

- 01 Statistiques sur les cultures génétiquement modifiées au Québec
- 02 Nouveau regard sur les études d'innocuité des organismes génétiquement modifiés
- 03 Omnibus *Spending Bill* 2016 – Interdiction de vendre du saumon génétiquement modifié
- 04 Le « pipeline » mondial de cultures génétiquement modifiées jusqu'en 2020
- 05 Deuxième génération de pommes de terre génétiquement modifiées Innate® approuvée aux États-Unis
- 06 La transgénése 2.0 avec CRISPR/Cas9 : multiples modifications génétiques et édition du génome sans laisser de traces
- 08 Transfert de pollen entre la luzerne génétiquement modifiée et la luzerne sauvage aux États-Unis
- 09 Initiative privée de Campbell concernant l'étiquetage des organismes génétiquement modifiés
- 10 Nouvelles brèves

Statistiques sur les cultures génétiquement modifiées au Québec

Selon les nouvelles données de l'Institut de la statistique du Québec, 84 % du maïs-grain ensemencé au Québec (306 500 hectares sur 365 000 au total) et 57 % du soja (180 000 hectares sur 315 000 au total) étaient génétiquement modifiés (GM) en 2015.

Outre le maïs-grain et le soja, on utilise également le canola GM au Québec. Mais depuis 2003, il n'y a plus de compilation officielle des statistiques sur cette culture.



RÉFÉRENCES :

Superficie des grandes cultures génétiquement modifiées, rendement à l'hectare et production, par région administrative, Québec, 2015.

En ligne : http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/agriculture/grandes-cultures/gc_2015gm.htm

Superficie des grandes cultures, rendement à l'hectare et production, par région administrative, Québec, 2015.

En ligne : http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/agriculture/grandes-cultures/gc_2015.htm

Nouveau regard sur les études d'innocuité des organismes génétiquement modifiés

L'Union européenne finançait, depuis quelques années, le projet *GMO Risk Assessment and Communication of Evidence* (GRACE). Ce dernier visait à accroître la transparence et la traçabilité des informations sur les risques et les avantages potentiels associés à la dissémination volontaire des organismes génétiquement modifiés (OGM).

Un des objectifs de GRACE était d'évaluer la conception, l'exécution et l'interprétation des essais d'alimentation avec des rongeurs (90 jours et études à long terme) et des études alternatives avec des ingrédients ou des denrées complètes. Cette évaluation visait à fournir des recommandations sur la pertinence de ces outils pour cerner les risques associés aux plantes génétiquement modifiées, en tenant compte des forces et des limites scientifiques des différentes approches.

Les recommandations de l'équipe de GRACE sur ces points ont fait l'objet de discussions lors de la conférence finale, qui s'est tenue à Postdam en novembre 2015. Le rapport est maintenant disponible sur le site Internet du projet.

L'équipe du projet a utilisé la lignée de maïs GM MON 810 dans une étude d'alimentation de 90 jours et d'un an sur des rongeurs. Elle n'a trouvé aucune preuve que la réalisation d'études d'alimentation de 90 jours avec des aliments entiers apporterait des informations additionnelles sur la sécurité de l'OGM, par rapport à l'évaluation de la composition des variétés GM et non GM. Des essais alimentaires avec les aliments complets pourraient fournir des données scientifiques supplémentaires dans les cas où il y aurait un questionnement sur les risques des cultures GM dont les phénotypes ou la composition moléculaires diffèrent par rapport aux cultures conventionnelles équivalentes.

Les résultats indiquent aussi que l'alimentation des rats avec du maïs MON 810 n'a pas entraîné d'effets indésirables.



RÉFÉRENCE :

GRACE. *Conclusions and recommendations on animal feeding trials and alternative approaches and on the use of systematic reviews and evidence maps for GMO impact assessment*. En ligne: http://www.grace-fp7.eu/sites/default/files/GRACE_Conclusions%20&Recommendations.pdf

Omnibus *Spending Bill* 2016 – Interdiction de vendre du saumon génétiquement modifié

Chaque année, le Congrès américain doit adopter des lois qui allouent les budgets adéquats pour toutes les dépenses publiques discrétionnaires. En règle générale, un projet de loi est adopté pour chacun des douze sous-comités du *United States House Committee on Appropriations* et du *United States Senate Committee on Appropriations*. Lorsque le Congrès ne peut pas produire en temps opportun l'ensemble de ces projets de loi, il peut inclure un grand nombre d'entre eux et les crédits correspondants dans un seul projet de loi intitulé *Omnibus Spending Bill*.

L'*Omnibus Spending Bill 2016 (H.R.2029 – Consolidated Appropriations Act, 2016. 114th Congress [2015-2016])*¹ est devenu la loi publique numéro 114-113, le 18 décembre 2015.

Une des sections de ce document concerne la commercialisation du saumon génétiquement modifié (GM), approuvé par la *Food and Drug Administration (FDA)* en novembre 2015². Il y est inscrit qu'au cours de l'année financière 2016, la FDA ne doit pas permettre l'introduction d'aliments qui contiennent du saumon GM dans le commerce entre les États, tant qu'elle n'a pas publié ses lignes directrices définitives sur l'étiquetage du saumon GM et de ses produits dérivés. Rappelons que ces lignes directrices étaient soumises pour commentaires jusqu'à la fin de janvier dernier³.

L'alerte à l'importation de la FDA (n° 99-40)⁴ en ce sens a été publiée le 29 janvier 2016.

RÉFÉRENCES :

1. Le texte de l'*Omnibus Spending Bill 2016* est disponible en ligne au <https://www.congress.gov/bill/114th-congress/house-bill/2029/text>
2. Voir l'article sur l'approbation du premier saumon GM aux États-Unis : *Cellule de veille OGM*, bulletin n° 39, décembre 2015, page 1.
3. *Labeling Food Containing Ingredients Derived from Genetically Engineered Sources*, draft guidance, disponible en ligne au <http://www.fda.gov/ForConsumers/ConsumerUpdates/ucm472487.htm#2>
4. U.S. Food and Drug Administration. *Import Alert 99-40 – GENETICALLY ENGINEERED (GE) SALMON*, http://www.accessdata.fda.gov/cms_ia/importalert_1152.htm



Le « pipeline » mondial de cultures génétiquement modifiées jusqu'en 2020

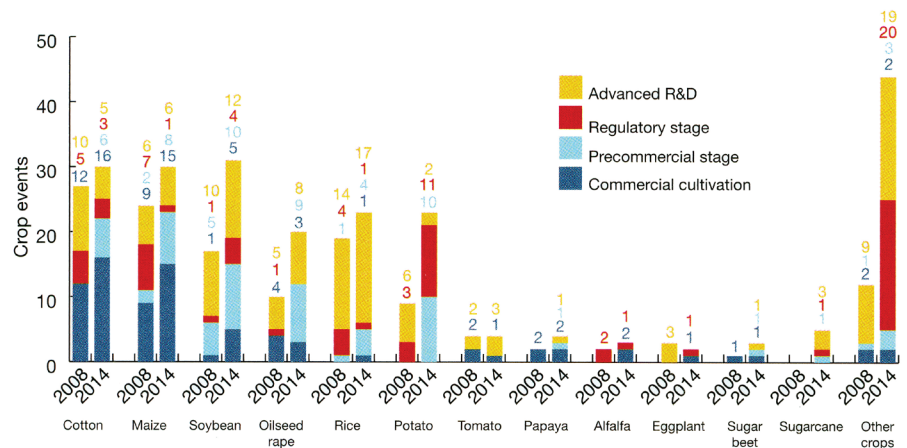
En 2014, le nombre d'hectares de cultures génétiquement modifiées (GM) dans le monde s'élevait à 181,5 millions. En 2008, l'*European Commission's Joint Research Center* (JRC) a analysé le « pipeline » des cultures GM pouvant atteindre le marché en 2015. Celui-ci était alors dominé par le soja, le coton, le maïs et le canola GM modifiés pour acquérir une tolérance à un herbicide ou une résistance à un insecte. Ces cultures étaient produites principalement par des multinationales de pays industrialisés. En janvier 2016, l'équipe de Claudia Parisi au JRC a publié, dans la revue *Nature Biotechnology*, une mise à jour de cette liste de cultures en mettant l'accent sur ce qui était présent en 2014 et qui devrait donc se trouver sur le marché en 2020.

À la lumière de données publiques et de données provenant d'agences de réglementation, les auteurs estiment qu'en 2014, on cultivait commercialement 49 plantes GM. De plus, 53 avaient atteint le stade précommercial, 43 avaient franchi le stade d'évaluation réglementaire et au moins 77 étaient rendues aux étapes avancées de la recherche et du développement. Le graphique ci-contre donne plus de détails à ce sujet.

Si la même dynamique se maintient pour la période 2014-2020, les auteurs prévoient que 219 types de cultures GM pourraient être autorisés. Parmi eux, 96 se rendront au stade de cultures commerciales.

Le paysage des plantes GM qui sont cultivées commercialement ou qui ont atteint l'étape de la précommercialisation continue d'être dominé par quatre grandes cultures, soit le maïs, le coton, le soja et le canola, comme c'était le cas pour le « pipeline » de 2008. Le riz et la pomme de terre sont ensuite les plantes les plus susceptibles de s'ajouter à l'offre commerciale. De la luzerne tolérante à un herbicide ainsi qu'une aubergine et un peuplier chinois résistants aux insectes font également partie des cultures qui pourraient prendre de l'importance. Une fève brésilienne résistante au virus et une canne à sucre indonésienne tolérante à la sécheresse devraient également arriver au stade précommercial.

CULTURES GM EN 2008 ET 2014 DE LA RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT JUSQU'AU STADE COMMERCIAL



Source : Adapté de Parisi, C., et al. (2016).

La tolérance à un herbicide et la résistance aux insectes demeurent les traits agronomiques que l'on améliore principalement. Toutefois, on travaille peu à peu à l'amélioration d'autres traits comme la résistance aux virus, la tolérance aux stress abiotiques (par exemple, la sécheresse) et l'augmentation du rendement. Parmi les plantes GM tolérantes aux herbicides, on note également des changements de cible. Outre les tolérances connues au glyphosate et au glufosinate, on observe maintenant des tolérances aux sulfonylurées, au 2,4-D, au dicamba, au isoxaflutole et à l'oxynile.

En ce qui concerne les résistances aux insectes, on continue à cibler les familles des lépidoptères et des coléoptères, mais des approches alternatives avec de nouveaux gènes de *Bacillus thuringiensis* sont adoptées.

Les plantes « biofortifiées » avec des contenus nutritionnels modifiés sont également présentes dans le « pipeline », notamment pour augmenter la quantité d'omega-3 ou de vitamines. Les traits GM de qualité qui servent à des fins industrielles sont dictés par la recherche de meilleures sources de biomasse pour les combustibles liquides et les bioproduits industriels.

Comme auparavant, la plupart des compagnies qui mettent au point des cultures GM commerciales sont des multinationales dont le siège social est aux États-Unis ou en Europe. Néanmoins, les auteurs notent un plus grand nombre de nouvelles petites entreprises privées, notamment aux États-Unis, en Asie, en Inde et en Chine, qui promeuvent leurs produits.

RÉFÉRENCE :

Parisi, C., et al. (2016). *The global pipeline of GM crops out to 2020*. *Nature Biotechnology* 34 (1) :31-36.

Deuxième génération de **pommes de terre génétiquement modifiées** Innate® approuvée aux États-Unis

En janvier 2016, la *Food and Drug Administration* (FDA) a terminé son évaluation de la deuxième génération de pommes de terre Innate® de la compagnie J. R. Simplot. Elle a conclu que la composition des pommes de terre génétiquement modifiées (GM) Russet Burbank Generation 2 n'est pas sensiblement différente de celle de toute autre pomme de terre actuellement sur le marché. La deuxième génération de pommes de terre Innate® présente quatre avantages pour les producteurs, les transformateurs et les consommateurs : réduction des ecchymoses et des taches noires; diminution du niveau d'asparagine; résistance au mildiou et augmentation de la durée d'entreposage au froid.

RÉFÉRENCE :

Innate® Second Generation Potato Receives FDA Safety Clearance, http://www.simplot.com/news/innate_second_generation_potato_receives_fda_safety_clearance

La transgénèse 2.0 avec CRISPR/Cas9: multiples modifications génétiques et édition du génome sans laisser de traces¹

Outre la possibilité de modifier le génome de n'importe quelle espèce, plus facilement et à moindre coût qu'avec les techniques précédentes, le système CRISPR/Cas9² a permis le développement d'approches inédites en ingénierie génétique dont les retombées sont loin de se limiter à la sphère universitaire.

CRISPR et l'ingénierie génétique porcine : des enjeux biomédicaux et agroalimentaires

Des chercheurs de l'université Harvard³ ont utilisé CRISPR/Cas9 pour inactiver les 62 copies d'un gène nécessaire à la transmission de rétrovirus dans des cellules hépatiques porcines en culture. Cette modification permet de réduire drastiquement la transmission du virus à des cellules humaines *in vitro*. La présence chez le porc de ces rétrovirus endogènes potentiellement transmissibles à l'homme est l'un des obstacles au développement de techniques visant à utiliser des organes de porcs pour des greffes chez l'humain. La preuve de concept *in vitro* de la modification de toutes les copies d'un gène constitue donc un progrès remarquable, même si l'efficacité de cette technique dans l'organisme reste à démontrer.

Le virus du syndrome reproducteur et respiratoire porcin (SRRP) a été détecté aux États-Unis pour la première fois en 1987. Il constitue une des plus importantes maladies sur le plan économique pour l'industrie du porc en Amérique du Nord. Les vaccins produits jusqu'ici ne permettent pas de bien contrôler la maladie. Une équipe de chercheurs de l'Université du Missouri et du Kansas State University⁴ a travaillé sur la conception d'une espèce de porcs dont la génétique est modifiée à l'aide de la technologie CRISPR/Cas9. Dans les dernières années, les recherches ont suggéré que chez le porc, le récepteur CD163 permettrait l'entrée du virus SRRP. L'équipe avait donc formulé l'hypothèse qu'un porc génétiquement modifié pour ne pas avoir de récepteur CD163 serait immunisé contre le SRRP. Ainsi, les chercheurs ont conçu des porcs avec différentes mutations de l'ADN correspondant au récepteur CD163 (allant de courtes mutations au retrait global du gène). Après avoir injecté le virus SRRP par voie musculaire et nasale aux porcs, l'équipe a montré que les porcs sans récepteur CD163 n'avaient aucun symptôme de la maladie, et on ne notait aucun autre changement dans leur développement.

RÉFÉRENCES :

1. Adapté du *Bulletin de veille Science, Technologie et Innovation de Mission pour la Science et la Technologie de l'Ambassade de France aux États-Unis*, publié le vendredi 18 décembre 2015. En ligne : http://www.france-science.org/La-transgenese-2-0-avec-CRISPR.html?mc_cid=8d640a6d02&mc_eid=68a6722467#nb1
2. Voir l'article « L'outil CRISPR/Cas9 ouvre la voie à la modification génétique de population sauvage », *Cellule de veille OGM*, n° 39, décembre 2015.
3. YANG, L., et al. (2015). *Genome-wide inactivation of porcine endogenous retroviruses (PERVs)*, *Science* 350 (6264): 1101-1104.
4. WHITWORTH, K.M., et al. (2016). *Gene-edited pigs are protected from porcine reproductive and respiratory syndrome virus*. *Nature Biotechnology* 34(1) :20-22

CRISPR et l'inactivation de copies multiples de gènes chez des plantes cultivées

En agronomie, le système CRISPR/Cas9 est utilisé depuis quelques années déjà dans plusieurs pays, pour modifier génétiquement *Arabidopsis thaliana*⁵, un modèle majeur en biologie végétale, ainsi que des variétés de riz, de tabac, de blé, de sorgho, de maïs, de tomate, d'orange, etc. La modification simultanée de plusieurs copies de gènes avec CRISPR/Cas9 est particulièrement intéressante, car de nombreuses espèces cultivées ont connu des épisodes de duplication du génome et possèdent plusieurs copies de chaque gène. Une équipe de chercheurs de l'académie chinoise des sciences⁶ a réussi, à l'aide de l'outil CRISPR/Cas9, à inactiver simultanément les différentes copies d'un gène de susceptibilité au mildiou présent trois fois dans le génome d'une variété de blé, ce qui fait six modifications au total (un allèle paternel et un allèle maternel pour chaque gène).

Cette stratégie d'inactivation des gènes de susceptibilité à certaines pathologies permettrait de limiter l'utilisation de fongicides et de pesticides. Si une telle approche n'est pas nouvelle, la facilité relative et la rapidité avec laquelle l'outil CRISPR/Cas9 permet sa mise en place encouragent fortement son développement.

Édition du génome et obtention de plantes « éditées » identiques à des plantes naturelles

L'édition de gènes offre la possibilité de modifier des traits essentiels pour stimuler les rendements et la qualité nutritionnelle des cultures vivrières, et pour rendre les plantes plus résistantes aux parasites ou aux conditions climatiques extrêmes.

Des chercheurs chinois et britanniques ont publié en 2015 des résultats démontrant qu'il est possible, pour des espèces de riz⁷ et d'orge⁸, de modifier des gènes grâce à CRISPR/Cas9, d'introduire cet outil au moyen d'un transgène qui ne s'intègre pas au génome et de le voir disparaître dans les générations suivantes. Les plantes « éditées » ainsi produites transmettent la modification génétique à leur descendance et ne présentent aucune trace génétique de cette intervention. Elles ne diffèrent pas des plantes présentant une variation naturelle dans l'un de leurs gènes et soulèvent donc des questions majeures en ce qui a trait à l'applicabilité de certaines réglementations.

Les agences réglementaires doivent se pencher sur la question de savoir si les plantes « éditées », c'est-à-dire celles qui ont été modifiées avec CRISPR/Cas9, doivent être soumises aux mêmes réglementations que les organismes génétiquement modifiés.

RÉFÉRENCES (SUITE) :

5. JIANG, W., et al. (2013). *Demonstration of CRISPR/Cas9/sgRNA-mediated targeted gene modification in Arabidopsis, tobacco, sorghum and rice.* Nucleic Acids Research 41(20) : e188.
6. WANG, Y., et al. (2014). *Simultaneous editing of three homoeoalleles in hexaploid bread wheat confers heritable resistance to powdery mildew.* Nature Biotechnology 32, p. 947-951.
7. XU, R-F, et al. (2015). *Generation of inheritable and "transgene clean" targeted genome-modified rice in later generations using the CRISPR/Cas9 system.* Nature Scientific Reports 5 (article n° 11491). En ligne : <http://www.nature.com/articles/srep11491>
8. LAWRENSON, T., et al. (2015). *Induction of targeted, heritable mutations in barley and Brassica oleracea using RNA-guided Cas9 nuclease.* Genome Biology 16(258) :13 pages. En ligne : <http://genomebiology.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13059-015-0826-7>

— Transfert de pollen entre la luzerne génétiquement modifiée et la luzerne sauvage aux États-Unis



La luzerne (*Medicago sativa subsp. sativa*) est une culture pérenne qui peut subir une pollinisation croisée par les insectes. Une équipe de chercheurs américains associés au *USDA Agricultural Research Service* a recueilli des données sur la luzerne sauvage dans les principales zones de production de semences de luzerne de l'ouest des États-Unis. Ses travaux visaient à évaluer si les plantes transgéniques sauvages disséminent leurs transgènes ainsi qu'à déterminer les facteurs environnementaux et les facteurs de production agricole influençant la distribution de la luzerne sauvage et de la luzerne transgénique. Les bords de routes à Fresno, en Californie, Canyon, Idaho et Walla Walla dans l'État de Washington ont été scrutés en 2011 et 2012 pour vérifier la présence de plantes sauvages. Des échantillons ont été analysés pour détecter la protéine CP4 EPSPS, qui permet une résistance au glyphosate. Les plantes sauvages ont été observées dans 404 des 4580 sites étudiés. Un peu plus du quart (27 %) de ces sites abritaient des plantes transgéniques. La fréquence des sites ayant des plantes sauvages transgéniques varie parmi les zones d'étude. Des plantes transgéniques ont été trouvées dans 32,7 %, 21,4 % et 8,3 % des sites de plantes sauvages à Fresno, à Canyon et à Walla Walla, respectivement. Cependant, d'autres recherches sont nécessaires pour bien confirmer le patron des flux de transgènes.

RÉFÉRENCE :

Greene SL, et al. (2015) Occurrence of Transgenic Feral Alfalfa (*Medicago sativa subsp. sativa L.*) in Alfalfa Seed Production Areas in the United States. *PLoS ONE* 10 (12) : e0143296. doi:10.1371/journal.pone.0143296

Initiative privée de Campbell concernant l'étiquetage des organismes génétiquement modifiés

Le 7 janvier 2016, le fabricant *Campbell Soup Company* a annoncé sa décision de divulguer la présence d'ingrédients génétiquement modifiés (GM) dans ses produits, notamment pour le maïs, le soja et la betterave à sucre. Comme la science indique que la valeur nutritive des aliments issus de plantes GM n'est pas différente de celle des autres aliments, Campbell continue de reconnaître que les organismes génétiquement modifiés (OGM) sont sans danger.

Campbell approuve l'obligation d'étiqueter, à l'échelle nationale, les produits qui peuvent contenir des OGM. Elle demande aussi au gouvernement fédéral américain d'établir une norme nationale pour les mentions « sans OGM » qui figurent sur les emballages alimentaires. Dans son communiqué, Campbell souligne qu'elle a toujours pensé que les consommateurs ont le droit de savoir ce qui se trouve dans leur nourriture. Par souci de transparence, l'entreprise discutera ouvertement des ingrédients utilisés, y compris ceux qui proviennent de cultures GM, sur son site Internet « WhatsinmyFood.com ».

Campbell soutient la mise en place d'une norme nationale et a contesté l'approche « État par État ». Elle a travaillé avec la *Grocery Manufacturers Association* pour bloquer plusieurs initiatives de vote dans des États. Campbell croit aussi qu'une approche fragmentaire État par État est incomplète et peu pratique, et que sa mise en œuvre est coûteuse pour les fabricants d'aliments. Plus important encore, la compagnie pense que cette approche est une source de confusion pour les consommateurs.

Pour l'instant, les produits portant de telles étiquettes ne devraient être offerts que sur le marché américain.

RÉFÉRENCE :

<http://www.campbellsoupcompany.com/newsroom/news/2016/01/07/labeling/> et

<http://investor.campbellsoupcompany.com/phoenix.zhtml?c=88650&p=irol-newsArticle&ID=2127542> et

<http://www.nytimes.com/2016/01/08/business/campbell-labels-will-disclose-gmo-ingredients.html>

Nouvelle brèves

■ ÉTUDE ITALIENNE RETIRÉE EN JANVIER 2016

Une étude de Federico Infascelli de l'Université de Naples décrivant des expériences sur des chevreaux nés de mères nourries au soja GM et concluant que des fragments du gène étranger peuvent être transportés à travers l'intestin et sécrétés dans le lait est retirée pour falsification de données.

<http://www.the-scientist.com/?articles.view/articleNo/45113/title/GM-Paper-Flagged-by-Politician-Retracted/>

ABBOTT, Alison. *Italian papers on genetically modified crops under investigation*. *Nature* 529 : 268-269, 18 janvier 2016, doi:10.1038/nature.2016.19183

■ PREMIER CHAMP D'OBSERVATION DE POMMES DE TERRE GÉNÉTIQUEMENT MODIFIÉES RÉSISTANTES AU MILDIOU EN OUGANDA

Le premier essai sur le terrain de pommes de terre génétiquement modifiées (GM) résistantes au mildiou mené en Ouganda d'octobre 2015 à janvier 2016 a été effectué à l'Institut Kachwekano Zonal près de Kabale. Douze pommes de terre GM des variétés Desiree et Victoria de l'*International Potato Center* ont montré une grande résistance par rapport aux plantes non transgéniques des mêmes variétés.

Crop Biotech Update, 27 janvier 2016

■ NOUVELLE SECTION SUR LE SITE WWW.OGM.GOUV.QC.CA

En raison de l'approbation de la commercialisation du premier poisson transgénique aux États-Unis, la source d'information gouvernementale sur les OGM modifie les onglets sur son site Web.

http://www.ogm.gouv.qc.ca/utilisation_actuelle/animaux_ogm.html

■ LE MARCHÉ DES BIOTECHNOLOGIES AGRICOLES DEVRAIT DOUBLER D'ICI 2019

Une nouvelle étude publiée par *Transparency Market Research* et intitulée *Agricultural Biotechnology Market – Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends and Forecast, 2013-2019* rapporte que le marché mondial de la biotechnologie agricole valait 15,3 milliards de dollars en 2012 et qu'il devrait doubler d'ici 2019. Selon le rapport, la population mondiale croissante et la demande pour les biocarburants conduisent à l'augmentation de la demande pour des produits génétiquement modifiés.

<http://www.transparencymarketresearch.com/pressrelease/agricultural-biotechnology-market.htm>

Pour de plus amples renseignements sur le contenu de ce bulletin ou pour transmettre des informations ou des commentaires, vous pouvez vous adresser à :

Madame France Brunelle,
biochimiste Ph. D.
Conseillère scientifique expert
en biotechnologie

Direction de l'appui à la recherche et à l'innovation

200, chemin Sainte-Foy, 10^e étage
Québec (Québec) G1R 4X6

☎ 418 380-2100, poste 3196

📠 418 380-2162

✉ france.brunelle@mapaq.gouv.qc.ca

Ce bulletin est destiné aux membres de la cellule de veille OGM et ne peut être diffusé sans l'autorisation préalable des auteurs.

SOYEZ DES NÔTRES À LA PROCHAINE