Hall, par exemple,**

concluent que « La seule solution durable est que le gouvernement ou les consommateurs établissent des cibles de réduction pour nos principales cultures comme l'ont fait les pays membres de l'Union européenne, et prévoient la mise en place d'incitatifs financiers ou de pénalités au sein des programmes agricoles afin de soutenir cette politique¹⁷⁷. » Selon Charles Benbrook, « la majorité des malherbologistes s'entend pour dire que la superficie relative des cultures tolérantes aux herbicides à base de glyphosate doit être réduite de manière draconienne (ex. d'au moins un tiers ou la moitié) si nous voulons que les agriculteurs aient réellement une chance de prévenir le phénomène de résistance ⁷⁸ ».

SEMENCES : Les trois plus importantes sociétés semencières contrôlent plus de la moitié (53 %) du marché mondial des semences; les dix plus importantes en contrôlent plus des trois quarts (76 %).

(ETC Group, Putting the Cartel Before the Horse, 2013)

PESTICIDES : Six sociétés détiennent 76 % du marché agrochimique mondial. Les dix plus importants producteurs de pesticides contrôlent presque 95 % du marché mondial.

(ETC Group, 2013)

Tableau 2 : Principaux producteurs de semences et de pesticides

	SOCIÉTÉ	REVENUS DES SEMENCES [EN MILLIONS \$]	SOCIÉTÉ	REVENUS DE L'AGROCHIMIQUE [EN MILLIONS \$]
1	Monsanto	10 740	Syngenta	11 381
2	DuPont	7 913	Bayer	10 257
3	Syngenta	3 155	BASF	7 243
4	Vilmorin	1 995	Dow Chemical	5 686
5	Dow Chemical	1 604	Monsanto	5 115
6	KWS	1 567	DuPont	3 391

Source : Monsanto's Bid For Syngenta Means A Shift In Strategy, 11 mai 2015
<http://seekingalpha.com/article/3167256-monsantos-bid-for-syngenta-means-a-shift-in-strategy>

LES CULTURES GM ET LA BIODIVERSITÉ

Les systèmes biologiques, écologiques et sociaux sont interreliés et interdépendants. Comprendre la manière dont la dissémination d'OGM affecte l'ensemble de ces systèmes est une tâche complexe, notamment en raison de la présence d'un décalage temporel entre l'introduction d'un OGM dans l'environnement et l'apparition de conséquences observables¹⁷⁹. Comme l'a expliqué la scientifique Katherine Barrett, « Nous sommes devant des systèmes grandement complexes, variables et interdépendants qui ne se prêtent pas à de simples explications causales ou à des expériences isolées. En réalité, il est dorénavant admis que la complexité et l'incertitude doivent être prises en compte dans la gestion écosystémique¹⁸⁰. »

Il est impossible de prédire les conséquences exactes des cultures et des autres végétaux GM sur l'environnement. Leurs impacts potentiels font actuellement l'objet de tests sur le terrain réglementés par les gouvernements. Les expériences menées sur le terrain ou en laboratoire sont des outils qui, fondamentalement, comportent certaines limites lorsque vient le temps de prédire les interactions entre les cultures GM et l'environnement ou encore les impacts de ces premières sur ce dernier. Par exemple, afin d'étudier les conséquences écologiques d'une libération de saumons GM dans le milieu naturel, Robert Devlin, chercheur à Pêches et Océans Canada, a reproduit un milieu lotique dans des réservoirs en laboratoire. Devlin a ainsi pu faire d'importantes constatations sur le plan du comportement des saumons GM¹⁸¹, mais comme il l'admet « Nos travaux montrent également les limites qu'impose la recherche en laboratoire à l'analyse de risques. Nous ne pouvons pas relâcher de poissons génétiquement modifiés dans l'environnement pour les suivre; cela serait bien trop risqué. Nous sommes également incapables de reconstituer fidèlement un océan ou une rivière en laboratoire. Cela signifie qu'il nous est difficile de prédire avec certitude ce qu'il adviendrait si des saumons génétiquement modifiés étaient libérés dans la nature tellement les variables sont nombreuses¹⁸². »

Le seul moyen de déterminer les réelles conséquences environnementales des OGM est de procéder à des expériences à ciel ouvert.

LES IMPACTS DES CULTURES TOLÉRANTES AUX HERBICIDES SUR LA BIODIVERSITÉ

En vingt ans d'utilisation, les cultures tolérantes aux herbicides ont eu d'importants impacts sur la biodiversité. Ceux-ci découlent largement de l'expansion des monocultures de même que de l'augmentation de l'utilisation de certains herbicides. Les différents herbicides ont des conséquences variées sur la biodiversité, celles-ci dépendant de leurs propriétés, de leur taux d'application et de leurs modalités d'utilisation. Dans l'ensemble toutefois, les cultures TH ont favorisé une utilisation d'herbicides qui amenuisent la biodiversité végétale au sein des systèmes agricoles, ce qui peut limiter le nombre d'habitats et de sources d'alimentation pour divers organismes vivants utiles comme les abeilles et certaines espèces de papillons.

En 2001, le Comité d'experts de la Société royale du Canada sur l'avenir de la biotechnologie alimentaire a souligné que « les terres agricoles en Amérique du Nord sont également utiles à la faune ». **Le Comité d'experts a ainsi conclu que « la préservation de la biodiversité est un élément essentiel de l'agriculture durable qui demeure bénéfique tant d'un point de vue économique qu'écologique¹⁸³. »**

Des études montrent que certains types de systèmes agricoles sont plus favorables au maintien de la biodiversité que d'autres. Par exemple, des chercheurs de l'Université Simon Fraser en Colombie-Britannique ont comparé des cultures de canola classiques, biologiques et GM tolérantes aux herbicides en Alberta. Ils ont ainsi découvert que les populations d'abeilles sauvages les plus importantes se retrouvaient dans

les cultures biologiques, alors que les plus faibles se retrouvaient dans les cultures GM¹⁸⁴. De plus, le déficit de pollinisation (soit la différence entre la pollinisation potentielle et la pollinisation effective) le plus élevé a été observé dans les champs d'OGM, ce phénomène étant par ailleurs complètement absent des champs biologiques.

La faible abondance d'abeilles dans les cultures GM s'explique partiellement par le fait que les cultures tolérantes aux herbicides contiennent souvent moins de mauvaises herbes et présentent une diversité végétale moindre, ce qui réduit le nombre de sources alimentaires pour de nombreuses espèces y compris d'importants pollinisateurs¹⁸⁵. Les résultats des Farm Scale Evaluations menées au Royaume-Uni au début des années 2000, qui visaient à comparer les cultures GM aux cultures classiques, étayaient d'ailleurs cette possibilité¹⁸⁶. Cette étude a en effet révélé que la diversité et la biomasse de mauvaises herbes de même que la biodiversité de l'écosystème agricole (comprenant le nombre d'abeilles) étaient plus faibles dans les parcelles comportant du canola et de la betterave à sucre tolérants aux herbicides que dans celles ne comportant pas de cultures GM¹⁸⁷. Cette étude met ainsi en lumière d'importantes implications quant à l'impact des cultures GM tolérantes aux herbicides sur la biodiversité en général. À la suite de la publication de cette étude, le gouvernement du Royaume-Uni a d'ailleurs annoncé qu'il n'approuverait pas la commercialisation de canola ou de betterave à sucre tolérants aux herbicides¹⁸⁸. Ces deux dernières sont cultivées au Canada.

La réduction de la diversité des mauvaises herbes a eu une conséquence on ne peut plus directe sur le monarque. Cette espèce de papillon est notamment connue pour son long vol migratoire entre l'est du Canada ou les États-Unis et le centre du Mexique. Durant leur voyage de retour vers le nord, les papillons s'arrêtent dans le Sud et dans le Midwest des États-Unis pour s'accoupler; plus tard, les nouvelles générations poursuivent leur périple vers le nord, parfois jusqu'au Canada. Au cours de cette période de reproduction, les monarques ont des besoins très précis. Le papillon ne pond ses œufs que sur certaines espèces d'asclépiades, car les chenilles se nourrissent exclusivement des feuilles de celles-ci. Le monarque a ainsi coexisté avec les écosystèmes agricoles pendant le dernier siècle, jusqu'à l'introduction des cultures GM tolérantes au glyphosate.

Les populations de monarques en Amérique du Nord ont décliné de 90 % au cours des vingt dernières années.

L'une des principales raisons ayant contribué au déclin prononcé de cette espèce réside dans la diminution des peuplements d'asclépiades, notamment sur le territoire de reproduction du monarque qui se trouve dans la zone de culture de maïs (Corn Belt) aux États-Unis, où l'utilisation de glyphosate sur les cultures TH et leurs environs est répandue. La réduction de l'habitat du monarque empêche cette espèce de se reproduire.

Le glyphosate compte parmi les quelques herbicides capables de tuer l'asclépiade commune. Au cours des deux dernières décennies, l'utilisation de glyphosate sur les cultures de maïs et de soya a été multipliée par vingt aux États-Unis. En conséquence, 99 % des plants d'asclépiades ont disparu des champs de maïs et de soya situés dans la zone de culture de maïs (Corn Belt)¹⁸⁹. Les impacts du glyphosate sont particulièrement puissants lorsque cet herbicide est employé sur des cultures capables de le tolérer, car il y est appliqué plus fréquemment et à des taux plus élevés que dans les cultures classiques, à une période habituellement tardive de l'été où l'asclépiade est en floraison. Lorsque des cultures tolérantes au glyphosate sont plantées sans interruption, comme c'est souvent le cas dans les systèmes où le maïs et le soya tolérants au glyphosate sont employés en rotation, les peuplements d'asclépiades n'ont aucune possibilité de se régénérer.

Le rapport intitulé *Monarchs in Peril* publié par l'US Center for Food Safety (CFS) décrit en détail les impacts des cultures tolérantes au glyphosate sur le monarque et son habitat. Ce rapport parvient ainsi à la conclusion suivante : « Les monarques font face à un danger imminent, à moins que les peuplements d'asclépiades soient restaurés dans les champs du Midwest. L'asclépiade ne peut se régénérer sous l'usage continu et intensif de glyphosate relié aux cultures Roundup Ready¹⁹⁰. »

Alors qu'il est prévu d'introduire de nouvelles cultures GM tolérantes au glyphosate de même qu'au 2,4-D et au dicamba, l'utilisation du glyphosate se poursuivra alors que celle du 2,4-D et du dicamba augmenteront probablement. Au stade adulte, le monarque se nourrit de nectar, et le 2,4-D ainsi que le dicamba menacent tous deux de réduire les peuplements de plantes nectarifères aux alentours des terres agricoles.

Qu'est-ce que l'agriculture biologique?

L'agriculture biologique adopte une approche écologique et respecte des pratiques spécifiques décrites dans la norme biologique canadienne. Les producteurs biologiques certifiés sont inspectés chaque année par des professionnels d'organismes de certification indépendants qui veillent au respect des normes.

Le préambule de la norme nationale stipule que la production biologique est fondée sur des principes qui prônent de saines pratiques. « Ces principes ont pour but d'accroître la qualité et la durabilité de l'environnement par le biais de méthodes spécifiques de gestion et de production. Elles intègrent aussi des normes sur la cruauté animal¹⁹¹. »

Les principes généraux de la production biologique sont les suivants :

- 1 Protéger l'environnement, minimiser la dégradation et l'érosion du sol, réduire la pollution, optimiser la productivité biologique et promouvoir un bon état de santé.
- 2 Maintenir la fertilité du sol à long terme en favorisant les conditions propices à son activité biologique.
- 3 Maintenir la diversité biologique à l'intérieur de l'écosystème.
- 4 Recycler les matériaux et les ressources le plus possible à l'intérieur de l'exploitation.
- 5 Soigner adéquatement les animaux d'élevage de façon à promouvoir leur santé et à répondre à leurs besoins comportementaux.
- 6 Préparer les produits biologiques, en étant notamment attentif aux méthodes de transformation et de manipulation, afin de maintenir l'intégrité biologique et les qualités essentielles du produit à tous les stades de la production.
- 7 S'appuyer sur des ressources renouvelables dans des systèmes agricoles organisés localement ¹⁹².

Entre autres exigences, la norme biologique veille à ce que les agriculteurs biologiques certifiés n'utilisent pas :

- De semences ou d'aliments pour animaux génétiquement modifiés;
- De pesticides de synthèse (y compris les fongicides, insecticides et herbicides);
- D'engrais de synthèse;
- D'aliments pour animaux contenant des déchets animaux ou des sous-produits de l'abattage;
- D'hormones de synthèse, d'antibiotiques ou d'autres médicaments vétérinaires qui stimulent la croissance ou la productivité du bétail;
- De boues d'épuration (déchets humains recyclés) ou de déchets issus d'opérations d'élevage intensif et de biosolides (eaux usées de l'industrie) sur leurs terres.

SYSTÈMES TOLÉRANTS AUX HERBICIDES ET CONSERVATION DES SOLS

On tente de promouvoir les cultures tolérantes aux herbicides en affirmant qu'elles permettent l'utilisation de systèmes de culture sans labours, un avantage pour l'environnement parce que cela prévient l'érosion des sols et préserve la matière organique. Avec ces systèmes, il n'est plus nécessaire de labourer pour arracher les mauvaises herbes et les tuer puisque c'est l'herbicide qui s'en charge. Les pratiques sans labours favorisent donc l'utilisation d'herbicides et le fait de ne pas arracher ni tuer les mauvaises herbes par labours risque de favoriser l'apparition de mauvaises herbes résistantes aux herbicides¹⁹³. L'étude de plusieurs cas rapportés de mauvaises herbes résistantes aux herbicides conclut que « l'adoption d'un système sans labours... permet l'apparition d'une résistance... Il peut y avoir évolution des mauvaises herbes résistantes au glyphosate là où il n'y a pas une diversité suffisante dans les systèmes de gestion des mauvaises herbes¹⁹⁴ ».

De plus, pour contrer le problème des mauvaises herbes résistantes aux herbicides, les experts disent maintenant aux agriculteurs qu'un moyen de contrôler la résistance extrême consiste à labourer leurs champs en profondeur¹⁹⁵. Ainsi, des agriculteurs de la Saskatchewan n'ayant pas labouré leurs champs depuis des années ont dû le faire pour se débarrasser du kochia résistant au glyphosate à un stade où il ne peut plus être contrôlé par l'application d'herbicides. **L'avantage potentiel des systèmes tolérants aux herbicides en ce qui a trait à la conservation des sols a vite été annulé par l'apparition de mauvaises herbes résistantes au glyphosate que l'on ne peut contrôler par les herbicides, et les agriculteurs doivent donc se remettre à labourer.**

LES IMPACTS DES CULTURES BT SUR LA BIODIVERSITÉ

Les impacts des cultures Bt sur les organismes non ciblés^d sont encore mal compris, et les scientifiques n'arrivent pas à s'entendre à savoir s'il faut considérer les toxines Bt produites par les plantes GM comme des « insecticides appliqués¹⁹⁶ ». Benbrook affirme pour sa part que les toxines Bt produites par les plantes GM devraient être comptabilisées dans le bilan d'utilisation des pesticides, et certaines études ont montré que les cultures Bt peuvent poser un certain nombre de risques pour certains insectes bénéfiques et d'autres organismes vivant dans le sol.

Par exemple, en 2007, des chercheurs de l'Université de l'Indiana ont constaté que le maïs Bt avait un impact négatif sur les écosystèmes d'eau douce alors que le pollen, les feuilles et d'autres parties des plants de maïs Bt charriés vers les cours d'eau à proximité des champs sont consommés par les insectes vivant dans ceux-ci, dont la phrygane¹⁹⁷. Lors d'expériences en laboratoire, ces chercheurs ont découvert que la consommation de débris de maïs Bt par les phryganes engendrait une réduction significative de leur taux de croissance de même qu'une augmentation significative de leur taux de mortalité¹⁹⁸.

Des études ont également révélé des impacts négatifs sur d'autres insectes non ciblés tels que le monarque^{199,200}, le papillon porte-queue²⁰¹ et la coccinelle²⁰².

Les scientifiques ont également observé que les cultures Bt peuvent comporter des impacts négatifs sur les organismes vivants dans les sols, plusieurs d'entre eux étant utiles à la santé des sols, l'absorption de nutriments par les plantes et leur résistance à certaines maladies. Par exemple, les plants de maïs GM possèdent moins de mycorhizes et de mycorhizes à arbuscules que leurs congénères non GM^{203,204}.

Qu'elles soient sauvages ou domestiquées, les abeilles sont particulièrement utiles à l'agriculture parce qu'elles assurent la pollinisation du tiers des cultures dont nous nous nourrissons. Or, les néonicotinoïdes constituent une importante menace pour les abeilles²⁰⁵. Il s'agit d'une famille de pesticides dont l'utilisation est grandement répandue, notamment pour le traitement des semences GM et non GM. Par ailleurs, les cultures Bt peuvent également poser un risque pour les abeilles. Une étude a montré que l'exposition à la protéine Cry1Ab retrouvée dans les cultures Bt perturbait le processus d'apprentissage chez les abeilles, ce qui peut nuire à leur capacité à butiner efficacement²⁰⁶ et à s'alimenter adéquatement. Il reste toutefois beaucoup à faire afin de caractériser en détail les impacts particuliers des cultures GM sur les abeilles, les autres insectes pollinisateurs et les autres insectes bénéfiques²⁰⁷.

Qu'elles soient tolérantes aux herbicides ou qu'elles produisent du Bt, les cultures GM sont généralement des monocultures. Les quatre grandes cultures GM retrouvées dans le monde sont toutes pratiquées à grande échelle (maïs, canola, coton et soya). Elles sont cultivées sur de larges bandes de terre, généralement en rotation avec une seule autre culture. Ce mode de culture accroît la présence d'insectes ravageurs se nourrissant de ces plantes. Par ailleurs, dans nombre de parties du monde, les monocultures se sont substituées à d'autres importants usages des terres. En Amérique du Sud, par exemple, la culture à grande échelle de soya GM tolérant aux herbicides a remplacé la forêt ainsi que d'autres importants usages agricoles et non agricoles.²⁰⁸

LA CONTAMINATION PAR LES OGM

La dispersion des gènes par les semences et le pollen est difficile à contrôler. La contamination par les OGM peut trouver différents vecteurs, y compris par les erreurs humaines. Au cours des vingt dernières années au Canada, de nombreux cas où du matériel génétique provenant de cultures GM s'est mélangé à des cultures non GM ou des aliments sont survenus.

Chaque culture ou animal GM possède un pouvoir de contamination distinct qui s'établit en fonction de ses caractéristiques biologiques et dont les impacts écologiques varient. Les risques écologiques associés à la dispersion de gènes doivent faire l'objet d'une évaluation rigoureuse dans le cas de chaque OGM, car il est probable, voire parfois inévitable, qu'un problème de contamination survienne.

La contamination génétique causée par les OGM est incontrôlable et irréversible. Il s'agit en quelque sorte d'un type de pollution capable de s'autoreproduire.

Le scientifique canadien Rene Van Acker affirme qu'il est possible de tirer deux leçons en matière de dispersion de matériel génétiquement modifié à partir de l'expérience nord-américaine en matière de cultures GM : « [...] il est généralement admis qu'en faisant la production commerciale de cultures GM en milieu ouvert, on peut s'attendre à ce que les caractères GM se propagent plus loin que prévu et que les risques de propagation augmentent en fonction du niveau de production. Il est très difficile, voire impossible, de supprimer complètement les caractères GM qui se sont propagés dans une chaîne d'approvisionnement agricole²⁰⁹. »

LA CONTAMINATION PAR LES OGM DANS LES CENTRES DE BIODIVERSITÉ D'IMPORTANCE MONDIALE

Les impacts de la contamination par les OGM sont particulièrement sévères lorsque celle-ci survient dans des centres d'origine ou de biodiversité d'importance mondiale (soit les zones d'où proviennent nos principales cultures alimentaires ou celles où la diversité génétique est la plus grande). Par exemple, le Mexique est le centre d'origine du maïs, et il abrite une vaste diversité de variétés locales de maïs. Une telle diversité est essentielle au maintien des cultures résilientes qui sont adaptées à une vaste gamme de conditions de même qu'à la sélection de nouvelles variétés capables de s'acclimater.

En 2000, des chercheurs de l'Université de Californie à Berkeley ont constaté que certaines variétés locales endogènes de maïs dans l'État d'Oaxaca avaient été contaminées de manière importante par des variétés GM²¹⁰. Bien que le Mexique ait imposé un moratoire sur la culture du maïs GM depuis 1998, du maïs GM en provenance des États-Unis a continué d'affluer dans ce pays. En 2001, une étude entreprise par le gouvernement mexicain a d'ailleurs corroboré ce fait²¹¹. À cette époque, le secrétaire de la Commission nationale de biodiversité du Mexique a mentionné la chose suivante : « Il s'agit du pire cas de contamination au monde impliquant du matériel génétiquement modifié parce qu'il s'est produit sur le lieu d'origine d'une importante culture²¹². »

Au cours des années qui ont suivi, la contamination par les OGM a été l'un des types d'atteintes à l'environnement les plus souvent rapportés à la section mexicaine du Tribunal permanent des peuples. Ce dernier a conclu qu'« Étant donné les risques très graves qui menacent le centre d'origine mondial du maïs, l'aliment de base des peuples qui l'ont créé pour le bien de l'ensemble de l'humanité, et considérant que le Mexique constitue le réservoir de gènes de ce pilier de la sécurité alimentaire mondiale, il devrait être interdit de semer du maïs génétiquement modifié au Mexique²¹³. » En 2015, une série de décisions judiciaires a finalement permis d'empêcher l'approbation de nouvelles plantations de maïs GM au Mexique²¹⁴.

Certaines préoccupations en matière de conservation de la diversité génétique ont également joué un rôle clé dans la mise en place d'un moratoire de dix ans sur les cultures GM au Pérou, une décision prise en 2011 à la suite du refus des agriculteurs de la province de Cuzco de planter des pommes de terre GM^{215,216}. De même, en 2009, le gouvernement de l'Inde a instauré un moratoire d'une durée indéterminée afin d'empêcher l'introduction de l'aubergine GM Bt dans ce pays. L'Inde étant le centre d'origine de l'aubergine, ce sont principalement des inquiétudes selon lesquelles l'introduction de l'aubergine Bt pouvait menacer la riche diversité des variétés indiennes qui ont motivé cette décision²¹⁷.

La transmission des gènes peut également s'effectuer entre les cultures GM et les plantes sauvages apparentées. Différentes espèces et différents caractères ont la capacité de survivre et de perdurer dans la nature avec plus ou moins de succès²¹⁸. En Chine, par exemple, des chercheurs ont établi que si l'utilisation de riz tolérant aux herbicides était approuvée, des transgènes de riz GM pourraient se propager au riz sauvage et aux espèces de mauvaises herbes apparentées en quelque

mois de contact à peine, ce qui pourrait avoir des conséquences écologiques insoupçonnées²¹⁹.

LA CONTAMINATION PAR LES OGM AU CANADA

Des cas de contamination impliquant des cultures GM et des animaux GM expérimentaux²²⁰ se sont déjà produits au Canada. Or, de tels incidents peuvent avoir d'importants impacts environnementaux, sanitaires, sociaux et économiques. Au Canada, ces impacts se sont notamment concrétisés par la contamination de réserves de semences, ce qui a eu pour conséquence de réduire la diversité semencière et d'occasionner des coûts aux agriculteurs.

La contamination par le lin GM est l'un des exemples permettant d'illustrer ce genre de situation⁹. En 2009, le Canada s'est vu interdire d'importer du lin en Europe à la suite d'un problème de contamination survenu dans 35 pays²²¹. Les producteurs de lin ont dû tester les semences conservées à la ferme et acheter de nouvelles semences si on y trouvait le trait GM. En plus d'imposer des coûts aux agriculteurs, cet incident a réduit la diversité génétique des variétés de lin au Canada.

L'utilisation de semences GM est prohibée en agriculture biologique. Les céréaliculteurs biologiques canadiens ont majoritairement cessé de produire du canola en raison de la contamination par le canola GM. Dès que le canola GM a été introduit au Canada, la contamination des semences est rapidement devenue un problème²²². En conséquence, à l'exception des agriculteurs qui occupent les rares régions où les autres producteurs ne cultivent pas de canola, les agriculteurs biologiques certifiés n'ont plus le droit de produire, de vendre ou d'exporter du canola biologique. Le phénomène de contamination par les OGM menace l'avenir de l'agriculture biologique et par le fait même celui d'un modèle réglementé de production écologique.

Les expériences sur le terrain impliquant des cultures ou des arbres GM présentent également des risques de contamination. En 2013, le Citizen Ottawa a rapporté qu'une troupe d'oies du Canada du Canada avait brisé les mesures de confinement de la ferme expérimentale d'Agriculture Canada située à Ottawa. Durant l'été de 2012, les oies se sont posées sur un champ expérimental et ont mangé le blé GM qui y poussait. Poursuivant ensuite leur périple, il est possible qu'elles aient disséminé des semences de blé GM non digérées et encore viables par le biais de leurs excréments.²²³

Les coûts économiques et sociaux de la contamination par les OGM, dont les conséquences découlant de la contamination au lin et au canola GM au Canada, seront abordés dans le prochain rapport tiré de l'Enquête OGM qui s'intitulera Les OGM sont-ils bénéfiques aux agriculteurs?

La technologie Terminator

La technologie génétique restrictive (GURT) ou technologie Terminator est une manipulation génétique qui a pour but rendre stériles les semences à la récolte. Elle a été mise au point à titre de mécanisme biologique qui empêche les agriculteurs de conserver des semences brevetées et de les ressemer. Certains prétendent que cette technologie peut servir à prévenir la contamination par des plantes et des arbres GM. La Convention des Nations Unies sur la diversité biologique a toutefois adopté un moratoire international sur la commercialisation et l'essai en champ de Terminator, et cette technologie a été largement condamnée parce qu'elle met en péril la sécurité alimentaire des 1,4 milliard de personnes qui dépendent de la conservation des semences à la ferme²²⁴.

L'argument en faveur de l'utilisation de Terminator est que la stérilité génétiquement induite offre un dispositif de sécurité intégré : si des gènes modifiés issus de cultures Terminator se transfèrent à des végétaux de la même espèce par pollinisation croisée, la semence produite sera stérile – elle ne germera pas et cela stoppera la contamination. Il faut toutefois un taux d'efficacité de 100 % pour que la technologie soit considérée comme un outil possible de confinement biologique, et les scientifiques ayant étudié les modèles de stérilisation génétique des semences allèguent qu'il est impossible de garantir une telle efficacité²²⁵.

La technologie présente aussi ses propres risques de contamination. À la première génération, le pollen des cultures Terminator peut se déplacer vers d'autres cultures à pollinisation libre et vers des espèces sauvages similaires à proximité. Les agriculteurs qui trouvent des semences Terminator dans leur récolte pourraient être forcés de renoncer aux variétés traditionnelles et locales, et abandonner leurs stocks de semences adaptées aux conditions locales et aux besoins de la collectivité.

e Le lin GM dont il est ici question n'a pas été mis sur le marché au Canada et son utilisation est aujourd'hui révoquée. Pour connaître la chronologie des événements entourant ce cas, consulter le www.rcab.ca/content/view/full/555

L' IMPORTANCE DE LA BIODIVERSITÉ AGRICOLE

La biodiversité n'est pas seulement importante en dehors des terres agricoles, mais également au sein de celles-ci. La biodiversité agricole, aussi parfois appelée « agrobiodiversité », désigne la variabilité au sein de nos cultures, de nos cheptels, de nos pêcheries et de notre foresterie. Ce concept englobe autant la diversité intraspécifique qu'interspécifique²²⁶. Il fait référence au nombre et aux types de variétés de plantes et d'animaux d'élevage destinés à la production d'aliments, de fourrages, de fibres et de combustibles. Il fait également référence à la riche gamme d'organismes vivants qui garde nos sols en santé et qui pollinisent nos cultures de même qu'à ceux qui peuplent les écosystèmes adjacents tels les forêts, les prairies et les milieux aquatiques et qui entrent en interaction avec les écosystèmes agricoles²²⁷.

La biodiversité agricole est importante pour de nombreuses raisons. Les écosystèmes agricoles renferment une grande partie de la biodiversité mondiale, et ceux-ci contribuent à la diversité en dehors de leurs limites. La diversité des plantes et des cultures, par exemple, est nécessaire à la diversité des pollinisateurs et des oiseaux qui à son tour, soutient des espèces qui peuvent être les prédateurs naturels d'organismes ravageurs et de maladies.

La biodiversité agricole est également étroitement liée à la sécurité alimentaire, et elle constitue la pierre angulaire de la capacité d'adaptation de nos systèmes agricoles face aux changements climatiques. Plus la diversité est riche au sein d'une population, plus il y a de chances que certaines variétés ou certains individus au sein de cette population soient en mesure de tolérer les stress environnementaux. Cette diversité alimente également la réserve de ressources génétiques sur laquelle les éleveurs et les agriculteurs publics peuvent compter

pour créer de nouvelles variétés. Ainsi, la perte de biodiversité agricole ne détruit pas seulement des variétés importantes pour le présent, mais également une vaste gamme de cultures potentielles pour l'avenir. Ce phénomène compromet également certaines options qui permettraient d'adapter l'agriculture aux conditions futures.

La diversité des cheptels et des cultures a décliné et continue de le faire à un rythme alarmant. Au cours du dernier siècle, plus de 75 % de la diversité des cultures mondiales ont été perdues²²⁹. Seeds of Diversity Canada estime que les agriculteurs et les jardiniers du Canada cultivaient quelque 35 000 variétés de plantes alimentaires il y a seulement quelques générations²³⁰. Comme dans le reste du monde, les trois quarts de ces variétés pourraient maintenant avoir disparu.

Les changements climatiques ne feront qu'accélérer la perte de biodiversité. Alors que les modifications du climat et la recrudescence des événements climatiques extrêmes imposent un stress croissant sur les systèmes agricoles, un plus grand nombre d'espèces risque l'extinction. Les scientifiques estiment qu'environ 20 à 30 % de toutes les espèces risquent de disparaître advenant une hausse de 1,5 à 2 °C des températures moyennes mondiales²³¹.

Cette inquiétante perte de biodiversité est le résultat d'un ensemble de facteurs parmi lesquels se trouvent la perte d'habitats, les changements climatiques, la dégradation de l'environnement et, fait encore plus important, le remplacement d'une riche diversité de variétés et de cultivars traditionnels adaptés aux conditions locales préservés par les agriculteurs par quelques variétés de cultures.

« La biodiversité est la base de la sécurité alimentaire, des modes de substances durables, de la résilience des écosystèmes, des stratégies d'adaptation aux changements climatiques, et de la réponse adéquate aux besoins nutritionnels; elle constitue également une assurance pour l'avenir et pour la gestion des processus biologiques nécessaires à un mode de production agricole durable.²²⁸

— Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

L'agriculture industrielle a encouragé la monoculture d'un petit nombre de variétés des cultures. Les grandes entreprises mettent tous leurs efforts dans la mise au point et la vente de ces quelques variétés, qui sont sélectionnées pour leur uniformité, leur capacité de conservation, leur facilité à être transportées et leur rendement, souvent au détriment de leur capacité à s'adapter aux conditions environnementales. Par ailleurs, l'avènement des variétés hybrides et des semences brevetées a obligé les agriculteurs à acheter des semences chaque année et à cesser de conserver leurs propres semences adaptées aux conditions locales. Les modèles d'agriculture diversifiée à petite échelle sont marginalisés dans un tel système, et les variétés commerciales se substituent souvent aux multiples variétés traditionnelles²³⁴.

Fruits de ce modèle agricole industriel, les semences et les cultures GM ont perpétré la perte de biodiversité. Par ailleurs, à l'instar de ce modèle auquel elle participe, la biotechnologie a encouragé l'utilisation d'une poignée de cultures commerciales génétiquement uniformes auxquelles quelques caractères ont été ajoutés.

La biodiversité agricole à travers le siècle dernier²³²

75 % de la diversité génétique végétale mondiale ont disparu;

30 % des races d'élevage risquent l'extinction; six races disparaissent chaque mois;

Aujourd'hui, 75 % des aliments servant à nourrir la population mondiale proviennent de douze espèces végétales et de cinq espèces animales;

À peine cinq cultures – le riz, le maïs, le blé, le millet et le sorgho – fournissent 60 % de l'énergie alimentaire mondiale.²³³

LA BIODIVERSITÉ AGRICOLE EN CONTEXTE DE CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Le réchauffement planétaire causera des changements qui demeurent difficiles à prévoir avec précision. Par exemple, les scientifiques ne savent pas si les changements de température vont affecter la période de floraison des cultures, et si les pollinisateurs seront en mesure de modifier leur comportement suffisamment rapidement pour s'adapter à ce changement. Ils pensent également que certains agents pathogènes et organismes ravageurs seront en mesure d'évoluer rapidement et qu'ils causeront potentiellement des dommages aux écosystèmes agricoles, ou encore que certaines plantes invasives supplanteront les espèces actuelles au sein des écosystèmes forestiers.

Ces changements vont tous accroître l'importance des cultures dont le bagage génétique est diversifié et résilient, et qui seront ainsi capables de s'adapter rapidement aux conditions changeantes. Les grandes entreprises semencières à travers le monde ont breveté des séquences de gènes afin de créer des cultures dites « climate-ready » qui pourront s'adapter aux nouveaux stress environnementaux induits par les changements climatiques²³⁵. Cependant, des études ont déjà démontré que les variétés traditionnelles sont plus en mesure de s'adapter aux conditions difficiles ou extrêmes que celles nouvellement créées. En se basant sur deux études, un rapport de la FAO portant sur la biodiversité et l'alimentation indique que « Sous des conditions difficiles, le risque de mauvaise récolte est moindre avec les cultivars traditionnels qu'avec les variétés modernes; par exemple, le rendement de cultivars traditionnels d'orge sous des conditions difficiles est de 25 à 61 % plus important que celui de variétés non traditionnelles [...] Le rendement des mélanges variétaux modernes de plusieurs cultures peut surpasser celui des monocultures correspondantes : il a par exemple été prouvé que les mélanges de blé ont un rendement de 19 % supérieur à celui des monocultures²³⁶ ».

Chaque variété que nous avons perdue ou que nous perdrons contribue à réduire la diversité génétique de nos cultures, ce qui en retour amenuise leur capacité de s'adapter aux changements climatiques, aux maladies et aux autres stress environnementaux. Certaines variétés de cultures aujourd'hui disparues auraient pu mieux s'adapter à certaines conditions environnementales particulières ou aux impacts des changements climatiques. **Les cultures GM perpétuent la dégradation de la biodiversité agricole, et ne constituent aucunement une approche à long terme permettant d'assurer la résilience et l'adaptabilité futures de l'agriculture.**

FUTURS OGM, RISQUES FUTURS

En plus d'examiner les impacts environnementaux des applications actuelles de la technologie du génie génétique, il faut envisager les risques potentiels des applications futures. Cela comprend les risques auxquels s'expose le Canada en raison de l'introduction de pommiers GM sans brunissement que l'on vient d'approuver; la possible production commerciale du saumon de l'Atlantique GM à croissance accélérée; et l'introduction imminente de la luzerne GM tolérante aux herbicides à faible teneur en lignine. On voit aussi poindre d'autres applications possibles du génie génétique qui posent des risques graves – notamment pour les arbres forestiers.

Chaque organisme génétiquement modifié comporte son lot de risques potentiels, fondés sur le ou les caractéristiques GM; les possibilités de contamination inhérentes à la biologie de l'organisme; le mode d'utilisation en agriculture; et son rôle écologique.

LUZERNE GM

La diffusion de luzerne GM tolérante au glyphosate est retardée au Canada depuis 2013 en raison des protestations d'agriculteurs et de consommateurs. La société Forage Genetics International (FGI) vend déjà aux É.-U. de la luzerne GM dotée du caractère Roundup Ready de résistance au glyphosate de Monsanto, mais elle a confirmé qu'elle ne vendra pas la semence au Canada en 2015²⁶¹. À la fin 2014, Monsanto a également obtenu l'approbation du Canada et des É.-U. pour la vente de sa luzerne GM à faible teneur en lignine.

Si on introduit la luzerne GM, il y aura inévitablement un flux de gènes et de caractéristiques GM vers la luzerne non GM. La luzerne GM serait la première culture vivace génétiquement modifiée au Canada. La biologie de la luzerne et ses modes d'utilisation la rendent particulièrement sensible à la contamination.

La luzerne est pollinisée par des insectes. La graine de luzerne est minuscule, ce qui augmente énormément la possibilité que des semences s'échappent lors de la plantation, du transport et de la récolte. La luzerne survit également bien dans les habitats non aménagés, comme les fossés, et la luzerne sauvage va exacerber la propagation non désirée des plants de luzerne GM.

La luzerne est une culture très importante dans plusieurs systèmes agricoles au Canada, notamment pour les agriculteurs de fermes biologiques et écologiques qui l'utilisent pour fertiliser les sols. La luzerne est aussi un aliment pour le bétail à teneur élevée en protéine. La contamination par la luzerne GM des cultures fourragères et des pâturages est donc une menace sérieuse pour l'agriculture biologique, notamment la production laitière biologique, mais aussi la production du bœuf nourri à l'herbe. Les agriculteurs biologiques ou qui n'utilisent pas d'OGM devraient alors assumer le coût d'enlèvement des plants de luzerne GM sur leur ferme sans pouvoir espérer une compensation, en plus de courir le risque de perdre leur certification biologique.

En 2013, deux agriculteurs de l'Ontario appuyés par le RCAB, le syndicat national des cultivateurs de l'Ontario et le Fonds de protection de l'agriculture biologique du Saskatchewan Organic Directorate ont exigé une évaluation environnementale de la luzerne Roundup Ready en vertu de la Charte des droits environnementaux de l'Ontario. En plus de souligner les risques et les conséquences de la contamination pour les agriculteurs ontariens, les agriculteurs ont plaidé que l'introduction de la luzerne Roundup Ready ferait augmenter l'utilisation d'herbicides dans la province et menacerait la biodiversité²⁶².

L'introduction de luzerne Roundup Ready augmentera l'utilisation du glyphosate en plus d'accélérer le développement de mauvaises herbes résistantes au glyphosate. Au Canada, l'utilisation d'herbicides dans la culture de la luzerne se limite à une pulvérisation avant les semis ou après la récolte afin de tuer (brûler) la luzerne avant la plantation suivante. La luzerne est habituellement cultivée sans pesticides parce qu'elle pousse dans des peuplements mixtes avec des espèces de graminées que la pulvérisation risque de détruire. La dissémination de luzerne Roundup Ready entraînerait toutefois un passage des plantations fourragères mixtes vers les peuplements de luzerne purs, ce qui réduirait encore la biodiversité.

La luzerne est le seul type de plante fourragère moderne dotée d'une diversité génétique à la fois au sein de la même espèce et dans d'autres espèces cultivées simultanément dans un même champ²⁶³. Les peuplements sont souvent constitués d'un mélange de légumineuses et de graminées qui fournissent un habitat pour la faune en Ontario, notamment pour des espèces d'oiseaux menacées d'extinction de même que pour plusieurs pollinisateurs et autres insectes.

Ces espèces nourrissent à leur tour d'autres espèces fauniques – oiseaux, mammifères chasseurs et serpents – formant ainsi le premier maillon d'une importante chaîne alimentaire. Les plantes fourragères vivaces comme la luzerne présentent aussi toute une gamme de précieux avantages sur le plan de l'environnement²⁶⁴. Les légumineuses fourragères participent à la rotation des cultures en vue d'accroître la teneur en azote et préserver la fertilité des sols; elles préviennent l'érosion et contribuent à l'aération des sols. La luzerne incorporée au sol par le labourage enrichit la matière organique et augmente la capacité du sol de retenir l'humidité et d'assimiler le dioxyde de carbone. On perdrait ces avantages environnementaux en cultivant plus de luzerne en peuplements purs, ou si un plus grand nombre d'agriculteurs décidait de ne pas cultiver la luzerne afin d'éviter les coûts et les responsabilités découlant de la contamination par la luzerne GM. *Pour plus d'information, voir le rapport 2013 du RCAB, L'impossibilité de prévenir la contamination par la luzerne GM en Ontario.*

www.rcab.ca/luzerne

SAUMON GM

En novembre 2013, le ministre de l'Environnement du Canada a approuvé la production commerciale du premier poisson génétiquement modifié au monde : ²³⁷ un saumon GM mis au point par l'entreprise étatsunienne AquaBounty. Ce poisson GM n'a pas encore été approuvé pour la consommation humaine, pas plus au Canada qu'ailleurs dans le monde, et il n'est donc pas produit à l'échelle commerciale. Les appareils réglementaires du Canada ou des É.-U. pourraient toutefois en approuver la consommation en tout temps.

On a modifié le saumon avec un gène d'hormone de croissance du saumon Chinook et du matériel génétique de la loquette (un poisson semblable à l'anguille) afin d'en accélérer la croissance. Le projet initial de l'entreprise était de produire les œufs du poisson GM à l'Île-du-Prince-Édouard et de les expédier ensuite au Panama par bateau pour l'élevage et la transformation²³⁸.

La décision du Canada d'autoriser la production de saumon GM est contestée devant les tribunaux par l'Ecology Action Centre (Nouvelle-Écosse) et la Living Oceans Society (Colombie-Britannique)²³⁹. Ces groupes affirment que le gouvernement aurait dû évaluer les risques découlant de l'évasion du poisson

GM plutôt que d'évaluer seulement la sûreté des plans de confinement de l'entreprise. L'évasion du poisson d'élevage des enclos de filet et des éclosiers en mer constitue déjà un problème grave et récurrent. En raison de ce risque, AquaBounty se limitera au confinement sur terre. L'entreprise déclare également qu'elle ne produira que des femelles stériles^e, mais ne garantit qu'une stérilité maximale de 95 %²⁴⁰. Même si seulement 1 % des poissons GM restent fertiles, l'évasion pose un risque important pour l'avenir des populations sauvages de saumon de l'Atlantique, dont plusieurs espèces sont déjà menacées.

Une étude du ministère des Pêches et Océans sur le saumon Coho GM expérimental démontre que le saumon GM est plus agressif et qu'il peut faire concurrence au saumon sauvage pour s'alimenter²⁴¹. Le saumon GM de l'Atlantique peut survivre dans la nature et s'y reproduire, notamment avec la truite brune²⁴². Nous connaissons son véritable impact environnemental seulement après que le saumon GM se sera échappé.

www.rcab.ca/poisson

POMMIERS GM

Le 20 mars 2015, les appareils réglementaires canadiens ont approuvé la culture au Canada du premier arbre GM et du premier fruit GM. La pomme est génétiquement modifiée pour que sa chair ne brunisse pas après avoir été tranchée, et cela, pendant 15 à 18 jours²⁴³. Ces pommiers GM peuvent maintenant être plantés en toute légalité au Canada (et aux É.-U.) et nous pourrions voir les premiers pommiers en fleurs dès 2016. Même s'il faut plusieurs années pour établir un verger, l'entreprise affirme qu'il pourrait y avoir des pommes GM sur le marché dès 2016²⁴⁴.

Les pommiers sont pollinisés par les abeilles. Il existe quelque 450 espèces indigènes d'abeilles en C.-B.²⁴⁵ et plusieurs petits vergers, notamment en C.-B., assurent la survie de toute une gamme d'abeilles sauvages et indigènes capables de parcourir de grandes distances. L'entreprise prétend que le risque de pollinisation croisée est faible, alléguant que les abeilles resteront à proximité de leur ruche où il y a suffisamment à manger, par exemple quand les vergers sont en fleurs, et que « la densité des plantations et les rangées tampons empêchent les abeilles

^f La stérilité du poisson GM est induite par le processus de triploidie, qui soumet les œufs à une pression ou à d'autres traitements, ce qui entraîne une composition anormale des cellules chez la plupart des poissons, qui portent alors trois lots de chromosomes plutôt que le nombre normal de deux (diploïde). Cela empêche la reproduction.

d'aller bien loin; par conséquent, il n'y a presque aucun risque que des abeilles transportent le pollen assez loin pour que cela pose problème²⁴⁶. » Mais plusieurs arboriculteurs fruitiers ne sont pas d'accord, surtout si l'on considère le comportement des abeilles indigènes et leur diversité²⁴⁷.

Un autre risque possible est la contamination par les semences. Les fleurs de pommiers pollinisées par du pollen d'arbres GM produiront des pommes dont les pépins pourraient contenir la nouvelle séquence génétique. Même si les producteurs commerciaux ne cultivent habituellement pas les pommiers à partir des semences, les pépins de pommes GM pourraient germer et produire des pommiers viables. Les semences peuvent se disséminer dans l'environnement à partir des cœurs de pommes, entre autres quand des animaux les mangent et les répandent.

www.rcab.ca/pommes

ARBRES GM

La dissémination d'arbres GM est déjà un fait accompli. En plus des pommiers GM, le gouvernement des É.-U. a approuvé en 2014 un pin taeda génétiquement modifié sur le plan de la composition du bois (pour la production de biocarburant) (cette approbation a été connue en 2015 seulement)²⁴⁸ et le gouvernement du Brésil a approuvé la culture commerciale d'eucalyptus GM le 9 avril 2015. Le gouvernement canadien a autorisé les essais en champ de peupliers et d'épinettes GM dès 1997²⁴⁹, et investi dans la recherche sur les arbres GM par l'entremise du Service canadien des forêts de Ressources naturelles Canada²⁵⁰.

Les expériences relatives aux arbres GM comportent d'énormes possibilités de flux génétiques, parce que les arbres sont des organismes de grande taille qui vivent longtemps et produisent une grande quantité de pollen et de semences conçus pour se déplacer sur de longues distances²⁵¹, dispersés par le vent et par l'action des animaux²⁵². Il y a un risque très élevé que les arbres GM contaminent les forêts indigènes et que cela exerce des impacts imprévus et complexes sur les écosystèmes forestiers. **Une fois cette contamination amorcée, on ne peut plus l'arrêter. Les arbres GM vont contaminer les forêts indigènes, qui deviendront elles-mêmes des contaminants dans un cycle sans fin.**

Des scientifiques du Service canadien des forêts ont déjà prévenu qu'« il surviendra des flux de gènes provenant d'arbres génétiquement modifiés à moins

de les rendre strictement incapables de se reproduire²⁵³ ». Les suggestions sur le rôle des techniques de stérilité en rapport avec la dissémination d'arbres GM sont courantes en raison du risque de contamination avéré²⁵⁴, mais ces technologies ne seraient pas fiables et posent elles-mêmes un risque pour l'environnement (voir la page x sur la technologie Terminator). Malgré les avertissements sur le caractère inévitable de la contamination, le gouvernement canadien poursuit les expériences avec des arbres GM.

Les arbres GM menacent les écosystèmes forestiers. Les forêts sont l'une des plus importantes réserves de la biodiversité mondiale – certains sols forestiers peuvent contenir à eux seuls des milliers d'espèces. La forêt boréale du Canada est l'un des écosystèmes les plus vastes et les plus importants de la planète sur le plan écologique. Elle tempère le climat, produit de l'oxygène, purifie l'eau que nous buvons, stocke des tonnes de gaz carbonique et accueille des milliers d'espèces d'arbres, de plantes, d'animaux, d'oiseaux et d'insectes.

L'introduction commerciale d'arbres GM pourrait aussi avoir des impacts indirects sur l'environnement. La production de biocarburants à l'échelle commerciale et industrielle entraîne déjà la conversion des forêts et d'autres écosystèmes naturels vers la production de cultures et d'arbres comme sources de carburant²⁵⁵. Historiquement, l'utilisation de monocultures d'arbres dans le monde a entraîné une simplification généralisée des écosystèmes et l'extinction d'espèces endémiques²⁵⁶. Ainsi, la production d'arbres génétiquement modifiés pour être transformés plus facilement en biocarburants et en pulpe et papier risque d'accentuer les pressions économiques en vue de convertir les terres en plantations.

De concert avec des groupes partout dans le monde, le RCAB est arrivé à la conclusion que **« La seule méthode fiable pour prévenir l'évasion de matériel génétique tel que les transgènes issus d'arbres génétiquement modifiés est de ne pas disséminer ces arbres en milieu ouvert »**²⁵⁷. En 2008, le RCAB et des groupes du monde entier ont appuyé l'appel en vue d'interdire les arbres GM à la Convention des Nations Unies sur la diversité biologique (CDB)²⁵⁸. L'appel a obtenu le soutien des pays africains, mais le Canada et d'autres pays s'y sont opposés, ce qui a amené la CDB des Nations Unies à émettre une série de recommandations en vue de renforcer la réglementation à l'échelle des pays, réaffirmant « le droit d'adopter une approche de précaution en ce qui a trait à la question des arbres génétiquement modifiés²⁵⁹ ».



Les arbres GM peuvent causer des ravages écologiques dans les forêts indigènes partout dans le monde. Les arbres GM pourraient également avoir un impact sur la faune, ainsi que sur les collectivités rurales et autochtones qui ont besoin de forêts intactes pour se nourrir, s'abriter, s'abreuver et maintenir leurs moyens de subsistance et leurs pratiques culturelles. À titre de généticien, je crois qu'il y a bien trop d'inconnues et de questions sans réponse pour cultiver des plantes génétiquement modifiées – cultures vivrières ou arbres – en pleine terre. Les arbres GM ne doivent pas être disséminés dans l'environnement, ni dans des plantations commerciales ni sur quelque autre parcelle expérimentale à l'air libre, et il faut supprimer les plantations existantes. — David Suzuki²⁶⁰

Tableau 2 : Essais en champ approuvés par le gouvernement canadien dans la recherche génétique sur les arbres

ESPÈCE D'ARBRE	ORGANISME	ANNÉES	NOMBRE D'ESSAIS	FOCALISATION DE LA RECHERCHE	SITE
Peuplier (<i>Populus alba xgrandidentata</i>)	Inconnu	1997	1	Recherche en génétique	Québec
Peuplier (<i>Populus alba xgrandidentata</i>)	Alberta Pacific Forest Industries	1998	1	Tolérance aux herbicides, recherche de marqueur génétique	Alberta
Épinette noire (<i>Picea mariana</i>)	Centre de foresterie des Laurentides (Service canadien des forêts de Ressources naturelles Canada)	2000-2004	2	Recherche en génétique	Québec
Épinette blanche (<i>Picea</i>)	Centre de foresterie des Laurentides (Service canadien des forêts de Ressources naturelles Canada)	2000-2006	1	Résistance aux insectes	Québec
Peuplier (<i>alba xgrandidentata</i>) and Poplars (<i>Populus spp.</i>)	Centre de foresterie des Laurentides (Service canadien des forêts de Ressources naturelles Canada)	2000-en cours	Ranging from 1-11 per year	Recherche en génétique, maturité ou croissance altérée, métabolites secondaires modifiés, résistance aux champignons, modification du contenu en glucide, tolérance à un herbicide	Québec
Peuplier (<i>Populus spp.</i>)	Queen's University	2009-en cours	1	Recherche génétique et antibiotique, marqueur de sélection	Ontario

CONCLUSION

L'utilisation de cultures génétiquement modifiées tolérant les herbicides et résistant aux insectes au cours des vingt dernières années au Canada a fait grimper l'utilisation de pesticides et exacerbé la résistance chez les mauvaises herbes et les insectes. De plus, elle a eu des impacts négatifs sur la biodiversité, menacé de contamination par les OGM des cultures et plantes non GM, et perpétué l'érosion de la diversité génétique de nos cultures agricoles. Les prochaines cultures GM auront sans doute des impacts similaires, en plus de poser de nouveaux risques qu'il est difficile de prédire.

Ces impacts ne sont pas seulement imputables à la technologie transgénique, mais aussi au mode de culture des OGM. Les cultures GM sont enracinées dans un modèle agricole qui dépend des énergies fossiles et le renforce. Ce modèle utilise de grandes quantités d'énergie, d'eau, de pesticides et d'engrais, et produit énormément d'émissions de gaz à effet de serre et de déchets. Les monocultures inhérentes à ce système menacent la biodiversité, tant sur la ferme qu'à l'extérieur. Une bonne partie de ces problèmes est liée au fait qu'une poignée de grandes sociétés contrôle de plus en plus les intrants agricoles, y compris le système des semences – la base même de toute alimentation et toute agriculture.

La réglementation canadienne n'est pas conçue pour contrôler et évaluer les impacts environnementaux des cultures GM libérées dans l'environnement, ni pour tirer des leçons des impacts constatés au cours des vingt dernières années. En l'absence d'une telle

évaluation, nous allons inévitablement reproduire les mêmes problèmes environnementaux. On a récemment approuvé de nouvelles cultures GM – dont des cultures tolérant le 2,4-D – et le dicamba – qui risquent d'accroître l'utilisation d'herbicides et la prolifération de mauvaises herbes résistant aux herbicides, ce qui confirme les dangers de ce modèle.

En outre, le système réglementaire en place évalue à la pièce certains impacts environnementaux des cultures GM, sans toutefois évaluer leurs risques dans le plus vaste contexte d'écosystèmes complexes et de l'utilisation agricole. Prise isolément, chaque culture GM pose plusieurs risques soulignés dans ce rapport, mais il est possible que ces cultures exercent aussi à plus long terme des impacts écosystémiques qu'il est difficile de prédire.

Il est plus urgent que jamais de renverser les modèles d'agriculture industrielle et de bâtir des systèmes alimentaires et agricoles qui soient résilients, diversifiés et viables. Les approches biologiques et écologiques visent à réduire la dépendance de l'agriculture envers les pesticides et les engrais chimiques, ainsi que l'émission de gaz à effet de serre et l'utilisation des ressources. Contrôlés par les agriculteurs plutôt que par les grandes sociétés, ces modèles sont enracinés dans des systèmes de semences diversifiés et flexibles, et ils bâtissent la biodiversité plutôt que de l'éroder.

QUE FAIRE MAINTENANT?

LES RECOMMANDATIONS D'UNE POLITIQUE ALIMENTAIRE POPULAIRE POUR LE CANADA, 2011

La Politique alimentaire populaire est la toute première politique alimentaire canadienne élaborée par des individus et des organisations œuvrant au sein du mouvement alimentaire. Sur une période de deux ans, plus de 3 500 personnes ont pris part à un processus de consultation populaire visant à définir une vision collective d'un système alimentaire sain, écologique et équitable qui puisse pourvoir aux besoins de la population en matière d'aliments de qualité, acceptables et accessibles. La politique conclut :

« Un rapport récent du rapporteur spécial des Nations unies sur le droit à l'alimentation souligne qu'un virage vers une agriculture écologique non seulement serait bénéfique sur le plan environnemental en réduisant la dépendance envers les engrais chimiques, mais qu'il doublerait en moins de dix ans la production alimentaire de régions aux prises avec la faim, tout en apportant des solutions aux changements climatiques. La Politique alimentaire populaire appuie cet appel en faveur d'un virage vers une agriculture écologique à l'échelle mondiale. Il est crucial que nous délaissions les systèmes industriels linéaires qui dépendent d'intrants extérieurs et de pratiques nuisibles à l'environnement, et qui génèrent des tonnes de déchets et de substances toxiques. La production alimentaire doit plutôt se tourner vers des systèmes écologiques circulaires, où les « déchets » deviennent des engrais »²⁶⁵.

- 1 Démocratiser les politiques en matière de science et de technologie et intégrer le principe de précaution à toutes les étapes du processus décisionnel.
- 2 Les OGM sont des agents de pollution vivants qui se reproduisent. Nous ne pouvons ni les rappeler ni les contrôler une fois qu'ils ont été relâchés et commencé à se répandre et à se croiser avec d'autres organismes, contaminant ainsi les écosystèmes et ayant des impacts imprévisibles et incontrôlables sur les générations futures. Les cultures génétiquement modifiées menacent donc la biodiversité, essentielle à la sécurité alimentaire, en plus de mettre en péril les cultures biologiques par la contamination. Il faut éliminer celles qui existent déjà et n'approuver aucune nouvelle culture ou espèce animale modifiée génétiquement. Il importe d'assurer un processus de transition équitable en offrant un soutien financier et technique pour aider les agriculteurs qui utilisent actuellement des OGM à retourner aux semences non modifiées génétiquement et à adopter des pratiques écologiques.
- 3 Étant donné que la mainmise sur les semences, et éventuellement les espèces animales, a pour effet d'appauvrir les agriculteurs et les collectivités rurales pour enrichir de grandes entreprises et leurs actionnaires, il importe de modifier la législation canadienne de façon à interdire le brevetage du vivant, y compris des organismes vivants et des séquences génétiques.
- 4 Protéger et soutenir le partage libre et gratuit de semences et d'espèces animales non transgéniques, une pratique fondamentale de l'agriculture.
- 5 Imposer un moratoire national sur la technologie Terminator et soutenir le moratoire international décrété par la Convention sur la diversité biologique (CDB) des Nations unies.

BRISER LE CERCLE VICIEUX DES PESTICIDES

- Il faut évaluer les impacts des cultures tolérantes les herbicides sur l'utilisation de pesticides au Canada, et les impacts spécifiques de l'utilisation accrue de glyphosate sur la santé des personnes et de l'environnement.
- Le gouvernement fédéral doit fixer des cibles de réduction des herbicides pour toutes les cultures majeures et inclure dans les programmes agricoles des amendes ou des incitatifs financiers afin d'appuyer cette politique. Les programmes du genre doivent aider les agriculteurs à utiliser moins d'herbicides, sans pour autant sacrifier leur profit.
- Le gouvernement fédéral doit arrêter l'introduction des cultures GM déjà approuvées qui tolèrent le 2,4-D et le dicamba. L'Agence canadienne d'inspection des aliments doit révoquer l'acceptation des cultures tolérant le 2,4-D et le dicamba, et arrêter toute approbation ultérieure de cultures tolérantes des herbicides.

ARRÊTER LA CONTAMINATION PAR LES OGM

- Le gouvernement fédéral doit arrêter tous les essais en champ d'arbres GM et imposer un moratoire sur l'approbation de tout arbre GM au Canada.
- L'interdiction nationale des essais en champ et de l'introduction commerciale de la *technologie Terminator* au Canada appuierait le moratoire des Nations Unies, à l'instar de la position prise par le Brésil et l'Inde.
- Le Canada doit ratifier le protocole onusien de Carthagène sur la biosécurité.

FAIRE DE LA RECHERCHE ET DÉBATTRE LA QUESTION

Si le gouvernement fédéral n'intervient pas, les gouvernements provinciaux peuvent faire quelque chose. Ainsi, en 1999-2000, le commissaire à l'Environnement de l'Ontario a noté au sujet des OGM qu'il y avait lieu de « ... tenir compte d'importants problèmes environnementaux. Ces questions ne font l'objet d'aucun débat public en Ontario, peut-être en partie parce qu'il y a peu d'information sur les impacts écosystémiques²⁶⁶ ». Le commissaire a recommandé que le gouvernement provincial :

- Établisse une instance provinciale indépendante chargée de la protection écosystémique, capable d'aborder les enjeux relatifs aux OGM.
- Finance la recherche et la réflexion indépendantes sur les questions écologiques fondamentales en rapport avec les organismes génétiquement modifiés.

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LE TEXTE

- 1 People's Food Policy, 2011. Resetting the Table: A people's food policy for Canada. p17. <http://foodsecurecanada.org/sites/default/files/fsc-resetting2012-8half11-lowres-en.pdf>
- 2 Monsanto. Improving Lives. <http://www.monsanto.com/improvingagriculture/pages/default.aspx>
- 3 James, Clive. 2015. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2014. ISAAA brief No. 49. International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA): Ithaca, NY.
- 4 Boerboom, Chris and Michael Owen. 2006. Facts about Glyphosate-Resistant Weeds. The Glyphosate, Weeds, and Crops Series. http://www.plant.uoguelph.ca/resistant-weeds/resources/understanding_resistance.html
- 5 Ibid.
- 6 Fernandez-Cornejo, Jorge, and William D. McBride. 2000. Genetically Engineered Crops for Pest Management, Economic Research Service, US Department of Agriculture. Agricultural Economic Report No. 786.
- 7 Monsanto. Undated (prior to 1997). Common Ground: Agriculture for a Sustainable Future.
- 8 Monsanto quoted in GM-Free Scotland. 2011. Safe as Salt? Not Roundup. April. <http://gmfreescotland.blogspot.ca/2011/04/safe-as-salt-not-roundup.html>
- 9 Attorney General of the State of New York. Consumer Frauds and Protection Bureau. Environmental Protection Bureau. 1996. In the matter of Monsanto Company, respondent. Assurance of discontinuance pursuant to executive law § 63(15). New York, NY, Nov. False Advertising by Monsanto Regarding the Safety of Roundup Herbicide (Glyphosate).
- 10 International Agency for Research on Cancer. 2015. Carcinogenicity of tetrachlorvinphos, parathion, malathion, diazinon, and glyphosate. Lancet. March 20. [http://dx.doi.org/10.1016/S1470-2045\(15\)70134-8](http://dx.doi.org/10.1016/S1470-2045(15)70134-8)
- 11 Monsanto. Product label, Roundup WeatherMAX With Transorb 2 Technology Liquid Herbicide. http://roundup.ca/_uploads/documents/WMAX_May2013.pdf
- 12 National Farmers Union. 2015. Glyphosate: Frequently Asked Questions – A National Farmers Union Fact Sheet. April. <http://www.nfu.ca/sites/www.nfu.ca/files/UF%20NEWSLETTER%20MARCH%202015.pdf>
- 13 Howe, Christina, Michael Berrill and Bruce Pauli. 2001. The Acute and Chronic Toxicity of Glyphosate-Based Pesticides in Northern Leopard Frogs. https://www.trentu.ca/biology/berrill/Research/Roundup_Poster.htm
- 14 Paganelli, Alejandra, et al. 2010. Glyphosate-Based Herbicides Produce Teratogenic Effects on Vertebrates by Impairing Retinoic Acid Signaling. Chemical Research in Toxicology 23(10), pp 1586–1595
- 15 Cuhra, Marek et al. 2013. Clone- and age-dependent toxicity of a glyphosate commercial formulation and its active ingredient in *Daphnia magna*. Ecotoxicology, 22:251–262.
- 16 Environmental Commissioner of Ontario. 2012. Revenge of the Weeds, Eco Issues, October.
- 17 Giroux, I., and L. Pelletier. 2012. Présence de pesticides dans l'eau au Québec : bilan dans quatre cours d'eau de zones en culture de maïs et de soja en 2008, 2009 et 2010. Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement. http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/pesticides/maïs_soya/index.htm
- 18 Alberta Environment. 2005. Overview of Pesticide Data in Alberta Waters Since 1995, Environmental Monitoring and Evaluation Branch. November. page 52.
- 19 Kremer, Robert J. Glyphosate and Glyphosate-Resistant Crop Interactions with Rhizosphere Microorganisms, USDA-ARS Cropping Systems & Water Quality Research Unit and University of Missouri Columbia, Missouri U.S.A
- 20 National Farmers Union. 2015. Glyphosate: Frequently Asked Questions – A National Farmers Union Fact Sheet. April. www.nfu.ca/sites/www.nfu.ca/files/UF%20NEWSLETTER%20MARCH%202015.pdf
- 21 Hanley, Paul. 2012. Canadian pesticide use keeps increasing. Star Phoenix, October 23.
- 22 Commissioner for the Environment and Sustainable Development. Quoted in Boyd, D., 2001. Canada vs. The OECD: An Environmental Comparison. Victoria, Eco-Research Chair in Environmental Law and Policy.
- 23 Environment Canada. 1996. State of Canada's Environment 1996. Quoted in Boyd, D., 2001. Canada vs. The OECD: An Environmental Comparison. Victoria, Eco-Research Chair in Environmental Law and Policy.
- 24 Health Canada. Mandatory Pesticide Sales Reporting. http://www.hc-sc.gc.ca/cps-spc/pest/registrant-titulaire/reporting-declaration/_sales-ventes/index-eng.php
- 25 United Nations Food and Agriculture Organization. 2015. Statistics Division. United Nations. <http://faostat3.fao.org/>
- 26 Health Canada. Pest control Products Sales Report for 2011. http://www.hc-sc.gc.ca/cps-spc/pest/registrant-titulaire/reporting-declaration/_sales-ventes/index-eng.php
- 27 CropLife Canada. 2011. Cultivating a Vibrant Canadian economy: The contributions of crop protection products and plant biotechnology. http://www.croplife.ca/wp-content/uploads/2012/02/Cultivating-a-vibrant-Canada-full-report_August-2011_FINAL.pdf
- 28 Croplife Canada. 2014. Supporting Sustainable Agriculture. 2013-2014 Annual Report http://www.croplife.ca/wp-content/uploads/2014/11/CROPLIFE_annualReport_E_web2.pdf
- 29 Beckie, Hugh J., Peter H. Sikkema, Nader Soltani, Robert E. Blackshaw, and Eric N. Johnson. 2014. Environmental Impact of Glyphosate-Resistant Weeds in Canada. Weed Science 62 (2): 385–92
- 30 Statistics Canada. Table 004-0002 - Census of Agriculture, total area of farms and use of farm land, Canada and provinces, every 5 years (number unless otherwise noted). CANSIM (database)
- 31 Byrtus, G. 2011. Overview of 2008 Pesticide Sales in Alberta. Alberta Environment. Edmonton, p 14
- 32 Alberta Environment. 2001. Pesticide Use in Alberta (1998) Factsheet. October. Page 4.
- 33 Byrtus, G. 2011. Overview of 2008 Pesticide Sales in Alberta. Alberta Environment. Edmonton, p 14
- 34 Ibid. Page 31
- 35 Gorse, I. et S. Dion. 2007. *Bilan des ventes de pesticides au Québec pour l'année 2003*. Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs
- 36 Gorse, I and C. Balg. 2013. Bilan des ventes de pesticides au Québec pour l'année 2010. Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs.
- 37 Giroux, I., and L. Pelletier. 2012. Présence de pesticides dans l'eau au Québec : bilan dans quatre cours d'eau de zones en culture de maïs et de soja en 2008, 2009 et 2010. Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement. http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/pesticides/maïs_soya/index.htm
- 38 Ibid.
- 39 Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. 2008. Economics Information - Survey of Pesticide Use in Ontario, 2008: Estimates of Pesticides Used on Field Crops, Fruit and Vegetable Crops, and Other Agricultural Crops <http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/facts/pesticide-use.htm>
- 40 McGee, Bill, Hugh Burges, and Denise Beaton. Economics Information. Survey of Pesticide Use in Ontario, 2008: Estimates of Pesticides Used on Field Crops, Fruit and Vegetable Crops, and Other Agricultural Crops. Appendix IX. Comparison of Total Active Ingredients Used on Major Crops and for Selected Pesticide Groupings, 1983, 1988, 1993, 1998, 2003 and 2008 <http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/facts/pesticide-use-appendix9.htm>
- 41 Clark, E. Ann. 2012. On the practical implication of Roundup Ready (RR®) Alfalfa. Warkworth, Ontario.
- 42 Environmental Commissioner of Ontario. 2012. Revenge of the Weeds. Eco Issues, October.
- 43 Ibid.
- 44 Benbrook, C., 2012. Impacts of genetically engineered crops on pesticide use in the U.S. – the first sixteen years. Environmental Sciences Europe, 24.

- 45 Philpott, Tom. 2012. How GMOs Unleashed a Pesticide Gusher. Mother Jones. <http://www.motherjones.com/tom-philpott/2012/10/how-gmos-ramped-us-pesticide-use>
- 46 Benbrook, C., 2012. Impacts of genetically engineered crops on pesticide use in the U.S. – the first sixteen years. Environmental Sciences Europe, 24.
- 47 Fernandez-Cornejo, J., SJ Wechsler, M Livingston, L Mitchell. 2014. Genetically Engineered Crops in the United States. United States Department of Agriculture e Economic Research Service. Report Number 162. <http://www.ers.usda.gov/media/1282246/err162.pdf>
- 48 Fernandez-Cornejo, J., C Osteen, R Nehring, SJ Wechsler. 2014. Pesticide Use Peaked in 1981, Then Trended Downward, Driven by Technological Innovations and Other Factors. USDA-ERS. <http://www.ers.usda.gov/amber-waves/2014-june/pesticide-use-peaked-in-1981,-then-trended-downward,-driven-by-technological-innovations-and-other-factors.aspx#.VTgDFGZ4rDN>
- 49 Benbrook, C., 2012. Impacts of genetically engineered crops on pesticide use in the U.S. – the first sixteen years. Environmental Sciences Europe, 24.
- 50 Catacora-Vargas et al. 2012. Soybean Production in the Southern Cone of the Americas: Update on Land and Pesticide Use. GenØk–Centre for Biosafety, Laboraroty of Developmental Phyiology and Plant Genetics of the Department of Crop Sciences of the Federal University of Santa Catarina (UFSC), REDES-AT/Friends of Earth, BASE-Social Research (BASE-IS). http://www.genok.com/wp-content/uploads/2013/04/SOY-SA-Land_Pesticides-ENG.pdf
- 51 James, Clive. 2015. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2014. ISAAA brief No. 49. International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA): Ithaca, NY.
- 52 Catacora-Vargas et al. 2012. Soybean Production in the Southern Cone of the Americas: Update on Land and Pesticide Use. GenØk- Centre for Biosafety, Laboraroty of Developmental Phyiology and Plant Genetics of the Department of Crop Sciences of the Federal University of Santa Catarina (UFSC), REDES-AT/Friends of Earth, BASE-Social Research (BASE-IS). http://www.genok.com/wp-content/uploads/2013/04/SOY-SA-Land_Pesticides-ENG.pdf
- 53 GRAIN. 2013. Fooling – er, “feeding” – the world for 20 years. <http://www.grain.org/article/entries/4720-gmos-fooling-er-feeding-the-world-for-20-years>
- 54 James, Clive. 2015. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2014. ISAAA brief No. 49. International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA): Ithaca, NY.
- 55 Catacora-Vargas et al. 2012. Soybean Production in the Southern Cone of the Americas: Update on Land and Pesticide Use. GenØk–Centre for Biosafety, Laboraroty of Developmental Phyiology and Plant Genetics of the Department of Crop Sciences of the Federal University of Santa Catarina (UFSC), REDES-AT/Friends of Earth, BASE-Social Research (BASE-IS). http://www.genok.com/wp-content/uploads/2013/04/SOY-SA-Land_Pesticides-ENG.pdf
- 56 Valor Economico, 2012. Uso de defensivos e intensificado no Brasil.
- 57 Ibid.
- 58 James, Clive. 2015. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2014. ISAAA brief No. 49. International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA): Ithaca, NY.
- 59 Prada, Paulo. 2015. Why Brazil has a big appetite for risky pesticides. Reuters. <http://www.reuters.com/investigates/special-report/brazil-pesticides/>
- 60 Catacora-Vargas et al. 2012. Soybean Production in the Southern Cone of the Americas: Update on Land and Pesticide Use. GenØk- Centre for Biosafety, Laboraroty of Developmental Phyiology and Plant Genetics of the Department of Crop Sciences of the Federal University of Santa Catarina (UFSC), REDES-AT/Friends of Earth, BASE-Social Research (BASE-IS). http://www.genok.com/wp-content/uploads/2013/04/SOY-SA-Land_Pesticides-ENG.pdf
- 61 Ibid.
- 62 Sovereign Hager. 2009. Soy Growers Spray Paraguayan Indigenous with Pesticide. Impunity Watch. <http://impunitywatch.com/soy-growers-spray-paraguayan-indigenous-with-pesticide/>
- 63 Dutch Soy Coalition. 2009. Soy in Paraguay: Factsheet 4. http://commodityplatform.org/wp/wp-content/uploads/2009/06/factsheet_paraguay_final_120609.pdf
- 64 Jeremy Hobbs. 2012. Paraguay's Destructive Soy Boom, New York Times July 2. http://www.nytimes.com/2012/07/03/opinion/paraguays-destructive-soy-boom.html?_r=0
- 65 Prensa Latina. 2012. Monsanto, Coup Gov't are Merchants of Death, Says Lugo. 19 September. <http://www.gmwatch.org/latest-listing/51-2012/14232-monsanto-are-merchants-of-death-in-paraguay-says-former-president>
- 66 Lovera, Miguel. 2014. The impacts of unsustainable livestock farming and soybean production in Paraguay: a case study. Centro de Estudios e Investigacion de Derecho Rural y Reforma Agrara de la Universidad Catolica de Asuncion, Paraguay. <http://globalforestcoalition.org/wp-content/uploads/2014/03/Impacts-Soy-Cattle-3-ML-1.pdf>
- 67 US Department of Foreign Agricultural Service. 2014. Paraguay. Oilseeds and Products Annual 2014. GAIN Report.
- 68 US Department of Foreign Agricultural Service. 2012. Paraguay. Agricultural Biotechnology Annual. Paraguay Annual Biotech Report. GAIN Report
- 69 Ibid.
- 70 Ibid.
- 71 United Nations Environment Programme. 2010. Thematic Focus: Ecosystem Management, Disaster and Conflicts, and Resource Efficiency. Only Scraps of the South American Atlantic Forest Remain—Eastern Paraguay. http://na.unep.net/geas/getUNEPPPageWithArticleIDScript.php?article_id=62
- 72 Howard, April. 2009. Saying No to Soy: The Campesino Struggle for Sustainable Agriculture in Paraguay. Monthly Review. Volume 61, Issue 02 (June). <http://monthlyreview.org/2009/06/01/saying-no-to-soy-the-campesino-struggle-for-sustainable-agriculture-in-paraguay/#fn5>
- 73 Miguel Lovera. 2014. The impacts of unsustainable livestock farming and soybean production in Paraguay: a case study. Centro de Estudios e Investigacion de Derecho Rural y Reforma Agrara de la Universidad Catolica de Asuncion, Paraguay. <http://globalforestcoalition.org/wp-content/uploads/2014/03/Impacts-Soy-Cattle-3-ML-1.pdf>
- 74 Jonathan Gilbert. 2013. In Paraguay, the Spread of Soy Strikes Fear in Hearts of Rural Farmers Time. August 9. <http://world.time.com/2013/08/09/in-paraguay-rural-farmers-fear-the-spread-of-soy/>
- 75 Pesticide Action Network. 2008. Pesticides News 81, Rural communities in Paraguay endangered by soya pesticides, http://www.pan-uk.org/pestnews/Issue/pn81/pn81_p12-15.pdf
- 76 Radio Mundo. 2010. Better late than ever: The poisoning and murder of Silvino Talavera in Paraguay continue unpunished. July 27. <http://radiomundoreal.fm/Better-late-than-ever?lang=es>
- 77 Hobbs, Jeremy. 2012. Paraguay's Destructive Soy Boom, New York Times. July 2. http://www.nytimes.com/2012/07/03/opinion/paraguays-destructive-soy-boom.html?_r=0
- 78 ASEED. 2006. Soy expansion triggers more violence in Paraguay. August 22. <http://aseed.net/soy-expansion-triggers-more-violence-in-paraguay-2/>
- 79 Amnesty International. 2010. Paraguay: Submission to the UN Universal Periodic Review: Tenth session of the UPR Working Group of the Human Rights Council January 2011. 12 July. Index number: AMR 45/003/2010. <https://www.amnesty.org/en/documents/AMR45/003/2010/en/>
- 80 Benbrook, C., 2012. Impacts of genetically engineered crops on pesticide use in the U.S. – the first sixteen years. Environmental Sciences Europe, 24
- 81 Gustin, Georgia. 2011. Resistant Weeds Leave Farmers Desperate. St. Louis Post Dispatch. July 17. http://www.stltoday.com/business/local/resistant-weeds-leave-farmers-desperate/article_01139be-ace0-502b-944a-0c534b70511c.html
- 82 Weed Science Society of America (WSSA). Herbicide Resistance. <http://wssa.net/weed/resistance/>
- 83 Beckie, Hugh J., and Linda M. Hall. 2014. Genetically-Modified Herbicide-Resistant (GMHR) Crops a Two-Edged Sword? An Americas Perspective on Development and Effect on Weed Management. Crop Protection 66 (December): 40–45.
- 84 Duke, Stephen O. 2008. Glyphosate: A Once-in-a-century Herbicide. Pest Management Science 64 (4): 319–25.
- 85 Heap, I. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. www.weedscience.org.
- 86 Quoted in Luke Anderson. 2000. Genetic Engineering. Food and Our

- Environment. Chelsea Green Publishing Company, Vermont. from Biotechnology and Pest Control: Quick Fix vs. Sustainable Control, Global Pesticide Campaigner, Vol. 1, No. 2, January 191, pp.1 and pp.6-8
- 87 Quoted in Luke Anderson. 2000. Genetic Engineering. Food and Our Environment. Chelsea Green Publishing Company, Vermont. from Margaret Mellon, The Last Silver Bullet? The GeneExchange – A Public Voice on Biotechnology and Agriculture, Union of Concerned Scientists, Winter 1996.
- 88 Tam, Pauline. 2000. Genetically Modified Foods: The battle comes to Canada. Ottawa Citizen, January 3.
- 89 Royal Society of Canada, Expert Panel on the Future of Food Biotechnology. 2001. Elements of Precaution: Recommendations for the Regulation of Food Biotechnology in Canada.
- 90 O'Flanagan, Rob. 2013. Herbicide resistance a growing problem in Ontario. Guelph Mercury. July 13.
- 91 Bradshaw et al. 1997. Perspectives on Glyphosate Resistance. Weed Technology 11, pp. 189-98.
- 92 Monsanto Canada. 2007. Weed Resistance Management in Eastern Canada. Growing Knowledge Technical Bulletin. Winter.
- 93 Brasher, Philip. 2010. Monsanto Paying Farmers To Increase Herbicide Use. Des Moines Register. October 19.
- 94 BASF. 2013. BASF Canada and Monsanto Canada working together for improved weed management. Press Release. March 6. <https://agro.basf.ca/East/News/item3804.html>
- 95 Dawson, Allan. 2013. A million acres of glyphosate-resistant weeds in Canada? Manitoba Cooperator. May 7. <http://www.manitobacooperator.ca/2013/05/07/a-million-acres-of-glyphosate-resistant-weeds-in-canada/>
- 96 Heap, I. 2015. Herbicide resistant weeds in Canada. Country Summary: Canada. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. <http://weeds-science.org/summary/country.aspx?CountryID=7>
- 97 Sikkema, Peter. 2014. Glyphosate resistant weeds in Ontario. [http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$Department/deptdocs.nsf/all/crop14718/\\$FILE/au-2014-sikkema-glyphosate-resistant-weeds-in-ontario.pdf](http://www1.agric.gov.ab.ca/$Department/deptdocs.nsf/all/crop14718/$FILE/au-2014-sikkema-glyphosate-resistant-weeds-in-ontario.pdf)
- 98 Field Crop News. 2015. Ridgetown Breakfast Meeting Minutes. April 14. <http://fieldcropnews.com/2015/04/ridgetown-breakfast-meeting-minutes-april-7-2015/>
- 99 Dawson, Allan. 2013. A million acres of glyphosate-resistant weeds in Canada? Manitoba Cooperator. May 7. <http://www.manitobacooperator.ca/2013/05/07/a-million-acres-of-glyphosate-resistant-weeds-in-canada/>
- 100 Arnason, Robert. 2014. Weed Resistance Spreads Fast in US. Western Producer, May 15. <http://www.producer.com/2014/05/weed-resistance-spreads-fast-in-u-s/>.
- 101 Ibid.
- 102 Ontario Farmer, 2015. Add Waterhemp to Ontario glyphosate-resistant list. January 27.
- 103 Beckie, Hugh J., and Linda M. Hall. 2014. Genetically-Modified Herbicide-Resistant (GMHR) Crops a Two-Edged Sword? An Americas Perspective on Development and Effect on Weed Management. Crop Protection 66 (December): 40–45.
- 104 White, Ed. 2014. Herbicide-Resistant Weeds Heading North. Western Producer, June 5. <http://www.producer.com/2014/06/herbicide-resistant-weeds-heading-north/>
- 105 Isaacs, J. 2015. Palmer Amaranth is a looming concern. Grainews. January 21. <http://www.grainews.ca/2015/01/21/palmer-amaranth-is-a-looming-concern/>
- 106 Arnason, Robert. 2014. Weed Resistance Spreads Fast in US. Western Producer, May 15. <http://www.producer.com/2014/05/weed-resistance-spreads-fast-in-u-s/>
- 107 Isaacs, J. 2015. Palmer Amaranth is a looming concern. Grainews. January 21. <http://www.grainews.ca/2015/01/21/palmer-amaranth-is-a-looming-concern/>
- 108 Arnason, Robert. 2014. Weed Resistance Spreads Fast in US. Western Producer, May 15. <http://www.producer.com/2014/05/weed-resistance-spreads-fast-in-u-s/>
- 109 Beckie, Hugh J., Peter H. Sikkema, Nader Soltani, Robert E. Blackshaw, and Eric N. Johnson. 2014. Environmental Impact of Glyphosate-Resistant Weeds in Canada. Weed Science 62 (2): 385–92.
- 110 Ibid.
- 111 Environmental Commissioner of Ontario. 2012. Revenge of the Weeds. Eco Issues. October.
- 112 Beckie, Hugh J., and Linda M. Hall. 2014. Genetically-Modified Herbicide-Resistant (GMHR) Crops a Two-Edged Sword? An Americas Perspective on Development and Effect on Weed Management. Crop Protection 66 (December): 40–45.
- 113 Gilliam, Carey. 2014. U.S. Midwestern Farmers Fighting Explosion of 'Superweeds.' Reuters, July 23. <http://www.reuters.com/article/2014/07/23/us-usa-agriculture-weeds-idUSKBN0FS1VD20140723>.
- 114 Benbrook, C., 2012. Impacts of genetically engineered crops on pesticide use in the U.S. – the first sixteen years. Environmental Sciences Europe, 24.
- 115 Nasdaq. 2014. Dow's Potential Gain From Regulatory Approval Of The Enlist Weed Control System. January 13. www.nasdaq.com/article/dows-potential-gain-from-regulatory-approval-of-the-enlist-weed-control-system-cm317842#ixzz3GJnRP36l
- 116 Benbrook, C., 2012. Impacts of genetically engineered crops on pesticide use in the U.S. – the first sixteen years. Environmental Sciences Europe, 24.
- 117 Ibid.
- 118 Beckie, Hugh J., and Linda M. Hall. 2014. Genetically-Modified Herbicide-Resistant (GMHR) Crops a Two-Edged Sword? An Americas Perspective on Development and Effect on Weed Management. Crop Protection 66 (December): 40–45.
- 119 Bayer CropScience. Five way resistance. <http://www.bayercropscience.us/learning-center/articles/five-way-resistant-weeds>.
- 120 Martin, Hugh and Francois Tardiff. 2001. Herbicide Resistant weeds: Factsheet. OMAFRA. <http://www.omafr.gov.on.ca/english/crops/facts/01-023.htm#prevent>
- 121 Bayer CropScience. Five way resistance. <http://www.bayercropscience.us/learning-center/articles/five-way-resistant-weeds>.
- 122 Cowbrough, Mike and Francois Tardiff. 2013. Control of Glyphosate Resistant Fleabane. University of Guelph. http://www.uoguelph.ca/plant/resistant-weeds/resistance/control_glyp.html
- 123 Boerboom, Chris and Michael Owen. 2006. Facts about Glyphosate-Resistant Weeds. The Glyphosate, Weeds, and Crops Series. http://www.plant.uoguelph.ca/resistant-weeds/resources/understanding_resistance.html
- 124 Ibid.
- 125 Benbrook, C., 2012. Impacts of genetically engineered crops on pesticide use in the U.S. – the first sixteen years. Environmental Sciences Europe, 24
- 126 Monsanto. Glyphosate and Glyphosate-based herbicides. <http://www.monsanto.com/glyphosate/pages/glyphosate-and-glyphosate-based-herbicides.aspx>
- 127 Fleury, Donna. 2014. Enlist weed control system in Canada. AgAnnex. April. <http://www.agannex.com/energy/enlist-weed-control-system-in-canada>
- 128 Reuters. 2014. Limited launch for new GM crop is unique says Dow official. Western Producer. November 20. <http://www.producer.com/2014/11/limited-launch-for-new-gm-crop-is-unique-says-dow-official/>
- 129 RealAgriculture, 2015. With US approval in place, 2016 targeted for launch of dicamba-tolerant soybeans in Canada. January 18. <https://www.realagriculture.com/2015/01/u-s-approval-place-2016-targeted-launch-dicamba-tolerant-soybeans-canada/>
- 130 Weeds-science.org. 2014. Weeds Resistant to the herbicide 2,4-D. <http://www.weeds-science.org/summary/ResistByActive.aspx>
- 131 Benbrook, C., 2012. Impacts of genetically engineered crops on pesticide use in the U.S. – the first sixteen years. Environmental Sciences Europe, 24
- 132 Ibid.
- 133 Beckie, Hugh J., and Linda M. Hall. 2014. Genetically-Modified Herbicide-Resistant (GMHR) Crops a Two-Edged Sword? An Americas Perspective on Development and Effect on Weed Management. Crop Protection 66 (December): 40–45.
- 134 Environmental Commissioner of Ontario. 2012. Revenge of the Weeds. Eco Issues. October.
- 135 Boddington MJ, Gilman AP, Newhook RC, Braun DM, Hay DJ, and Shantora

- V. Canadian Environmental Protection Act. 1990. Priority Substances List Assessment Report No. 1: Polychlorinated Dibenzodioxins and Polychlorinated Dibenzofurans. Ottawa: Minister of Supply and Services Canada.
- 136 Sears et al. 2006. Pesticide assessment: Protecting public health on the home turf. *Pediatric Child Health* 11 (4): 229-234.
- 137 Ibid.
- 138 European Commission, Environment, Endocrine Disruptors. http://ec.europa.eu/environment/chemicals/endocrine/strategy/substances_en.htm
- 139 Canadian Corn Pest Coalition. 2014. Bt Corn Products/Traits Currently Available in Canada – As of March 2014. <http://www.cornpest.ca/index.cfm/news-archive/currently-registered-bt-events-in-canada-march-2014/>
- 140 Benbrook, C., 2012. Impacts of genetically engineered crops on pesticide use in the U.S. – the first sixteen years. *Environmental Sciences Europe*, 24.
- 141 Ibid.
- 142 Ibid.
- 143 John Fagan, Michael Antoniou and Claire Robinson. 2014. GMO Myths and Truths, Second Edition. Earth Open Source. May 19. page 242 <http://earthopenSource.org/gmomysandtruths/>
- 144 Monga, D., 2008. Problems and Prospects of Cultivation of Bt Hybrids in North Indian Cotton Zone. Central Institute for Cotton Research.
- 145 Ghoswami, B., 2007. Bt cotton devastated by secondary pests. InfoChange News. http://www.dottal.org/DIE/DIE/bt_cotton_devastated_by_secondary_pests.htm
- 146 Sharma, D., 2010. Bt cotton has failed admits Monsanto. *India Today*. March 6.
- 147 Monsanto, 2010. Cotton In India. <http://www.monsanto.com/newsviews/Pages/india-pink-bollworm.aspx>
- 148 Coalition for a GM Free India (CGMFI). 2012. 10 Years of Bt Cotton: False Hype and Failed Promises, Cotton farmers' crisis continues with crop failure and suicides. <http://indiagminfo.org/wp-content/uploads/2012/03/Bt-Cotton-False-Hype-and-Failed-Promises-Final.pdf>
- 149 Tabashnik, B. E. 1994. Evolution of Resistance to *Bacillus Thuringiensis*. *Annual Review of Entomology*. 39 (1): 47–79.
- 150 Tabashnik, Bruce E., Thierry Brévault, and Yves Carrière. 2013. Insect Resistance to Bt Crops: Lessons from the First Billion Acres. *Nature Biotechnology* 31 (6): 510–21.
- 151 Ontario Grain Farmer Magazine. 2015. Managing Resistance: Western Corn Rootworm. April/May. <http://www.ontariograinfarmer.ca/MAGAZINE.aspx?aid=727>
- 152 Clark, E Ann. 1999. Debunking the myths of genetic engineering in field crops. University of Guelph. <http://www.plant.uoguelph.ca/research/homepages/eclark/myths.htm>
- 153 University of Guelph. 2014. Rootworm poses threat to corn crops at Guelph. <http://atguelph.uoguelph.ca/2014/05/rootworm-poses-threat-to-corn-crops/>
- 154 Canadian Food Inspection Agency (CFIA). 1997. DD1998-26: Determination of the Safety of Monsanto Canada Inc.'s Yieldgard™ Insect Resistant Corn (*Zea mays* L.) Line MON802. <http://www.inspection.gc.ca/plants/plants-with-novel-traits/approved-under-review/decision-documents/dd1998-26/eng/1312576579457/1312576652874>
- 155 Clark, E Ann. 2000. Pesticidal (GM) crops and organic farming. <http://www.plant.uoguelph.ca/research/homepages/eclark/nz2020.htm>
- 156 Ibid.
- 157 Canadian Food Inspection Agency (CFIA). 1997. DD1998-26: Determination of the Safety of Monsanto Canada Inc.'s Yieldgard™ Insect Resistant Corn (*Zea mays* L.) Line MON802. <http://www.inspection.gc.ca/plants/plants-with-novel-traits/approved-under-review/decision-documents/dd1998-26/eng/1312576579457/1312576652874>
- 158 Clark, E Ann. 1998. Genetic Engineering: risks and opportunities for organic farmers. <http://www.plant.uoguelph.ca/research/homepages/eclark/efao.htm>
- 159 Gassmann, Aaron J., Jennifer L. Petzold-Maxwell, Ryan S. Keweshan, and Mike W. Dunbar. 2011. Field-Evolved Resistance to Bt Maize by Western Corn Rootworm. *PLoS ONE* 6 (7): e22629
- 160 Western Producer. 2014. Resistance to Bt corn growing in US. Nov 27. <http://www.producer.com/2014/11/resistanceto-b-t-corn-growing-in-u-s/>
- 161 Shields, Elson. 2013. Corn Rootworm Resistance to BT-Corn Reported. Cornell University Cooperative Extension Fulton and Montgomery Counties. November. <http://www.ccefm.com/readarticle.asp?ID=1503&progID=5>
- 162 Monsanto. Pink Bollworm Resistance to GM Cotton in India <http://www.monsanto.com/newsviews/pages/india-pink-bollworm.aspx>
- 163 Campagne P et al. 2013. Dominant inheritance of field-evolved resistance to Bt corn in *Busseola fusca*. *PLOS One* 8(7). <http://www.plosone.org/article/abstract.action?uri=info:doi/10.1371/journal.pone.0069675&representation=PDF>
- 164 Farias et al. 2014. Field-evolved resistance to Cry1F maize by *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. *Crop Protection*, 64: 150-158
- 165 Canadian Food Inspection Agency. Insect Resistance Management of Bt Corn in Canada. <http://www.inspection.gc.ca/plants/plants-with-novel-traits/approved-under-review/bt-corn-irm/eng/1337537826332/1337537939113>
- 166 Powell, Kendall. 2003. Concerns over refuge size for US EPA-approved Bt corn. *Nature Biotechnology*, 21 (5): 467-468. <http://www.gene.ch/genet/2003/May/msg00066.html>
- 167 Clark, E Ann. 1997. Risks of Genetic Engineering in Agriculture, Adapted from a talk to the annual meeting of the National Farmers Union, November, in Saskatoon. <http://www.plant.uoguelph.ca/research/homepages/eclark/risks.htm>
- 168 Canadian Corn Pest Coalition. 2010. Refuge compliance slipping – Immediate action required by Canadian corn industry. Press release. February 10. <http://www.cornpest.ca/index.cfm/news-archive/refuge-compliance-slipping-immediate-action-required-by-canadian-corn-industry/>
- 169 Hopkins, Matt. 2010. Monsanto to cut off growers who don't follow refuge rules. *Farm Chemicals International*. March 3. <http://www.farmchemicalsinternational.com/markets/monsanto-to-cut-off-growers-who-dont-follow-refuge-rules/>
- 170 United States Environmental Protection Agency. 2011. Updated BPPD review of reports of unexpected Cry3Bb1 damage, Monsanto's 2009 corn rootworm monitoring report and revised corn rootworm resistance monitoring plan. <http://www.motherjones.com/files/epa-hq-opp-2011-0922-0003.pdf>
- 171 Monsanto. Learn More about Refuge Requirements. Protecting Against Insect Resistance <http://www.monsanto.com/products/pages/refuge.aspx>
- 172 Shields, Elson. 2013. Corn Rootworm Resistance to BT-Corn Reported. Cornell University Cooperative Extension Fulton and Montgomery Counties. November. <http://www.ccefm.com/readarticle.asp?ID=1503&progID=5>
- 173 Kaskey, Jack. 2012. Bugs Damaging Monsanto Corn May Do Same to Syngenta Crops. *Bloomberg*. November 14. <http://www.bloomberg.com/news/2012-11-14/bugs-damaging-monsanto-corn-may-do-same-to-syngenta-crops-1-.html>
- 174 Carrière, Y., Crickmore, N., Tabashnik, B.E. 2015. Optimizing pyramided transgenic Bt crops for sustainable pest management *Nature Biotechnology*. <http://www.nature.com/nbt/journal/vaop/ncurrent/full/nbt.3099.html>
- 175 Benbrook, C., 2012. Impacts of genetically engineered crops on pesticide use in the U.S. – the first sixteen years. *Environmental Sciences Europe*, 24
- 176 Beckie, Hugh J., and Linda M. Hall. 2014. Genetically-Modified Herbicide-Resistant (GMHR) Crops a Two-Edged Sword? An Americas Perspective on Development and Effect on Weed Management. *Crop Protection* 66 (December): 40–45
- 177 Ibid.
- 178 Benbrook, C., 2012. Impacts of genetically engineered crops on pesticide use in the U.S. – the first sixteen years. *Environmental Sciences Europe*, 24
- 179 Katherine Barrett. 2001. Applying The Precautionary Approach To Living Modified Organisms Workshop Presented at the Intergovernmental Committee For the Cartagena Protocol on Biosafety December 11-15 Montpellier, France
- 180 Ibid.
- 181 Devlin, Robert, et al. 2004. Population effects of growth hormone transgenic coho salmon depend on food availability and genotype by environment interactions. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 101(25) 9303-9308.

- 182 Department of Fisheries and Oceans. Risk assessment research on genetically engineered salmon. Government of Canada. <http://www.dfo-mpo.gc.ca/science/Publications/article/2007/28-03-2007-eng.htm>
- 183 Royal Society of Canada, Expert Panel on the Future of Food Biotechnology. 2001. Elements of Precaution: Recommendations for the Regulation of Food Biotechnology in Canada. p 131.
- 184 Morandin, Lora A., and Mark L. Winston. 2005. Wild Bee Abundance and Seed Production in Conventional, Organic, and Genetically Modified Canola. *Ecological Applications* 15 (3): 871–81
- 185 Ibid.
- 186 Firbank LG. 2003. Introduction: The farm scale evaluations of spring-sown genetically modified crops. *Philosophical Transactions of the Royal Society* 358:1777–1778
- 187 Heard MS, Hawes C, Champion GT, et al. 2003. Weeds in fields with contrasting conventional and genetically modified herbicide-tolerant crops. II. Effects on individual species. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*; 358:1833-46.
- 188 John Fagan, Michael Antoniou and Claire Robinson. 2014. GMO Myths and Truths, Second Edition. Earth Open Source. May 19. <http://earthopensource.org/gmomysandtruths/>
- 189 Center for Food Safety. 2014. Monarchs in Peril: Quick Facts. Center for Food Safety.
- 190 Ibid.
- 191 Agriculture and Agri-Food Canada. General Principles of Organic Production. <http://www.agr.gc.ca/eng/industry-markets-and-trade/statistics-and-market-information/by-product-sector/organic-products/organic-production-canadian-industry/general-principles-of-organic-production/?id=1276292934195>
- 192 Ibid.
- 193 Catacora-Vargas et al. 2012. Soybean Production in the Southern Cone of the Americas: Update on Land and Pesticide Use. GenOk- Centre for Biosafety, Laboratory of Developmental Physiology and Plant Genetics of the Department of Crop Sciences of the Federal University of Santa Catarina (UFSC), REDES-AT/Friends of Earth, BASE-Social Research (BASE-IS). http://www.genok.com/wp-content/uploads/2013/04/SOY-SA-Land_Pesticides-ENG.pdf
- 194 Powles, SB. 2008. Evolved glyphosate-resistant weeds around the world: lessons to be learnt. *Pest Management Science*. 64:360-365.
- 195 Gillam, Carey. 2014. U.S. Midwestern Farmers Fighting Explosion of 'Superweeds.' Reuters, July 23. <http://www.reuters.com/article/2014/07/23/us-usa-agriculture-weeds-idUSKBN0FS1VD20140723>
- 196 Benbrook, C., 2012. Impacts of genetically engineered crops on pesticide use in the U.S. – the first sixteen years. *Environmental Sciences Europe*, 24
- 197 Rosi-Marshall, E. J., J. L. Tank, T. V. Royer, M. R. Whiles, M. Evans-White, C. Chambers, N. A. Griffiths, J. Pokelsek, and M. L. Stephen. 2007. Toxins in Transgenic Crop Byproducts May Affect Headwater Stream Ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104 (41): 16204–8
- 198 Ibid.
- 199 Losey, John E., Linda S. Rayor, and Maureen E. Carter. 1999. Transgenic Pollen Harms Monarch Larvae. *Nature* 399 (6733): 214–214
- 200 Jesse, Laura C. Hansen, and John J. Obrycki. 2000. Field Deposition of Bt Transgenic Corn Pollen: Lethal Effects on the Monarch Butterfly. *Oecologia* 125 (2): 241–48.
- 201 Lang, Andreas, and Eva Vojtech. 2006. The Effects of Pollen Consumption of Transgenic Bt Maize on the Common Swallowtail, *Papilio Machaon* L. (Lepidoptera, Papilionidae). *Basic and Applied Ecology* 7 (4): 296–306.
- 202 Hilbeck, Angelika, Joanna M. McMillan, Matthias Meier, Anna Humbel, Juanita Schläpfer-Miller, and Miluse Trtikova. 2012. A Controversy Re-Visited: Is the Coccinellid *Adalia Bipunctata* Adversely Affected by Bt Toxins? *Environmental Sciences Europe* 24 (1): 1–12.
- 203 Castaldini M, Turrini A, Sbrana C, et al. 2005. Impact of Bt corn on rhizospheric and soil eubacterial communities and on beneficial mycorrhizal symbiosis in experimental microcosms. *Applied and Environmental Microbiology*. 71:6719-29.
- 204 Cheeke TE, Rosenstiel TN, Cruzan MB. 2012. Evidence of reduced arbuscular mycorrhizal fungal colonization in multiple lines of Bt maize. *American Journal of Botany*. 99:700–707.
- 205 Health Canada. 2013. Notice of Intent: NOI2013-01, Action to Protect Bees from Exposure to Neonicotinoid Pesticides. Pest Management Regulatory Agency. Sep 13.
- 206 Ramirez-Romero, R., N. Desneux, A. Decourtaye, A. Chaffiol, and M. H. Pham-Delègue. 2008. Does Cry1Ab Protein Affect Learning Performances of the Honey Bee *Apis Mellifera* L. (Hymenoptera, Apidae)? *Ecotoxicology and Environmental Safety* 70 (2): 327–33.
- 207 Ibid.
- 208 Catacora-Vargas et al. 2012. Soybean Production in the Southern Cone of the Americas: Update on Land and Pesticide Use. GenOk- Centre for Biosafety, Laboratory of Developmental Physiology and Plant Genetics of the Department of Crop Sciences of the Federal University of Santa Catarina (UFSC), REDES-AT/Friends of Earth, BASE-Social Research (BASE-IS). http://www.genok.com/wp-content/uploads/2013/04/SOY-SA-Land_Pesticides-ENG.pdf
- 209 Van Acker, R. 2013. The movement of Genetically Modified (GM) crops and traits and comments on containing or confining GM crops and traits in the context of meeting potential Low Level Presence (LLP) standards. Presentation to The Canadian House of Commons Standing Committee on Agriculture and Agri-Food, February 28.
- 210 Quist D, Chapela IH. 2001. Transgenic DNA introgressed into traditional maize landraces in Oaxaca, Mexico. *Nature*. 414:541-543.
- 211 Dalton, R. 2001. Transgenic Corn Found Growing in Mexico. *Nature*, 413, 27 September, p337.
- 212 Quoted in: Friends of the Earth. 2004. International Genetically Modified Crops: A decade of failure 1994 – 2004.
- 213 Permanent People's Tribunal. 2015. Final ruling: Permanent People's Tribunal Chapter Mexico. February 4. <http://www.tppmexico.org/final-ruling-permanent-peoples-tribunal-chapter-mexico/>
- 214 GM Watch. 2015. Four February court victories uphold Mexico's ban on GMO corn. <http://www.gmwatch.org/index.php/news/archive/2015-articles/16012-four-february-court-victories-uphold-mexico-s-ban-on-gmo-corn>
- 215 Stankorb, Sarah. 2012. Peruvian Farmers Reject Genetically Modified Seeds. American Today. American University. <http://www.american.edu/ameriantoday/20120223-Peruvian-Potato-Farmers-Reject-Genetically-Modified-Seeds.cfm>
- 216 Marris, Emma. 2007. GM potatoes expelled from Andes. *Nature*. <http://www.nature.com/news/2007/070718/full/news070716-5.html>
- 217 Ramesh, J. 2010. Decision on Commercialisation of Bt-Brinjal. New Delhi: Ministry of Environment and Forests, Government of India.
- 218 Johnson, Brian. 2008. Are GM Crops fit for purpose? If not, then what? Feeding the World Conference, London, November 12. http://www.organicresearchcentre.com/manage/authincludes/article_uploads/feeding%20the%20world/brian_johnson.pdf
- 219 Chen LJ, Lee DS, Song ZP, Suh HS, Lu B-R. 2004. Gene flow from cultivated rice (*Oryza sativa*) to its weedy and wild relatives. *Annals of Botany* 93: 67–73.
- 220 Polaris Institute. 2004. Unapproved Genetically Engineered Pigs Accidentally Used for Animal Feed....Again. Press Release. February 17. <http://www.mindfully.org/GE/2004/Pigs-Animal-Feed17feb04.htm>
- 221 For details see www.cban.ca/flax
- 222 Friesen, Lyle, et al. 2003. Evidence of contamination of pedigreed canola (*B. napus*) seedlots in Western Canada with genetically engineered herbicide resistance traits. *Agronomy Journal* 95.
- 223 Tom Spears. 2013. Pooping Canada geese may have spread genetically modified wheat, documents show. *Ottawa Citizen*. July 22. <http://www.ottawacitizen.com/technology/Pooping+Canada+geese+have+spread+genetically+modified+wheat+documents+show/8701092/story.html>
- 224 See International Ban Terminator Campaign, Statements Against Terminator. <http://www.banterminator.org/The-Campaign/Statements-Against-Terminator>; endorsements to the campaign <http://banterminator.org/Endorsements> and details and background at www.banterminator.org

- 225 Steinbrecher, Ricarda. 2005. Why V-GURT's (Terminator) fails the requirements as a biological containment tool for biosafety. Submission to SBSTTA10, EcoNexus, February.
- 226 FAO. 2004. What is agrobiodiversity? Factsheet. Gender and Development Service, Sustainable Development Department.
- 227 Ibid.
- 228 Food and Agriculture Organization. 2010. Biodiversity for Food and Agriculture: Contributing to food security and sustainability in a changing world. Food and Agriculture Organization of the United Nations and the Platform for Agrobiodiversity Research.
- 229 FAO. 2004. What is agrobiodiversity? Factsheet. Gender and Development Service, Sustainable Development Department
- 230 Wildfong, Bob. 2012. People protecting plants, seeds and pollinators. Presentation, Seeds of Diversity Canada.
- 231 Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007. Fourth Assessment Report. Climate Change 2007: Impacts, adaptation and Vulnerability. <http://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg2/index.php?idp=657>
- 232 United Nations Food and Agriculture Organization. 2004. What is agrobiodiversity? Factsheet. Gender and Development Service, Sustainable Development Department.
- 233 United Nations Food and Agriculture Organization. 2015. Genetic resources and biodiversity for food and agriculture. Infographic. A treasure for the future. Commission on genetic Resources for Food and Agriculture. <http://www.fao.org/resources/infographics/infographics-details/en/c/174199/>
- 234 United Nations Food and Agriculture Organization. 2004. What is agrobiodiversity? Factsheet. Gender and Development Service, Sustainable Development Department
- 235 ETC Group. 2010. Capturing Climate Genes: GMO Giants Stockpile 'Climate-Ready' Patents.
- 236 United Nations Food and Agriculture Organization. 2010. Biodiversity for Food and Agriculture: Contributing to food security and sustainability in a changing world. Food and Agriculture Organization of the United Nations and the Platform for Agrobiodiversity Research.
- 237 Allan Dawson, 2015, Manitoba Cooperator, No Roundup Ready alfalfa production for 2015. April 9. <http://www.manitobacooperator.ca/news-opinion/news/no-roundup-ready-alfalfa-production-for-2015/>
- 238 Application for Review: Under Part IV, Environmental Bill of Rights, Ontario, Request for Environmental Assessment of Genetically Engineered Roundup Ready Alfalfa. Question 4: A summary of the evidence that supports our Application for Review. Submitted to the Environmental Commissioner of Ontario, July 2013. <http://www.cban.ca/content/view/full/1776>
- 239 Clark, E. Ann. 2009. Forages in Organic Crop-Livestock Systems, in C. Francis (ed) Organic Farming: The Ecological System. Agronomy Monograph 54. American Society of Agronomy Inc., Madison, WI.
- 240 Clark, E. Ann. 2012. On the practical implication of Roundup Ready (RR®) Alfalfa. Warkworth, Ontario.
- 241 The decision was taken by the Minister of the Environment, Leona Aglukkaq, and the Minister of Health, Rona Ambrose.
- 242 US Food and Drug Administration (FDA). 2012. AquAdvantage Draft Environmental Assessment, May 4. <http://www.fda.gov/downloads/AnimalVeterinary/DevelopmentApprovalProcess/GeneticEngineering/GeneticallyEngineeredAnimals/UCM333102.pdf>
- 243 Ecology Action Network and Living Oceans Society. 2014. Press Release: Environmental groups take federal government to court for permitting manufacture of genetically modified salmon in Canada, January 20. <https://www.ecologyaction.ca/content/GM-Salmon-Trial-Release>
- 244 US Food and Drug Administration (FDA). 2012. AquAdvantage Salmon, Draft Environmental Assessment, May 4.
- 245 Devlin, R. H., T. Y. Yesaki, E. M. Donaldson, and C.-L. Hew. 1995. Transmission and Phenotypic Effects of an Antifreeze/GH Gene Construct in Coho Salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Aquaculture* vol. 137, pp. 161-9.
- 246 Oke, K. B., P. A. H. Westely, D. T. R. Moreau et al. 2014. Hybridization Between Genetically Modified Atlantic Salmon and Wild Brown Trout Reveals Novel Ecological Interactions. *Proceedings of the Royal Society B* 280:20131047.
- 247 Redding, Sam. 2012. Okanagan GM apple doesn't go brown when sliced. Kelowna Daily Courier. May 18.
- 248 Okanagan Specialty Fruits. 2015. Nonbrowning Arctic Apples to be granted approval. Press Release. February 13.
- 249 Simon Fraser University. Pollinators of Southern British Columbia http://www.sfu.ca/biology/faculty/elle/Bee_info.html
- 250 Okanagan Specialty Fruits. 2012. Cross-pollination concerns? Don't bee-lieve it! May 23.
- 251 See, for example, Similkameen Okanagan Organic Treefruit Growers Association. 2012. Letter to the Canadian Food Inspection Agency. July. <http://www.cban.ca/content/view/full/1282>
- 252 Campaign to STOP GE Trees. 2015. Outrage Over US Secret Approval of Genetically Engineered Trees. Groups Condemn US for Bowing to Industry, Ignoring Widespread Public Opposition. Press Release. January 29.
- 253 Canadian Food Inspection Agency. Plants with Novel Traits (PNTs) – Approved confined research field trials / Terms and conditions. <http://www.inspection.gc.ca/plants/plants-with-novel-traits/approved-under-review/field-trials/eng/1313872595333/1313873672306>
- 254 Ibid.
- 255 Claire G. Williams, 2005. Framing the issues on transgenic forests. *Nature Biotechnology* 23 (530-532). June.
- 256 Steinbrecher, R.A. and A. Lorch. 2008. Genetically Engineered Trees & Risk Assessment: An Overview of Risk Assessment and Risk Management Issues. Federation of German Scientists, May 2008.
- 257 Jack, Ian. 2003. Ottawa spends \$20 million for genetically modified trees. National Post, October 14.
- 258 For example see Voose, Paul. 2010. Genetically Modified Forest Planned for U.S. Southeast. *Scientific American*. January 29. <http://www.scientificamerican.com/article/eucalyptus-genetically-modified-pine-tree-southwest-forest/>
- 259 EcoNexus, CBAN, Stop GE Trees Campaign, Ecoropa, Global Justice Ecology Project, Global Forest Coalition, World Rainforest Movement. 2008. Potential Ecological and Social Impacts of Genetically Engineered Trees. 2008. Commentary on CBD/SBSTTA/INF/6 Paper on Potential Impacts of GE Trees. Prepared for Convention on Biological Diversity SBSTTA Meeting, Rome, Italy, 18-22 February/
- 260 Ibid.
- 261 Ibid.
- 262 Canadian Biotechnology Action Network. 2008. Canada Tries to Eliminate Moratorium Request on Genetically Engineered Trees: United Nations meeting fights over the future of GE trees. Press Release. May 22. <http://cban.ca/content/view/full/316>
- 263 United Nations Convention on Biological Diversity. COP 9 Decision IX/5 Forest biodiversity <http://www.cbd.int/decision/cop/?id=11648>
- 264 Quoted in the film *A Silent Forest: The Growing Threat—Genetically Engineered Trees*. Narrated by Dr. David Suzuki, Produced by Three Americas, Inc. and Raindancer Films, Directed by Ed Schehl. 2012.
- 265 People's Food Policy. 2011. Resetting the Table: A People's Food Policy For Canada, April. <http://foodsecurecanada.org/sites/foodsecurecanada.org/files/FSC-resetting2012-8half11-lowres-EN.pdf>
- 266 Environmental Commissioner of Ontario. 2000. Genetically Modified Organisms in Agriculture. *Eco Issues* 1999/2000.



Collaborative Campaigning for Food Sovereignty and Environmental Justice