

01 Édition du génome : faire progresser la science, naviguer dans l'incertitude et aligner la recherche sur les valeurs publiques

03 Étiquetage des OGM aux États-Unis : nouveaux développements

05 Mise au point d'une laitue résistante au virus de la laitue *Mirafiori*

06 Six gènes silencieux chez la pomme de terre : résistance au mildiou confirmée

07 Une meilleure communication entre les chercheurs et le citoyen : un prérequis essentiel pour améliorer le transfert de connaissances

08 Nouvelles brèves

Édition du génome : faire progresser la science, naviguer dans l'incertitude et aligner la recherche sur les valeurs publiques

The *National Academies of Sciences, Engineering and Medicine* a rendu public, le 8 juin 2016, un rapport sur les « forçages génétiques » (*gene drives*). Selon ce rapport, intitulé *Gene Drives on the Horizon: Advancing Science, Navigating Uncertainty, and Aligning Research with Public Values*, cette science émergente a le potentiel nécessaire pour relever plusieurs défis en matière de santé publique et d'environnement. Mais les organismes modifiés avec cette technologie ne seraient pas prêts à être libérés dans l'environnement, car ils nécessiteraient des recherches plus approfondies en laboratoire et des essais en champ dans des conditions contrôlées.

Pour naviguer dans l'incertitude suscitée par ce domaine d'étude en constante évolution et prendre des décisions éclairées concernant le développement et l'application potentielle des organismes ainsi modifiés, le comité qui a mené l'étude présentée dans ce rapport recommande d'adopter une approche collaborative, multidisciplinaire et prudente pour la gouvernance de la recherche et des technologies dans ce secteur.

Les forçages génétiques sont des systèmes dans lesquels la capacité d'un élément génétique de passer d'un organisme parent à sa descendance est améliorée. Avec l'avènement de nouvelles techniques d'édition du génome plus efficaces et ciblées, telles que CRISPR/Cas9, les modifications génétiques peuvent, en principe, être réparties dans une population intentionnellement et rapidement, de façon à contourner les règles traditionnelles de l'hérédité et d'augmenter considérablement les chances qu'un gène modifié se retrouve dans une population entière.

Gene Drives on the Horizon

Advancing Science, Navigating Uncertainty,
and Aligning Research with Public Values



Les techniques d'édition du génome peuvent aider à faire face aux menaces en matière de santé publique et à régler les questions liées à la conservation des espèces, aux parasites agricoles et autres. Par exemple, des forçages génétiques pourraient permettre de modifier des organismes porteurs de maladies infectieuses telles que la dengue, le paludisme et le virus Zika. En agriculture, cette technologie peut servir à contrôler ou à modifier les organismes qui endommagent les cultures ou qui sont porteurs de maladies. D'autre part, certains organismes aux génomes modifiés pourraient produire des conséquences inattendues, comme la perturbation intentionnelle d'une espèce non cible ou la mise en place d'une deuxième espèce envahissante, plus résiliente.

Selon le rapport, les lacunes qui subsistent dans notre compréhension de la biologie des forçages génétiques et les effets potentiels sur l'environnement des organismes modifiés par cette technologie sont des considérations fondamentales à prendre en compte dans le développement et la libération de ces derniers. Des recherches en laboratoire et sur le terrain sont nécessaires pour une meilleure compréhension de la façon dont les forçages génétiques fonctionnent à l'échelle moléculaire des espèces et des écosystèmes. Pour répondre à ce besoin, une collaboration entre plusieurs domaines d'étude, dont la biologie moléculaire, la génétique des populations, la biologie évolutionniste et l'écologie est essentielle. En outre, des banques de données en ligne « en libre accès », et des procédures normalisées d'utilisation devraient être établies pour favoriser le partage de l'information et guider les paramètres futurs de la recherche.

Le comité ayant mené l'étude en question recommande une approche d'évaluation par étapes pour guider la recherche du laboratoire jusqu'au terrain. Comme le but d'un forçage génétique est de diffuser rapidement de l'information génétique dans toute une population, il est difficile de prévoir son impact et important de minimiser les risques de conséquences imprévues. Une évaluation progressive peut donc faciliter la prise de décisions fondées sur des données probantes à chacune des phases. Cette évaluation devra prendre en compte les caractéristiques du système de forçage génétique utilisé, les effets potentiels sur les humains et l'environnement ainsi que les valeurs locales de gouvernance. En mai 2016, aucune évaluation des risques écologiques n'avait été effectuée pour un organisme modifié au moyen du forçage génétique.

De plus, le rapport recommande que les autorités gouvernementales, les établissements de recherche, les bailleurs de fonds et les organismes de réglementation élaborent et maintiennent des politiques et des mécanismes clairs sur la façon dont la participation du public sera prise en compte dans la recherche, l'évaluation des risques écologiques et les décisions politiques relatives à cette technologie.

RÉFÉRENCE :

THE NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING AND MEDICINE (2016). *Gene Drives on the Horizon: Advancing Science, Navigating Uncertainty, and Aligning Research with Public Values*. Expert Report. June 8th. [En ligne] : <http://dels.nas.edu/Report/Gene-Drives-Horizon-Advancing/23405?bname=bls>

Étiquetage des OGM aux États-Unis : nouveau développement

Le 23 avril 2014, le Vermont a été le premier État à prévoir des dispositions légales pour encadrer systématiquement l'étiquetage des produits alimentaires génétiquement modifiés (GM). Le 1^{er} juillet 2016, la loi du Vermont sur l'étiquetage obligatoire des organismes génétiquement modifiés (OGM), intitulée *Act 120: An Act Relating to the Labeling of Food Produced with Genetic Engineering*, est entrée en vigueur. Même si cette loi est récente, elle ne sera que provisoire.

En effet, le 23 juin 2016, les sénateurs Debbie Stabenow et Pat Roberts ont proposé au Congrès des États-Unis une loi fédérale sur la divulgation et l'étiquetage des aliments GM. Cette proposition a pris la forme d'un amendement au projet de loi S.764 qui aurait pour effet d'annuler la loi du Vermont. Cet amendement rendrait obligatoire l'indication de la présence d'aliments GM sur l'ensemble du territoire américain. Ce texte de loi fédéral aurait la préséance sur les lois des États. Cette situation annulerait, par le fait même, toute autre initiative des États en rapport avec l'étiquetage obligatoire des OGM.

L'amendement 4935 du projet de loi S.764 laisse plus de latitude aux fabricants alimentaires quant à la façon d'informer les consommateurs de la présence d'ingrédients GM dans les aliments. Après avoir été accepté par le Sénat des États-Unis, il a été approuvé par la Chambre des représentants le 14 juillet 2016. Le projet de loi a ensuite pris le chemin de la Maison-Blanche pour la signature du président des États-Unis.

Le 29 juillet 2016, le président Obama a ratifié le projet de loi sur l'étiquetage des OGM, connu officiellement sous le nom de *National Bioengineered Food Disclosure Standard* (S.764). Celui-ci exige que le *United States Department of Agriculture* (USDA) élabore, dans un délai de deux ans, un règlement pour définir clairement et faire respecter les exigences qui y sont énoncées. La loi et le règlement s'appliqueront à la fois aux produits fabriqués au pays et à l'étranger.

En outre, cette loi crée un système national obligatoire selon lequel les fabricants d'aliments doivent divulguer les données relatives aux OGM par divers moyens. Selon ces dispositions, la présence d'ingrédients GM pourrait être communiquée par un symbole créé par l'USDA, le site Web de la compagnie, sa ligne téléphonique ou un code QR. Les fabricants ne seraient donc pas obligés d'indiquer explicitement la présence d'ingrédients GM sur l'emballage comme le stipulait la loi qui est entrée en vigueur au Vermont le 1^{er} juillet 2016.

Cette loi nationale a immédiatement la préséance sur les initiatives d'étiquetage des États, y compris la loi du Vermont. Le 2 août 2016, le procureur général du Vermont déclarait qu'à la suite de la signature du projet de loi par le président, le Vermont cesserait d'appliquer sa propre loi sur l'étiquetage des OGM.

RÉFÉRENCES :

CONGRESS (2016). *All Bill Information (Except Text) for S.764 – A Bill to Reauthorize and Amend the National Sea Grant College Program Act, and for Other Purposes. Act. National Bioengineered Food Disclosure standard*. 144th Congress. [En ligne] : <https://www.congress.gov/bill/114th-congress/senate-bill/764/all-info?resultIndex=2>

STATE OF VERMONT OFFICE OF THE ATTORNEY GENERAL. *As of August 2, 2016, Attorney General No Longer Enforcing Act 120*. August 11, 2016. [En ligne] : http://ago.vermont.gov/assets/files/Consumer/GE_Food/AGO%20GE%20Food%20Labeling%20Non-Enforcement.pdf

Les principales caractéristiques du projet de loi S.764 sont les suivantes :

PRÉÉANCE

Il est immédiatement interdit aux États et à toute autre entité d'imposer des étiquettes pour les aliments ou les semences GM qui font l'objet d'un commerce entre les États américains.

NORME UNIFORME À L'ÉCHELLE NATIONALE

L'USDA dispose d'un délai de deux ans pour établir une norme de divulgation uniforme à l'échelle nationale pour les aliments destinés à la consommation humaine qui sont ou pourraient être issus de techniques de bio-ingénierie. La réglementation déterminera la date d'entrée en vigueur de la loi.

DIVULGATION

La divulgation est obligatoire par divers moyens, notamment 1) le libellé sur l'emballage, 2) un symbole ou encore 3) un code QR ou une technologie similaire vers un lien sur un site Web. Les petits fabricants d'aliments seront autorisés à utiliser des sites Web ou des numéros de téléphone pour satisfaire aux exigences en matière de divulgation. Les fabricants d'aliments et les restaurants considérés comme étant « très petits » seront exemptés de cette obligation.

VIANDE

Les aliments contenant de la viande, de la volaille ou des produits d'œufs comme principal ingrédient feront l'objet d'une exemption. La loi interdit également au secrétaire à l'Agriculture de considérer les produits alimentaires dérivés d'un animal comme étant issus de techniques de bio-ingénierie uniquement parce que l'animal pourrait avoir consommé des aliments mis au point par des techniques de ce type. Les animaux GM, comme le saumon, sont assujettis aux exigences de divulgation.

DÉFINITION DU TERME OGM

La définition du terme OGM dans le projet de loi renvoie aux aliments contenant du matériel génétique qui a été modifié au moyen de techniques d'ADN recombinant *in vitro*. Des précisions supplémentaires seront fournies dans la réglementation de l'USDA.

PRODUITS BIOLOGIQUES

Les producteurs d'aliments certifiés en vertu du *National Organic Program* de l'USDA peuvent présenter leurs produits comme étant exempts d'OGM sans avoir à subir une autre vérification ou à fournir d'autre documentation.

Lors de l'élaboration de la réglementation, l'USDA devra, entre autres, indiquer les ingrédients et les techniques de reproduction qui seront assujettis à la loi, définir les « petites » et les « très petites » entreprises, et fixer la quantité limite de matériel biotechnologique que peut contenir un produit avant d'être soumis aux exigences de divulgation.

Mise au point d'une laitue résistante au virus de la laitue *Mirafiori*

Collaboration de M^{me} Anick Poirier, étudiante en agroéconomie, Université Laval

L'utilisation de cultivars résistants est une stratégie agronomique courante visant à contrer la propagation de maladies transmises par le sol. Or, à ce jour, les méthodes de croisement conventionnelles n'ont pas permis de mettre au point une laitue hautement résistante au virus de la laitue *Mirafiori*.

Pathogène terricole, ce virus se trouve dans l'ensemble des zones servant à la production maraîchère de laitue et constitue l'un des deux organismes à l'origine de la maladie des grosses nervures de la laitue (*Mirafiori lettuce big vein virus*). Cette dernière se caractérise par une distorsion de la feuille, qui est aussi bariolée en raison de la présence de veinules plus prononcées, ainsi qu'une diminution de la taille de la tête du végétal. Ce virus qui affecte l'esthétique des laitues récoltées occasionne d'importantes pertes pour les producteurs maraîchers. Constatant qu'aucun facteur permettant de développer une résistance complète à ce virus n'avait pu être isolé chez les espèces de laitues sauvages, des chercheurs japonais ont tenté d'utiliser des techniques de génie génétique afin de déterminer s'il était possible de mettre au point une meilleure stratégie pour les producteurs.

Pour transférer le gène marqueur de la résistance aux antibiotiques (néomycine phosphotransférase II), les gènes de l'ubiquitine (une molécule servant à détecter et à détruire les protéines inadéquates) et les séquences inversées du gène codant pour la protéine de la capsid (qui entoure le génome) du virus de la laitue *Mirafiori*, ces chercheurs ont utilisé deux vecteurs binaires d'ADN-T. Par la suite, ces vecteurs ont été introduits dans le génome des espèces visées par l'action de la bactérie *Agrobacterium tumefaciens*.

Pour exposer les laitues génétiquement modifiées au virus, les auteurs les ont transplantées dans un milieu de culture où la présence de celui-ci avait été confirmée. Contrairement aux plants mères, les plants transgéniques n'ont présenté aucun symptôme, ce qui laisse présumer que les gènes transférés ont permis d'inhiber les réactions normalement provoquées par le virus.

Finalement, les chercheurs ont été en mesure de s'assurer de la stabilité de cette modification sur quatre générations. Cela leur a permis de conclure que leur construction génomique était suffisamment stable pour que les espèces qui l'intègrent soient utilisées ultérieurement lors de la mise au point de nouveaux cultivars ou même cultivées en tant qu'espèces résistantes. Toutefois, avant d'envisager la commercialisation de ces espèces, d'autres tests seront nécessaires.

KAWAZU, Y., et al. (2016).
Development of marker-free transgenic lettuce resistant to Mirafiori lettuce big-vein virus. Transgenic Research. DOI 10.1007/s11248-016-9956-2.



Six gènes silencieux chez la pomme de terre : résistance au mildiou confirmée

Phytophthora infestans, l'agent causal du mildiou (ou brûlure tardive), représente une menace majeure pour la production de la pomme de terre commerciale dans le monde entier. Des coûts importants sont générés par la protection des cultures. Plusieurs gènes de résistance dominants (gènes R) au mildiou ont été identifiés et certains d'entre eux ont été évalués par croisement. Cependant, la population de *P. infestans* développe rapidement de nouvelles souches virulentes qui rendent les gènes R inefficaces.

Des chercheurs de la Wageningen University aux Pays-Bas ont introduit une nouvelle classe de résistance basée sur la perte de la fonction d'un gène de susceptibilité (gène S) codant pour un métabolite exploité par les agents pathogènes pendant l'infection et la colonisation. L'équipe de chercheurs a effectué l'extinction de cinq de ces gènes (*gene silencing*) chez la pomme de terre cultivar Désirée, qui est très sensible à la brûlure tardive. Le silence de ces cinq gènes a entraîné une résistance totale à *P. infestans*. La « mise sous silence » d'un sixième gène S a entraîné, quant à elle, une sensibilité réduite à la maladie chez le cultivar.



RÉFÉRENCES :

SUN, K., et al., (2016). *Silencing of six susceptibility genes results in potato late blight resistance*. *Transgenic Research*. DOI 10.1007/s11248-016-9964-2.

Une meilleure **communication entre les chercheurs et le citoyen** : un prérequis essentiel pour améliorer le transfert de connaissances

Collaboration de M^{me} Anick Poirier, étudiante en agroéconomie, Université Laval

L'essor fulgurant des nouvelles techniques d'édition du génome a mené à une prise d'actions législatives dans certains pays. La grande variabilité entourant les cadres législatifs vient appuyer l'hypothèse du rôle joué par l'opinion publique à cet égard.

Des chercheurs en biotechnologie végétale de l'*European Technology Platform Plants for the Future* à Bruxelles (Belgique), de Tin Duck Consulting à Chesterfield (États-Unis) et de l'*Institute of Bioorganic Chemistry Polish Academy of Sciences* en Pologne suggèrent qu'un changement de paradigme serait nécessaire pour permettre l'élaboration de cadres législatifs s'harmonisant avec les évidences scientifiques et l'opinion publique.

Leur analyse des dossiers biotechnologiques ayant retenu l'attention politique leur a permis de constater que les perceptions des citoyens quant aux innovations se forment principalement à travers les interventions médiatiques.

Ainsi, la difficulté d'accès à une information crédible et compréhensible pour le grand public a amené cette équipe à conclure que les chercheurs surestiment l'importance de leur participation aux débats politiques. Selon elle, c'est en organisant des activités de transfert de connaissances visant le grand public que les chercheurs peuvent mieux faire connaître leurs innovations. En diffusant et en vulgarisant leurs activités de recherche et leurs résultats de façon claire et concrète, ils s'assurent que les applications qui en résultent ne soient pas décrites comme étant un sujet de préoccupation.

Finalement, les auteurs mentionnent l'importance de l'interactivité. Ils soulignent aussi qu'à travers leurs activités de communication, les scientifiques se doivent d'aborder rationnellement les préoccupations des citoyens sans pour autant diminuer les fondements de celles-ci.

RÉFÉRENCES :

MALYSKA, A. et al. (2016). *The role of public opinion in shaping trajectories of agricultural biotechnology*. *Trends in Biotechnology* 34 (7): 530-534

Nouvelles brèves

Résistance aux virus chez le concombre grâce au système CRISPR

Des chercheurs du Centre Volcani en Israël ont présenté, dans le journal *Molecular Plant Pathology*, leurs travaux portant sur le développement d'une résistance aux virus chez le concombre (*Cucumis sativus L.*). En utilisant le système CRISPR/Cas9/ARN subgénomique (sgRNA) pour perturber le fonctionnement du gène récessif *eukaryotic translation initiation factor 4E (eIF4E)*, ils ont développés des concombres plus résistants à l'ipomovirus *Cucumber vein yellowing virus*, aux potyvirus *Zucchini yellow mosaic virus* et *Papaya ring spot mosaic virus-W*. Ainsi, pour la première fois, une étude démontre le développement d'une résistance aux virus chez le concombre, de façon non transgénique, par l'intermédiaire de la technologie CRISPR/Cas9. Cette approche pourrait être appliquée à plusieurs autres cultures.

NOTE : Pour plus d'information sur le système CRISPR/Cas9, voir les trois articles suivants de la *Cellule de veille OGM* sur le site Agri-Réseau : <https://www.agrireseau.net/biotechnologie-moderne-et-ogm/documents/92990?s%5B0%5D=0-22-443-808-2842&r=&s=2842>.

CHANDRASEKARAN, J., et al. (2016) *Development of broad virus resistance in non-transgenic cucumber using CRISPR/Cas9 technology*, *Molecular Plant Pathology* 17(7): 1140-1153.
[En ligne] : <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/mp.12375/full>.



Amélioration du rendement en grains chez le maïs avec le système CRISPR

Le gène de maïs *ARGOS8* régule négativement les réponses à l'éthylène. Dans une étude précédente, des plantes transgéniques surexprimant *ARGOS8* ont présenté une sensibilité réduite à l'éthylène et améliorer leur rendement en grains dans des conditions de sécheresse. Pour explorer davantage la question, une équipe de chercheurs de DuPont Pioneer, dirigés par Jinrui Shi, a évalué 400 lignées de maïs au regard de l'expression de l'ARNm *ARGOS8*, visant à l'utiliser en hybridation pour la tolérance à la sécheresse. Cette équipe a ensuite utilisé une technique d'édition du génome CRISPR/Cas pour générer de nouvelles variantes du gène *ARGOS8*. D'autres études sur le terrain ont montré que les maïs *ARGOS8* modifiés avaient également augmenté leur rendement en grains au cours de la période de floraison, et ce, même dans des conditions de stress, et qu'ils n'avaient subi aucune perte de rendement avec un arrosage adéquat. Ces résultats prouvent la valeur du système CRISPR/Cas9 dans la génération de nouveaux cultivars pour la sélection végétale.

NOTE : Pour plus d'information sur le système CRISPR/Cas9, voir les trois articles suivants de la *Cellule de veille OGM* sur le site Agri-Réseau : <https://www.agrireseau.net/biotechnologie-moderne-et-ogm/documents/92990?s%5B0%5D=0-22-443-808-2842&r=&s=2842>.

SHI, J. et al. (2016). *ARGOS8 variants generated by CRISPR-Cas9 improve maize grain yield under field drought stress conditions*. *Plant Biotechnology Journal*. DOI: 10.1111/pbi.12603



Le vieillissement des animaux clonés : de nouvelles données scientifiques disponibles

Lorsque la brebis Dolly est devenue le premier animal cloné dans le monde, certains chercheurs ont soulevé des préoccupations selon lesquelles les animaux conçus par l'entremise de cette technique pourraient souffrir de problèmes de santé avec l'âge. Une nouvelle recherche publiée le 26 juillet 2016 dans *Nature Communications* suggère que les animaux clonés à l'aide du transfert nucléaire de cellules somatiques (*somatic cell nuclear transfer* ou SCNT) vieillissent normalement. Des chercheurs de l'Université de Nottingham au Royaume-Uni ont mesuré le métabolisme de même que la santé cardiaque et musculosquelettique de 17 brebis clonées âgées de 7 à 9 ans (dont 4 de la même lignée cellulaire que celle qui a donné naissance à Dolly). Ils ont alors conclu que les animaux clonés ne présentent aucun signe de maladie liée au SCNT.

SINCLAIR, K.D., *et al.* (2016). *Healthy ageing of cloned sheep*. *Nature Communications* 7 :12359. En ligne : <http://www.nature.com/articles/ncomms12359>.



Académies suisses des sciences : une réglementation stricte n'est pas nécessaire pour les nouvelles techniques d'amélioration génétique des plantes

Les Académies suisses des sciences ont publié une fiche d'information sur les nouvelles techniques d'amélioration génétique en agriculture (cisgénèse, intragénèse, édition génomique [TALEN, CRISPR], ARN interférent, agroinfiltration, etc.). Ces techniques permettent de modifier très précisément le patrimoine génétique des plantes. Elles élargissent de manière déterminante les possibilités de sélection végétale et favorisent ainsi une agriculture suisse plus respectueuse de l'environnement, plus économique et plus durable. Le titre du document annonce un important potentiel, mais un avenir ouvert. Étant donné que des premières variétés résultant de ces techniques innovantes existent d'ores et déjà et que de nouvelles suivront sous peu, il est indispensable de déterminer si les plantes produites par ce moyen sont régies par la loi sur le génie génétique. Dans la plupart des cas, ces modifications pourraient aussi se produire dans des conditions naturelles et aucun ADN étranger ne subsiste dans la plante. Du point de vue des sciences naturelles, aucune raison ne justifie une réglementation sévère des plantes sélectionnées avec ces méthodes. Cette conclusion est similaire aux déclarations d'autres académies scientifiques situées ailleurs dans le monde.

SWISS ACADEMIES OF ARTS AND SCIENCES.
Nouvelles techniques de sélection végétale pour l'agriculture suisse – gros potentiel, avenir ouvert.
SWISS ACADEMIES FACTSHEETS, Vol. 11, N° 4, Août 2016. En ligne : <http://www.akademien-schweiz.ch/fr/index/Publikationen/Swiss-Academies-Factsheets.html>



Nouvelles techniques de sélection végétale pour l'agriculture suisse – gros potentiel, avenir ouvert

Des nouvelles techniques permettent de modifier très précisément le patrimoine génétique des plantes. Dans la plupart des cas, ces modifications pourraient aussi se produire dans des conditions naturelles et aucun ADN étranger ne subsiste dans la plante. Ces techniques élargissent de manière déterminante les possibilités de sélection végétale et facilitent ainsi le chemin vers une agriculture suisse plus respectueuse de l'environnement, plus économique et, finalement, plus durable. Sachant que des premières variétés résultant de ces techniques innovantes existent d'ores et déjà, et que de nouvelles suivront sous peu, il est indispensable de clarifier si les plantes produites à l'aide de ces nouvelles techniques de sélection sont réglementées ou pas par la loi sur le génie génétique. Du point de vue des sciences naturelles, aucune raison ne justifie une réglementation sévère des plantes sélectionnées avec ces méthodes.

Défi : produire plus avec moins

La sélection végétale conventionnelle a permis de réaliser des récoltes exceptionnelles dans le passé. Elle a contribué de manière déterminante à l'alimentation de la population mondiale. Cependant, la situation alimentaire globale depuis 1950 ne reflète pas une croissance de la population de trois à sept milliards d'individus dans le même périmètre, alors même que la surface cultivable n'a augmenté que de 10%. La sélection végétale a été focalisée par le passé sur la maximisation de rendement. Pour ce faire, des techniques et produits phytocénétiques ont été utilisés, ce qui a conduit, au moins en partie, à une intensification de l'agriculture accompagnée d'effets secondaires indésirables. Selon les pronostics, le besoin global en produits alimentaires devrait augmenter d'environ 70% jusqu'en 2050. La détermination d'une réglementation stricte ou, au contraire, d'une absence de réglementation est essentielle pour garantir la sécurité alimentaire sans compromettre la santé humaine.

Évaluation de la croissance et de la performance de la reproduction chez des boucs modifiés par la technique d'édition du génome TALEN

Avec le développement de techniques d'édition du génome et de plusieurs endonucléases d'ingénierie, telles que les nucléases à doigts de zinc, la nucléase effectrice de type activateur de transcription (*Transcription Activator-Like Effector Nuclease* [TALEN]) et CRISPR/Cas9, le ciblage génique a été efficacement amélioré pour générer des animaux génétiquement modifiés (GM) de façon très spécifique. Cependant, peu d'études ont permis d'évaluer la santé et la fertilité de ces animaux. En Chine, des chercheurs du laboratoire de biotechnologies animales du ministère de l'Agriculture ont évalué des boucs GM par la technique TALEN pour empêcher la production de β -lactoglobuline. Le but de leur étude était de vérifier si les événements de ciblage de gènes et le re-clonage des animaux auraient une incidence sur les traits de production des boucs. Ils ont constaté que le poids à la naissance, la croissance post-natale, la qualité du sperme frais et congelé, la quantité d'ovocytes ainsi que le taux de conception par insémination artificielle étaient identiques chez les boucs GM et ceux qui ne l'étaient pas. En outre, la transmission germinale de la modification ciblée était conforme aux règles de l'hérédité mendélienne.

GE, H. et al. (2016). *The growth and reproduction performance of TALEN mediated β -lactoglobulin-knockout bucks*. *Transgenic Research*. DOI 10.1007/s11248-016-9967-z.

L'Union européenne a approuvé trois nouveaux types de soja génétiquement modifié

À la fin de juillet 2016, la Commission européenne a approuvé trois nouveaux organismes génétiquement modifiés (OGM) destinés à être vendus pour les denrées alimentaires humaines et animales en Europe. L'industrie sera ainsi en mesure d'importer du soja MON 87708 x MON 89788, du soja MON 87705 x MON 89788 et du soja FG 72. Même si ces produits ont fait l'objet d'une opinion scientifique favorable en 2015 de la part de l'*European Food Safety Authority* (EFSA), cette nouvelle autorisation permet leur importation en Europe mais pas leur culture.

MICHAIL, N. *Commission approves 3 GM soybeans for EU import*. *FoodNavigator*. July, 25, 2016. En ligne : <http://www.foodnavigator.com/content/view/print/1286417>



Des acides gras d'oléagineux génétiquement modifiés pourraient remplacer l'huile de poisson

La longue chaîne d'acides gras polyinsaturés oméga-3 EPA est bénéfique pour la santé cardiovasculaire et cognitive ainsi que pour le développement du fœtus. L'apport quotidien minimal recommandé peut être atteint en mangeant de une à deux portions de poisson gras par semaine. Toutefois, le poisson fournit actuellement seulement 40 % de l'acide eicosapentaénoïque (EPA) et de l'acide docosahexaénoïque (DHA) nécessaires pour permettre à tous les individus du monde de consommer la dose journalière minimale de 500 mg/j. Par conséquent, des sources alternatives et durables de ces oméga-3 sont nécessaires. Au Royaume-Uni, le *Biotechnology and Biological Sciences Research Council* (BBSRC) a financé des chercheurs de l'Université d'East Anglia pour leur permettre d'étudier l'effet de la consommation par des souris d'aliments enrichis avec de l'huile de caméline (*Camelina sativa*) génétiquement modifiée (GM), développée à la station de recherche Rothamsted. Cette plante GM contient une huile enrichie d'EPA dans une proportion de 20 %. Le but de cette recherche était de découvrir si les mammifères peuvent absorber et accumuler de l'EPA à partir de cette nouvelle source d'oméga-3. Les chercheurs ont déterminé si la consommation d'huile à partir des plantes modifiées était aussi bénéfique que celle de l'EPA d'huile de poisson. Ils ont étudié les concentrations tissulaires d'acides gras dans le foie, les muscles et le cerveau, ainsi que l'expression des gènes impliqués dans la régulation de l'état de l'EPA et de ses avantages physiologiques. L'huile de caméline transgénique est une source biodisponible de l'EPA chez la souris. Les données issues de leurs travaux fournissent un appui pour l'évaluation future de cette huile dans un essai d'alimentation humaine.

TEJERA, N. *et al.* (2016). *A transgenic Camelina sativa seed oil effectively replaces fish oil as a dietary source of EPA in mice* *The Journal of Nutrition*. DOI: 10.3945/jn.115.223941

La pomme Fuji Arctic®, un pas vers l'approbation réglementaire aux États-Unis

L'*Animal and Plant Health Inspection Service* (APHIS) de l'*United States Department of Agriculture* (USDA) a rendu publique la version finale de la pétition d'Okanagan Specialty Fruits (OSF) Inc. pour obtenir l'approbation réglementaire de la pomme Fuji Arctic®, une variété antibrunissement produite par la biotechnologie. Cette entreprise de la Colombie-Britannique a utilisé les techniques d'extinction de gènes (gene silencing) pour empêcher la production de l'enzyme polyphénol oxydase (PPO), qui provoque le brunissement de la chair de la pomme lorsqu'elle est meurtrie ou coupée. Dans un communiqué publié le 10 Août 2016, l'APHIS présente ses constats concernant l'absence significative de risques. Il a mis en ligne son analyse pour obtenir les commentaires du public jusqu'au 12 septembre 2016. L'entreprise prévoit actuellement l'introduction commerciale des variétés de pommes Fuji Arctic® pour l'automne 2017.

USDA-APHIS. *Petition to Extend Determination of Nonregulated Status to Non-Browning Apple*. August 12, 2016. [En ligne: https://www.aphis.usda.gov/aphis/ourfocus/biotechnology/sa_environmental_documents/sa_environmental_assessments/petition_extension_16-004-01p-osf-apple]

OKANAGAN SPECIALTY FRUIT. *Press Release: Arctic® Fuji apple one step closer to U.S. regulatory approval*. August 2016. Summerland, B.C. [En ligne] : <http://www.okspecialtyfruits.com/arctic-fuji-apple-one-step-closer-u-s-regulatory-approval/>

Symposium international de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) sur les biotechnologies agricoles



Organisation des Nations Unies
pour l'alimentation et l'agriculture

Le symposium international de la FAO sur le thème *Le rôle des biotechnologies agricoles dans les systèmes alimentaires durables et la nutrition* a eu lieu du 15 au 17 février 2016 au siège de l'Organisation, situé à Rome. Son objectif était d'explorer l'application des biotechnologies au profit des petits agriculteurs dans le développement de systèmes alimentaires durables et l'amélioration de la nutrition, compte tenu des défis actuels qui se posent dont les changements climatiques. Ce symposium, qui touchait les cultures, l'élevage des animaux, la foresterie et la pêche, a couvert un large éventail de biotechnologies, allant des approches standards, comme l'utilisation microbienne dans les procédés de fermentation, les biofertilisants, les biopesticides et l'insémination artificielle, jusqu'aux approches de haute technologie, telles que celles impliquant l'ADN et les organismes génétiquement modifiés. Un large éventail de sources d'information est maintenant accessible sur le site Internet portant sur l'événement : rapport synthèse, faits saillants, résultats des discussions et principaux messages du symposium, vidéos et diapositives des présentations. Pour plus de détails, vous pouvez vous rendre à l'adresse suivante : <http://www.fao.org/about/meetings/agribiotechs-symposium/fr/>.

L'Université Cornell et edX offrent un cours en ligne sur les OGM

L'Université Cornell aux États-Unis et edX offrent un cours en ligne sur les OGM qui traite de différents sujets.

Par exemple, que sont les organismes génétiquement modifiés (OGM) et pourquoi les scientifiques les développent-ils?

L'étude de la science des OGM nous aide à comprendre le rôle potentiel de la biotechnologie pour ce qui est de permettre de relever les défis du secteur agricole. Dans ce cours d'introduction Alimentation et nutrition, les bases du génie génétique, le débat politique autour des OGM et les arguments pour et contre leur utilisation seront présentés.

La politique entourant les OGM et son impact à la fois individuel et sociétal seront également examinés, y compris les problèmes, les perceptions, les avantages et les risques liés aux OGM. Le cours débute le 13 septembre 2016 et est d'une durée de cinq semaines.

The Science and Politics of the GMO En ligne:
<https://www.edx.org/course/science-politics-gmo-cornellx-gmo0101x#!>

Croissance du marché des grains génétiquement modifiés jusqu'en 2020 en raison de l'augmentation de l'utilisation des biocarburants

Le marché mondial des semences génétiquement modifiées (GM) continuera de présenter un taux de croissance annuel composé (TCAC) de près de 10 % d'ici 2020 selon un nouveau rapport publié par Technavio, une firme conseil internationale en recherche technologique. Le dernier rapport de Technavio, intitulé *Global Genetically Modified Seeds Market 2016-2020*, mentionne plusieurs facteurs qui peuvent contribuer à la croissance du marché mondial des semences GM, dont l'augmentation de l'adoption des biocarburants, l'augmentation de la demande pour l'alimentation animale et les prix élevés de certains produits alimentaires non GM.

Press Release. *Global Genetically Modified Seeds Market to Witness Growth Through 2020 Due to Rise in Adoption of Bio-fuels: Reports Technavio*. August 30, 2016. [En ligne] : <http://www.businesswire.com/news/home/20160830005089/en/Global-Genetically-Modified-Seeds-Market-Witness-Growth>

TECHNAVIO. *Global Genetically Modified Seeds Market 2016-2020*. August 25, 2016. [En ligne] : http://www.technavio.com/report/global-agricultural-equipment-global-genetically-modified-seeds-market-2016-2020?utm_source=T3&utm_medium=BW&utm_campaign=Media

L'Autorité de protection de l'environnement de la Nouvelle-Zélande déclare que le glyphosate est non carcinogène

L' Autorité de protection de l'environnement (EPA) de la Nouvelle-Zélande a publié, en août 2016, les résultats de son examen des éléments de preuve relatifs au glyphosate et à sa cancérogénicité potentielle. Selon son rapport, « le glyphosate est peu susceptible d'être génotoxique ou cancérogène pour l'homme et ne nécessite pas d'être classé dans la *Hazardous Substances and New Organisms Act 1996* (HSNO Act) comme cancérogène ou mutagène ». Les résultats présentés sont basés sur le poids des preuves disponibles, compte tenu de la qualité et de la fiabilité des données sur le sujet.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AUTHORITY (2016). *Glyphosate Review*. New-Zealand Government. August. [En ligne] : http://www.epa.govt.nz/Publications/Glyphosate_report_lay_summary.pdf

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