

Biotechnologies végétales *info*

Publication de l'Association Française des Biotechnologies Végétales (AFBV)

N° 25

SOMMAIRE

Actualités

Dossier

Bilan des biotechnologies pour le maïs

P.4 Vaincre l'insécurité alimentaire avec les maïs Bt

Les maïs tolérant à des herbicides
Les maïs génétiquement modifiés semés sur 60,9 millions d'hectares en 2019

P.5 Balance bénéfiques/risques de la culture du « maïs Bt »

P.6 Des maïs résistant aux insectes ou tolérant à la sécheresse

Des maïs OGM meilleurs pour la santé que les maïs non OGM ?

La coexistence entre cultures est -t-elle réalisable ?

Focus

P.7 Résistance aux rouilles obtenue en inactivant un gène

L'édition des génomes cytoplasmiques progresse

Le gène Stb16q apporte une résistance durable du blé à la septoriose

Interview

P.8 Daniel Peyraube, Président de l'AGPM



Association Française
des Biotechnologies Végétales

23-25, rue Jean-Jacques Rousseau
75001 PARIS

afbv.secretariat@gmail.com
www.biotechnologies-vegetales.com

Directeur de publication : Georges Freyssinet

Secrétaire de rédaction : Gil Kressmann

ISSN 2273-6727

Prix de l'abonnement annuel : 27 euros

L'urgence du changement climatique impose les NBT

Les résultats des vaccins contre la CoVid 19 ont confirmé l'utilité des biotechnologies dans le domaine de la santé humaine. Biotechnologies Végétales Infos N°23 avait présenté certaines de ces nouvelles technologies mises en œuvre avec succès pour faire face à la CoVid 19 et montré les analogies avec celles utilisées en amélioration des plantes.

Souhaitons que cette reconnaissance des biotechnologies dans le domaine de la santé encourage les différentes parties prenantes, en France et en Europe, à s'accorder sur l'évolution rapide du processus réglementaire nécessaire pour permettre aux créateurs de semences d'avoir accès aux nouvelles techniques (NBT), comme la mutagenèse dirigée (édition de gènes) et la cisgénèse.

Une décision sur cette nouvelle réglementation devient de plus en plus nécessaire et urgente compte-tenu du récent rapport du GIEC très sombre sur les perspectives du réchauffement climatique. L'édition génomique appliquée aux plantes constitue un nouvel outil performant et très attendu pour compléter la panoplie d'outils dont dispose la filière semencière pour améliorer les plantes. La rapidité et la grande précision de ces nouveaux outils sont des atouts importants pour une amélioration rapide des cultures qui doivent s'adapter aux variations climatiques. Une première étape positive a été réalisée par la publication de l'étude de la Commission sur les Nouvelles Technologies Génomiques qui propose une action politique sur les plantes dérivées de la mutagenèse dirigée et de la cisgénèse, impliquant la réalisation d'une étude d'impact. Proposition confirmée par le Conseil des Ministres de l'Agriculture fin mai.

Les biotechnologies végétales sont au cœur d'une vague d'innovations sans précédent qui va aider l'agriculture à relever les nombreux défis qui l'attendent. Outre les défis du réchauffement climatique, écologiques, la sécurité et la souveraineté alimentaire de l'UE dépendent aussi, pour partie, de la capacité de nos instances de décision à adopter et promouvoir ces innovations technologiques dont s'emparent avec avidité tous les grands pays agricoles hors UE. L'UE ne peut pas se permettre une attitude conservatrice pour assurer l'avenir de l'agriculture. L'UE doit retrouver son esprit de conquête pour permettre à son agriculture de retrouver le pouvoir vert qu'elle n'aurait jamais dû perdre.

Georges FREYSSINET
Président de l'AFBV

Union européenne

L'UE autorise la commercialisation de sept nouvelles plantes transgéniques



La Commission européenne a autorisé la commercialisation de sept nouveaux événements dans des plantes transgéniques au sein de l'UE (trois maïs, deux sojas,

un colza, un coton) et renouvelé les autorisations de trois autres : deux maïs et un colza.

Ces autorisations couvrent l'importation et la commercialisation en tant qu'aliments pour animaux des dix événements (OGM) mais ne concernent pas la culture de ces OGM dans les États-membres. Ces autorisations sont valables dix ans.

Bruxelles a souligné que les dix événements ont passé avec succès une procédure

« exhaustive et rigoureuse » avant de recevoir l'autorisation qui comprend une analyse « favorable » pour chacun d'eux par l'Agence européenne de sécurité des aliments (EFSA).

La décision de l'Exécutif communautaire intervient après que les gouvernements européens n'aient pu réunir au niveau des experts une majorité en faveur ou contre l'octroi ou le renouvellement des autorisations de ces produits. ■

Monde

Bilan des cultures de plantes GM dans le monde

En 2019, le nombre de pays où se cultivent des cultures GM était de 29 (24 pays en voie de développement et 5 pays industrialisés). En 2019, 90,7% de la superficie mondiale cultivée en OGM (190,4 millions d'hectares) se retrouvaient dans 5 pays :

- les États-Unis, 37,6% de la superficie ;
- le Brésil, 27,7% de la superficie ;
- l'Argentine, 12,6% de la superficie ;
- le Canada, 6,6% de la superficie ;
- l'Inde, 6,3% de la superficie.

Les autres hectares de plantes GM ont été cultivés par les 24 pays suivants (en ordre décroissant

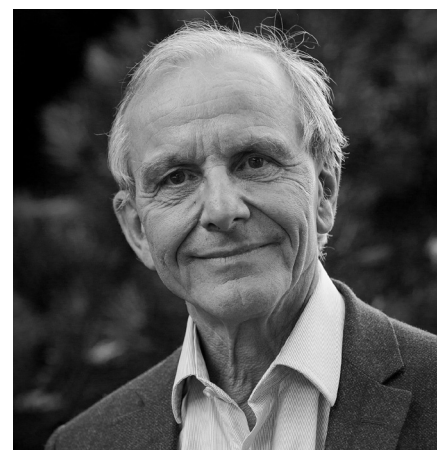
de superficie) : Paraguay, Chine, Afrique du Sud, Pakistan, Bolivie, Uruguay, Philippines, Australie, Myanmar, Soudan, Mexique, Espagne, Colombie, Vietnam, Honduras, Chili, Malawi, Portugal, Indonésie, Bangladesh, Nigéria, Eswatini, Ethiopie, Costa Rica.

Les quatre principales plantes GM cultivées sont le soja, le maïs, le cotonnier et le canola.

Les autres plantes GM cultivées sont la luzerne, la betterave à sucre, la papaye, l'aubergine, la pomme de terre, la courge, la pomme, l'ananas et la canne à sucre. ■

Source : James, Clive. 2019. *Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops : 2019*. - SAAA Brief No. 54

Disparition



Axel Kahn, médecin et généticien et soutien fidèle de l'AFBV

Avec le décès d'Axel Kahn, notre pays a perdu un grand médecin et un grand généticien. L'AFBV a perdu aussi un ami : il fut l'un des fondateurs de l'AFBV en 2009 et l'un de ses plus fidèles soutiens.

Axel Kahn a présidé pendant neuf ans la Commission du Génie Biomoléculaire (CGB), devenue plus tard le HCB, et qui était chargée d'évaluer les demandes d'expérimentation et de mise en culture d'organismes génétiquement modifiés.

Il démissionna en 1997 suite à la décision du gouvernement Juppé d'interdire la culture en France d'un maïs transgénique à laquelle il était favorable. Il a préfacé le livre « Biotechnologies végétales, environnement, alimentation, santé » (2011) dirigé, en partie, par des administrateurs de l'AFBV et édité chez Vuibert. Comme il a aimé qu'on le dise « Axel Kahn était un homme bien ». ■

Europe

Une opinion plus positive des consommateurs sur l'édition génomique

Les consommateurs occidentaux ont tendance à avoir une opinion généralement plus positive sur les aliments issus de plantes génétiquement édités.

L'une des enquêtes, menée par l'Agence des Normes Alimentaires (FSA) du Royaume-Uni, a examiné les attitudes en Angleterre, au Pays de Galles et en Irlande du Nord, tandis que l'autre, réalisée par des chercheurs universitaires, a évalué les opinions des consommateurs en Allemagne, en Italie, au Canada, en Autriche et aux États-Unis.

Les consommateurs sont réceptifs à l'utilisation des outils d'édition génétique dans l'agriculture s'ils apportent des avantages sociaux, économiques et environnementaux.

Les consommateurs ont tendance à considérer plus favorablement l'édition génomique que



les modifications génétiques, la considérant comme un processus plus naturel. Les hommes, les jeunes et les personnes ayant un niveau d'éducation élevé avaient une attitude plus favorable à l'égard des aliments édités.

Les résultats combinés suggèrent que les positions anti-biotechnologie se sont atténués en Europe et au Royaume-Uni. ■

Source : *Western consumers have positive attitudes toward gene-edited foods, two new studies find - Alliance for Science (cornell.edu)*

Afrique

Le Kenya autorise les essais au champ d'un manioc GM résistant à une maladie



L'Autorité nationale de biosécurité du Kenya (NBA) autorise les essais au champ d'un manioc génétiquement modifié (GM), événement 4046, résistant à la maladie des

striures brunes du manioc (CBSD). Le manioc résistant à cette maladie a été développé par l'Organisation de recherche agricole et animale du Kenya (KALRO).

Il s'agit d'une étape importante pour mettre le manioc résistant aux maladies à la disposition des agriculteurs kenyans afin de relever les défis de la sécurité alimentaire. L'événement 4046 approuvé a été développé à l'aide de la biotechnologie moderne et évalué sur une période de cinq ans lors d'essais en champ confiné. Il a montré une résistance élevée et stable contre la CBSD, une maladie qui peut entraîner une perte de 100 pour cent des racines stockées en cas d'infection grave. L'examen approfondi de la NBA, confirme que le manioc GM est aussi sûr que les variétés conventionnelles pour l'alimentation humaine, animales et l'environnement. ■

Suisse

Des chercheurs veulent redorer l'image des OGM

Depuis 2005, en Suisse, la mise en culture d'organismes génétiquement modifiés fait l'objet d'un moratoire déjà reconduit trois fois et qui pourrait l'être à nouveau pour quatre ans. Cependant 70 chercheurs suisses, dont un militant de Greenpeace, se battent contre la prolongation de ce moratoire contre les OGM. Pour ces scientifiques les plantes OGM

n'engendrent pas de risques plus élevés que les plantes conventionnelles. Pour autoriser la culture commerciale d'une plante il s'agirait moins de juger la technique d'obtention que le produit final qui doit être évalué au cas par cas. ■

Source : 20 minutes suisse du 01/09/2021

Ils ont dit :

Macron se prononce en faveur de l'adoption des NBT



« Cela (les NBT) fait partie des instruments qui nous sont offerts »

a-t-il expliqué lors de l'événement Terres de Jim le 10/09/2021. « On doit pouvoir en France, de manière contrôlée, ouverte, transparente, en donnant les garanties démocratiques, procéder aux innovations qui permettent d'avancer dans les pratiques et d'avoir à la fois de la productivité et de mieux résister aux aléas et aux risques, les NBT en font partie ».

Source : Agri 72 du 10/09/2021

« Je ne dis pas qu'il faut interdire par principe des produits issus des NBT »



Barbara Pompili
Ministre de la transition écologique

La ministre de la Transition écologique Barbara Pompili déclare ne pas s'opposer pas à la potentielle autorisation des nouvelles biotechnologies (NBT) « dans le strict respect du principe de précaution » : « Contrairement aux OGM conventionnels issus de transgénèse, je ne dis donc pas qu'il faut interdire par principe des produits issus des NBT... Ce qui est primordial, c'est la finalité recherchée. Si c'est pour développer des semences résistantes aux herbicides, là je ne suis pas d'accord, ce n'est pas acceptable. »

Source : France agricole du 03/06/2021

« Les NBT sont une aide incontournable pour les producteurs »



Christian Jacob
Président du Parti Républicain

« Face au réchauffement climatique il faut miser sur l'innovation plutôt que sur la décroissance. Les « new breeding techniques » ne peuvent être écartées d'un revers de main sous la pression des activistes déclinistes... Ces techniques sont une aide incontournable pour les producteurs en leur permettant de mieux s'adapter au réchauffement climatique. »

Source : Le Monde du 02/09/2021

« Si on veut limiter les pesticides, la solution est d'utiliser les OGM »



Jean de Kervasdoué
Ancien Directeur de la santé

Source : interview dans Ouest France le 02/09/2021

Appel de l'AFBV au Président de la République

Alors que le Président de la République a annoncé son intention de mettre la réduction des pesticides à l'ordre du jour de sa prochaine Présidence du Conseil des Ministres européens, l'AFBV rappelle que cette ambition n'est réalisable que s'il existe des alternatives présentant les mêmes caractéristiques d'efficacité. Parmi celles-ci l'AFBV souligne l'intérêt de créer des plantes génétiquement résistantes aux maladies ou à des agresseurs et qui nécessitent moins de pesticides pour être protégées.

L'Union européenne et en particulier la France disposent d'une recherche publique et privée capable de créer ces variétés de semences à haute valeur ajoutée, à la fois productives et mieux adaptées à la réduction des traitements. Encore faut-il permettre aux chercheurs de l'UE de chercher avec les outils du XXI^{ème} siècle. Pour cela l'UE doit se doter d'une réglementation adaptée aux progrès de la science.

Pour l'AFBV l'Europe agricole perdra sa souveraineté technologique et donc politique si elle ne crée pas les conditions réglementaires pour permettre à la recherche d'utiliser l'édition de gènes, complétant ainsi la panoplie des outils de la sélection végétale.

Bilan des biotechnologies pour le maïs

Le maïs est une des trois céréales les plus importantes au monde. Il est utilisé comme aliment pour le bétail, transformé en huile de cuisson et en additifs alimentaires, utilisé comme matière première pour les biocarburants et trouve de nombreux débouchés dans l'industrie. Dans certains pays le maïs est un constituant de base de l'alimentation humaine. Les premières variétés de maïs transgénique (GM) résistantes aux insectes ont été cultivées aux États-Unis en 1996. Avec 25 ans de recul nous dressons un bilan des maïs génétiquement modifiés dans le monde et sur le rôle des biotechnologies végétales dans les améliorations variétales de cette espèce.

Afrique

Vaincre l'insécurité alimentaire avec les maïs Bt



Dans de nombreux pays africains les épis de maïs sont endommagés par la chenille légionnaire d'automne, puis ils sont infectés par des champignons et des bactéries. Ces parasites réduisent le rendement du maïs et menacent la santé des consommateurs car ils produisent une substance chimique hautement toxique, la fumonisine.

Une solution à ce problème est la culture du maïs Bt, un OGM sûr et efficace depuis 25 ans : il tue la chenille légionnaire et empêche les maladies de se déclarer. Ce maïs Bt permettrait de produire des récoltes abondantes en Afrique menacée par l'insécurité alimentaire.

Le problème est que de nombreux Africains ont entendu dire que les OGM sont dangereux pour la santé et l'environnement, un endoctrinement servi par des ONG qui, pour des raisons idéologiques, ne veulent pas que les agriculteurs africains adoptent les technologies de l'agriculture moderne.

Le succès de l'adoption du maïs Bt par l'Afrique du Sud est pourtant très parlant. En 2017 l'Afrique du Sud a produit commercialement environ 1,1 million d'hectares de variétés de maïs GM pour la consommation humaine directe, ce qui représente un taux d'adoption de 85%. Une étude récente a montré que l'adoption du maïs blanc GM a contribué à une moyenne de 4,6 millions de rations annuelles supplémentaires. Entre 2001 et 2018, l'adoption du maïs blanc GM a contribué à 83,5 millions de rations supplémentaires de maïs. ■

Source : South Africa has reaped major benefits from GM maize, study finds - Alliance for Science (cornell.edu)

Les maïs tolérants à des herbicides

Un contrôle des mauvaises herbes (adventices) est indispensable pour une récolte optimale en qualité et quantité. Ce contrôle est réalisé soit avec des herbicides, soit mécaniquement. Le maïs est une culture peut couvrante du sol, en particulier dans les premiers jours après le semis. Une pluie à cette période va induire le développement des adventices et un traitement sera indispensable, que ce maïs soit GM, non GM ou Bio.

L'introduction d'une tolérance à des herbicides (TH) totaux (glyphosate ou glufosinate) a ouvert de nouvelles possibilités permettant un traitement plus simple (un seul herbicide au lieu de plusieurs) avec un coût plus faible et une réduction du Quotient d'Impact Environnemental (QIE). Cela explique l'intérêt que l'agriculteur trouve à ce type de maïs.

Suite au développement, dans certaines régions, d'adventices tolérantes au glyphosate, l'agriculteur doit faire, sur les parcelles concernées, un traitement supplémentaire avec un herbicide utilisé précédemment ou utiliser un maïs GM contenant d'autres tolérances aux herbicides. En raison de ce traitement supplémentaire, on observe, dans ces régions une légère augmentation du QIE.

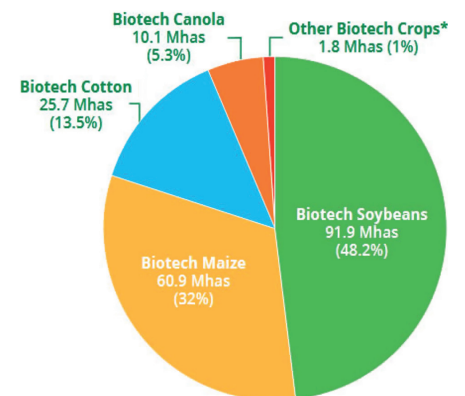
Un management adapté dans lequel on limite les traitements répétés au glyphosate permet de fortement réduire le développement de ces tolérances qui ne sont pas la conséquence directe du maïs GM mais le résultat de traitements répétés avec le même herbicide. ■

Georges FREYSSINET
(AFBV)

Les maïs génétiquement modifiés semés sur 60,9 millions d'hectares en 2019

Ces maïs sont l'une des quatre espèces majeures adoptées par les 29 pays producteurs de plantes génétiquement modifiées (GM) avec le soja, le cotonnier et le canola. Quatorze pays ont cultivé du maïs GM en 2019 sur 60,9 millions d'hectares (31% de la superficie mondiale de maïs) : les États-Unis, le Brésil, l'Argentine, l'Afrique du Sud, le Canada, les Philippines, le Paraguay, l'Uruguay, l'Espagne, le Vietnam, la Colombie, le Honduras, le Chili et le Portugal.

BIOTECH CROPS IN 2019
(area and adoption rate)



* Biotech sugar beets, potatoes, apples, squash, papaya, and brinjal/eggplant.

Source : ISAAA, 2019

Bien que la culture du maïs transgénique Bt soit autorisée dans l'UE, seulement deux pays de l'UE continuent de cultiver des variétés de maïs Bt pour lutter contre les infestations de pyrale et de sésamie. En 2019, 107 130 hectares et 4 753 hectares ont été cultivés par l'Espagne et le Portugal, respectivement, pour un total de 111 883 hectares. ■

Gil KRESSMANN
Source : ISAAA

Balance bénéfiques/risques de la culture du « maïs Bt »



Depuis 1996 des variétés transgéniques de plusieurs espèces cultivées dans le monde, dont principalement le maïs, sont protégées contre les attaques d'insectes par la production de protéines « Cry » de *Bacillus thuringiensis*, ce qui a soulevé la question des risques de ces variétés Bt pour leur consommation et pour leur culture, et moins souvent celle des bénéfiques pour les consommateurs et les agriculteurs.

Ce maïs transgénique est-il néfaste pour la santé ?

Il est à noter que ces protéines entrent dans la composition de nombreuses préparations à base de spores de cette bactérie, utilisées couramment depuis les années 1960 comme bio-insecticide foliaire. Les études de toxicité à long terme n'ont jamais montré d'effet néfaste de ces préparations dont l'usage courant a confirmé qu'il n'y a pas de risque pour la consommation humaine ou animale de protéines Cry provenant de *Bacillus thuringiensis* ⁽¹⁾. Les tests de toxicité aiguë de la consommation de protéines Cry, qui sont rapidement digérées dans l'estomac des mammifères, n'ont montré aucun effet négatif. En effet, pour des maïs transgéniques porteurs de gènes produisant ces protéines, dits « maïs Bt », dont la teneur en protéine Cry est de l'ordre de 1/106, il faudrait qu'une personne de 70 kg consomme, par jour, 350 tonnes de ces maïs pour atteindre la dose retenue par l'USDA comme montrant un effet sur l'animal !

Le maïs transgénique est-il néfaste pour l'environnement ?

Concernant les effets environnementaux, se sont posées les questions de l'impact des

cultures de maïs Bt sur les populations naturelles d'espèces non cibles et de l'apparition de résistance chez les espèces cibles. Une méta-analyse portant sur 21 ans de données de terrain pour le maïs Bt ⁽²⁾ permet de dresser un bilan confirmant des résultats antérieurs. Le maïs Bt n'affecte pas de manière significative la majorité des familles d'organismes non-cibles, notamment les *Anthocoridae*, *Aphididae*, *Araneae*, *Carabidae*, *Chrysopidae*, *Coccinellidae*, *Nabidae*, *Nitidulidae* et *Staphylinidae*.

On note au contraire une diminution considérable des *Braconidae* principalement représentés par *M. cingulum*, parasitoïde de la pyrale. Il s'agit clairement de l'effet de la diminution des populations de pyrale contre lesquelles sont précisément conçus les maïs Bt.

Emergence de quelques résistances : comment les retarder ?

L'évolution vers une résistance des ravageurs compromettant l'efficacité des cultures de maïs Bt a été observée à Porto Rico chez *Spodoptera frugiperda*, en Afrique du Sud chez *Busseola fusca*, dans l'Iowa chez le coléoptère *Diabrotica virgifera* et dans la vallée de l'Ebre, à faible fréquence et lente évolution chez *Sesamia nonagroides*. La stratégie des zones refuges de maïs non-Bt (où peuvent se développer des ravageurs sensibles qui en s'accouplant avec les rares individus résistants des cultures Bt vont « diluer » ces gènes de résistance) permet de retarder cette évolution. Elle est largement complétée par l'approche consistant à utiliser des variétés de maïs Bt exprimant plusieurs toxines Cry différentes.

Les gains économiques générés par le maïs Bt ?

Le maïs Bt est bénéfique pour l'environnement et en termes économiques ⁽³⁾. Ses effets peuvent s'étendre aux autres cultures dans le paysage agricole alentour avec une diminution des populations de parasites et des traitements comme cela a été observé aux États-Unis dans les cultures maraîchères au cours des 40 dernières années ⁽⁴⁾.

En Europe il a commencé à être cultivé en Espagne et au Portugal dès 1998. Actuellement de telles variétés y sont cultivées sur environ 120 000 hectares dans les régions où les insectes risquent de faire le plus de dégâts. Pour ces pays, sur 20 ans, un supplément de 1,89 millions de tonnes de maïs a ainsi été produit, ce qui représente avec les économies de traitement insecticide un gain de revenu évalué à 285 millions d'euros pour les producteurs. Ces variétés contribuent à réduire l'impact environnemental avec l'emploi de moins d'insecticides et d'énergie fossile pour le traitement des champs et le séchage des récoltes qui peut être prolongé sur pied.

La France qui a interdit la culture des variétés de maïs Bt (loi du 2 juin 2014), a donc en extrapolant, pénalisé ses producteurs de maïs des quelques 600 000 hectares concernés par ces insectes avec une moins value de 1,4 milliards d'euros sur la même période. ■

Georges PELLETIER

Directeur de recherche honoraire INRA

(1) Carzoli A.K. et al. 2018. *Global Food Security* - DOI: 10.1016/j.gfs.2018.10.004

(2) Pellegrino et al. 2018. *Scientific Reports* - DOI:10.1038/s41598-018-21284-2

(3) Brookes G. 2019 *GM Crops & Food* - DOI: 10.1080/21645698.2019.16143934

(4) Dively G.P et al. 2018. *PNAS* - DOI:10.1073/pnas.1720692115



**NOUVEAU SITE
BIOTECHNOLOGIES
VEGETALES
EN LIGNE**

www.biotechnologies-vegetales.com

Des maïs résistants aux insectes ou tolérants à la sécheresse

Depuis la commercialisation en 1996 du premier maïs génétiquement modifié (GM) MON810 tolérant à un insecte, la pyrale du maïs, de nombreux évènements ont été commercialisés pour lutter principalement contre les lépidoptères qui attaquent l'épi de maïs (vert de l'épi), les feuilles (légionnaires d'automne) ou les tiges (pyrale du maïs), et une espèce de coléoptères (la chrysomèle) dont les larves se nourrissent des racines.

Toutes les protéines Bt qui ont été introduites dans le maïs sont issues de la bactérie du sol *Bacillus thuringiensis* (Bt) ; elles appartiennent à une seule famille de protéines dénommée Cry. Elles sont efficaces contre les larves de ces

insectes qui sont les principales responsables des pertes de rendement. Comme pour toutes les cultures présentant une résistance à un insecte, il est indispensable de mettre en place des modalités permettant de limiter l'apparition d'insectes tolérants.

Limiter l'apparition des insectes résistants

Dans le cas de ces maïs un des moyens de lutter contre l'apparition de ces résistances est d'intégrer plusieurs toxines ayant des modes d'actions différents. Aujourd'hui la plupart des évènements commerciaux possèdent trois toxines contre les lépidoptères parmi les quatre modes d'actions existants, deux toxines contre les coléoptères et une protéine binaire. Ceci est, le plus souvent, associé à une rotation des

cultures et à la présence de refuges (quelques pourcents de maïs non résistants dans le champ). La majorité des maïs GM (80%) associent tolérance aux herbicides (TH) et résistance aux insectes (RI), le reste étant soit du maïs RI ou HT (10% chaque).

Un seul évènement (MON87460) conférant une amélioration de la tolérance à la sécheresse « DROUGHT GUARD » est disponible sur le marché depuis 2011. Cette tolérance est conférée par le gène *CspB* de la bactérie *Bt*. L'évènement est cultivé principalement aux USA où il représentait, en 2016, une surface de 1,17 Mha. ■

Christophe SALLAUD

Limagrain

Des maïs OGM meilleurs pour la santé que les maïs non OGM ?



Parmi les ravageurs des plantes, les champignons (moisissures) sont particulièrement redoutables. En effet, ces pathogènes produisent souvent des mycotoxines qui sont toutes classées comme cancérigènes et/ou neurotoxiques (pour l'Homme et l'animal).

Combattre les prédateurs des cultures a toujours été un objectif des agriculteurs. Le développement de la transgénèse, puis maintenant des NBT, sont des voies à privilégier pour permettre aux plantes de se défendre seules. Simultanément,

des chercheurs ⁽¹⁾ ont constaté dès 1997 que les maïs Bt voyaient leur teneur en mycotoxines fortement réduites (d'un facteur 10).

Des teneurs en mycotoxines fortement réduites

Les mycotoxines sont responsables, au cours de notre histoire, de très nombreux accidents tant chez l'Homme (Pont St Esprit, 1951) que dans les élevages animaux ou des incidents récents avec des céréales contaminées, produits laitiers, jus de pomme, etc... conduisant, dans les meilleurs cas, au retrait de ces aliments lorsque leur présence excessive est observée. Ainsi non seulement

le maïs Bt est inoffensif (voir article de Georges Pelletier) mais il est aussi meilleur pour la santé que son équivalent sans OGM.

Ce bénéfice important du maïs Bt (inattendu initialement mais facilement explicable), aurait dû conduire à cultiver plus largement ce type de maïs afin d'avoir des maïs présentant une sûreté sanitaire accrue. ■

Philippe JOUDRIER
Ex directeur de recherche INRA

(1) Munkvold GP & Hellmich RL (1999) Comparison of fumonisin concentrations in kernels of transgenic Bt maize hybrids and nontransgenic hybrids. » *Plant Disease* 83(2), 130-138

Question du jour

Pere Puigdomènech

Professeur de Recherche émérite au Centre for Research in Agricultural Genomics, Barcelone, Espagne.

La coexistence entre cultures est elle réalisable ?

L'expérience du maïs Bt en Espagne



La seule culture modifiée génétiquement cultivée en Europe est le maïs MON810 (maïs Bt), lequel a été approuvé la première fois en 1998. Des renouvellements périodiques ont eu lieu, après rapports de l'EFSA, le dernier datant de 2020.
(doi: 10.2903/j.efsa.2020.6245)

En Espagne ce maïs Bt représente environ 30% du maïs semé avec des oscillations annuelles. Il est cultivé surtout dans la Vallée de l'Ebre et au Nord de la Catalogne, régions où la pyrale est fréquente et les vents sont forts. Quand le maïs a été autorisé, la question de la coexistence avec d'autres formes d'agriculture s'est posée. Selon les règles proposées par la Commission Européenne, cette question se pose de façon différente selon qu'il s'agit d'une culture conventionnelle où le seuil accepté est de 0,9% de maïs

GM ou d'une culture organique (Bio) pour laquelle il n'existe pas de seuil (0%).

Certains cas très isolés de possibles pollinisations croisées en Espagne ont été rapportés. Des études ont été menées pour déterminer, dans les conditions du champ, l'importance réelle de ces pollinisation (doi: 10.1007/s11248-011-9549-z) montrant que leur gestion ne pose pas de problème. En 2021, une proportion non connue d'OGM a été détectée dans des semences conventionnelles vendues en Aragon ; elles ont été retirées du marché.

Ces différentes informations montrent que le principe de coexistence définie en Europe, selon lequel les paysans ont le droit de choisir les semences : conventionnelles, OGM ou organiques, peut être réalisé en Espagne dans le cas du maïs Bt.

Blé

Résistance aux rouilles obtenue en inactivant un gène

La rouille jaune et la rouille noire sont deux pathogènes majeurs de la culture du blé. Une étude a montré que le gène de blé TaBCAT1 est rapidement induit pendant l'infection du blé par les rouilles et que la tolérance des variétés est d'autant plus forte que son niveau d'expression est plus faible. De plus des mutants, dépourvus de l'enzyme BCAT1 (une aminotransférase d'acides aminés à chaîne ramifiée) codé par ce gène présentent une forte résistance aux rouilles. Ces mutants accumulent les acides aminés à chaîne ramifiée et produisent de l'acide salicylique ce qui entraîne l'expression de gènes de défense systémique avant même l'attaque des agents pathogènes. Le gène TaBCAT1, régulateur de l'infection par les rouilles, est donc une cible de choix pour la sélection de variétés de blé durablement résistantes à ces maladies dans le monde. ■

Source : THE PLANT CELL 2021; 33: 1728-1747
doi:10.1093/plcell/koab049



Application maladie blé

Le gène Stb16q apporte une résistance durable du blé à la septoriose



La septoriose est l'une des principales maladies s'attaquant au blé tendre, causant des pertes de rendement de 40 à 55%. De plus, le champignon *Zymoseptoria tritici*, responsable de cette maladie, développe une résistance aux produits phytosanitaires utilisés pour le combattre.

En janvier 2021, *Nature Communications* a publié une étude réalisée conjointement par l'INRAE, l'université de Wageningen, l'USDA (ministère de l'agriculture des États-Unis), en collaboration avec le semencier Florimond-Desprez. Ce travail a permis d'identifier et de caractériser un gène du blé, le Stb16q, qui procure à la plante une résistance à cette maladie. Ces résultats ouvrent la voie à une sélection variétale de blés disposant de ce gène.

L'usage de produits phytosanitaires contre la septoriose pourrait ainsi être réduit et, dans cette optique, les auteurs soulignent l'intérêt de combiner le Stb16q à d'autres facteurs de résistance génétiques, et de faire évoluer les pratiques (biocontrôle en particulier). ■

Source : Nature Communications

L'édition des génomes cytoplasmiques progresse

La modification dirigée des génomes des organites cytoplasmiques des plantes, plastides et mitochondries, était jusqu'à une date récente restreinte à la transformation du génome des plastides du tabac et d'*Arabidopsis*. L'édition génomique par une méthode dérivée de TALEN a été mise en œuvre pour éliminer des mutations mitochondriales délétères chez l'homme.

Chez les végétaux, son efficacité a été démontrée en inactivant des gènes responsables de caractères de stérilité mâle cytoplasmique chez le riz et le colza. L'édition génomique vient d'être étendue au

génomme des plastides, sous forme « d'édition de base », permettant de substituer des paires de bases AT à des paires de bases GC en des sites choisis. Dans cette méthode, le génome nucléaire est transformé de sorte que les protéines actives pour la modification des organites y soient importées ce qui signifie qu'ils ne contiennent aucun gène étranger. On entrevoit ainsi des applications pour l'amélioration des capacités d'assimilation du carbone au cours de la photosynthèse et de la tolérance au stress hydrique. ■

Source : Nakazato, I. et al. Targeted base editing in the plastid genome of *Arabidopsis thaliana*. *Nat. Plants* 7, 906-913 (2021).
<https://doi.org/10.1038/s41477-021-00954-6>

Conseil de lecture

DIX QUESTIONS SUR LES SEMENCES

Bernard Le Buanec - Académie des technologies - 2020 - 58 pages - Gratuit

Les semences sont un sujet de débats et de polémiques : perte de qualités, réduction de la biodiversité, propriété intellectuelle, variétés génétiquement modifiées...

Bernard Le Buanec, membre de l'Académie d'agriculture de France et de l'Académie des technologies répond de manière simple et précise à dix questions sur les semences dans un ouvrage publié par l'Académie des technologies.





Interview

Daniel Peyraube
Président de l'AGPM⁽¹⁾

« Les NBT nous permettront de nous aider à mieux satisfaire les attentes sociétales »

L'interdiction du maïs Bt en France constitue-t-elle un handicap ?

Oui, le maïs Bt présentait et présente toujours de réels atouts pour lutter contre la pyrale et la sésamie du maïs et en particulier limiter le recours aux insecticides et maintenir la qualité sanitaire. Cette interdiction est un exemple de rendez-vous manqué entre le monde agricole et le citoyen. Mais cessons de regarder dans le rétroviseur ! Nous produisons pour un marché et des consommateurs. Ces derniers sont souverains et nous devons respecter leurs choix.

En revanche, le fait d'autoriser l'importation de produits issus de modes de production interdits en France, comme le maïs Bt – mais c'est vrai pour d'autres sujets comme certaines produits phytosanitaires par exemple - ça, c'est inacceptable et nous le dénonçons sans relâche auprès de nos gouvernants. Eux aussi doivent entendre la demande citoyenne qui en appelle à plus de production « made in France » et à un moindre recours aux produits phytosanitaires. Puis il y a évidemment le défi climatique qui doit mobiliser, outre l'accès à l'eau, toutes les innovations technologiques d'aujourd'hui et de demain.

Quelle est la position de l'AGPM sur la réglementation des NBT ?

Cette réglementation doit permettre à notre agriculture européenne d'accéder pleinement aux nouvelles techniques d'édition du génome. Performantes et précises, les nouvelles biotechnologies végétales ouvrent d'extraordinaires possibilités au service de plantes plus tolérantes aux stress. Elles sont de plus accessibles aux petites entreprises et laboratoires de recherche publics et privés et elles permettront une innovation encore plus adaptée à nos territoires. Evidemment la réglementation OGM, qui date de 20 ans, n'est plus adaptée à ces technologies ni au rythme de leur évolution. Elle doit être intégralement revue et devra s'attacher à l'évaluation des solutions et des variétés, plutôt qu'aux techniques en elles-mêmes, en constante évolution. L'important pour nous est que les solutions soient accessibles et nous permettent de relever tous les défis ! Nous avons donc agi au niveau de la CEPM, notre organisation

européenne, que je préside et qui représente la maïsiculture européenne à Bruxelles et avons souligné la nécessité de rendre ces innovations accessibles au secteur agricole, sachant qu'elles pourraient efficacement contribuer à la réussite du Green Deal.

Quelles seraient les conséquences de l'absence d'une réglementation spécifique pour les NBT ?

Elles seraient bien-entendu catastrophiques avec encore davantage de distorsion de concurrence et une agriculture européenne repliée sur elle-même. Mais je suis confiant car l'étude de la Commission européenne va dans le bon sens et reconnaît que le cadre réglementaire de l'UE en matière d'OGM n'est pas adapté aux technologies actuelles. J'attends maintenant des propositions concrètes et le soutien de l'Etat français. Le ministre de l'Agriculture se montre ouvert sur le sujet et a annoncé un ambitieux soutien public aux startups de la French Agri Tech et prône le recours à toutes les innovations en agriculture dont la génomique. Il faut traduire tout cela dans un cadre réglementaire européen favorable !

Qu'attendez-vous des sélectionneurs ?

La régularité du rendement reste la première des attentes et c'est d'autant plus difficile à obtenir dans le contexte que nous vivons avec des aléas climatiques presque chaque année. Le maïs doit être tolérant au froid, au chaud, à l'excès d'eau, à la sécheresse et à des ravageurs dont la pression augmente. Mais nous avons aussi l'ambition de stocker toujours plus de carbone, de répondre aux attentes en termes de qualité, de taux de protéines,... et demain, pourquoi pas, avoir des maïs qui captent l'azote de l'air ?

Il faut aujourd'hui 10 ans pour concevoir une nouvelle variété de maïs alors que les évolutions climatiques et sociétales sont toujours plus rapides. Les NBT permettront de raccourcir les délais afin de sécuriser la production et nous aider à mieux satisfaire aux attentes sociétales. Il y a plus qu'à les rendre accessibles.

Propos recueillis par Gil KRESSMANN
(1) Association générales des producteurs de maïs

Demande d'adhésion à l'AFBV

comprenant l'abonnement à :

« Biotechnologies végétales info »



Nom : Prénom :

Adresse postale :

Adresse mail :

Demande son adhésion à l'AFBV Offre un don (défiscalisation) :

Ci-joint : chèque

Pour adhérer : envoyer votre **bulletin d'adhésion** et la somme de **30 euros** à
AFBV - 23-25, rue Jean-Jacques Rousseau - 75001 Paris