2ème trimestre 2017

Biotechnologies Végétales infos

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

N° 12

SOMMAIRE

Actualités

P.2 Le rapport de l'OPECST : contribution positive aux débats sur les nouvelles biotechnologies

Bilan 2016 des plantes génétiquement modifiées

Des plantes transgéniques contre le paludisme

Biofortification de plantes à la provitamine A

Dossier

P.3 ***La résistance génétique aux maladies***

Focus

P.7 On peut augmenter le rendement de la photosynthèse

Un maïs qui ne produit pas d'aflatoxine

Comprendre la tolérance à la sécheresse

Un grand pas vers l'anti malaria

P.8 **Colloque du 17 Octobre 2017**

AFBV
Association Française des Biotechnologies Végétales

23-25, rue Jean-Jacques Rousseau
75001 PARIS
afbv.secretariat@gmail.com

Directeur de publication : Alain Deshayes
Secrétaire de rédaction : Gil Kressmann
ISSN 2273-6727
Prix de l'abonnement annuel : 27 euros

Ne pas confondre « savoir » et « opinion »

Deux textes importants ont attiré récemment notre attention parce qu'ils rejoignent les préoccupations constantes de l'AFBV. Il s'agit d'une part d'une Résolution Parlementaire *(Les sciences et le progrès dans la République)* présentée au vote de l'Assemblée Nationale par les deux députés Bernard Accoyer (LR) et Jean-Yves Le Déaut (PS) et d'autre part le rapport de l'OPECST *(Les enjeux économiques, environnementaux, sanitaires et éthiques des biotechnologies à la lumière des nouvelles pistes de recherche)* écrit par deux parlementaires, Jean-Yves Le Déaut et Catherine Procaccia.

Les auteurs de la Résolution déplorent les discours partisans, y compris de responsables politiques, qui mettent en cause tout à la fois la démarche et l'expertise scientifique. Ils font un certain nombre de propositions, validées par les députés, afin que les Sciences et les Technologies retrouvent une place centrale dans notre société qui se réclame, encore, l'héritière de la philosophie des Lumières.

Quant au rapport de l'OPECST, il pointe les controverses sur le génie génétique qui ont conduit à la rupture de confiance des citoyens envers les scientifiques et les ingénieurs, mais aussi à la quasi disparition de la France dans la recherche et le développement de ces applications dans le domaine des semences. Exemples à l'appui, les auteurs montrent l'importance pour notre pays, tant d'un point de vue scientifique qu'économique, qu'il y aurait à s'engager résolument, ce qui est loin d'être le cas actuellement, dans le développement des nouvelles technologies de modification des génomes.

Ces deux documents illustrent parfaitement ce qu'attend l'AFBV des responsables politiques, à savoir, le respect de la parole scientifique et des démarches basées sur la Science, et non la prétention à « dire la Science », comme ils l'ont déjà trop fait à propos des biotechnologies végétales.

Alain Deshayes
Président de l'AFBV

Biotechnologies Végétales infos
2ème trimestre 2017 N° 12

L'OPECST apporte une contribution positive au débat sur les nouvelles biotechnologies

L'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST), a rendu un rapport le 28 mars 2017 sur les « enjeux économiques, environnementaux, sanitaires et éthiques des biotechnologies à la lumière des nouvelles pistes de recherche ». Il émet une vingtaine de recommandations pour le développement des nouvelles techniques de sélection végétale.

L'OPECST considère que ces techniques d'édition des gènes constituent « une véritable rupture technologique comme on en connaît peu par décennie, voire par siècle », car elles sont « plus simples, plus rapides et moins coûteuses et fonctionnent sur tout organisme vivant ». L'OPECST propose le développement des recherches sur les nouvelles biotechnologies végétales qui se fera, de toute façon, hors d'Europe. Il recommande de relancer les programmes de recherche avec des expérimentations en plein champ sur des plantes améliorées par des techniques de transgénèse ou ces techniques de modification ciblée : nouvelles biotechnologies d'édition des génomes. Il serait en effet dramatique que la recherche française, publique ou privée, continue d'être bridée dans leur utilisation comme c'est le cas actuellement.

L'AFBV se réjouit que les plantes obtenues pas les techniques d'édition génomique ne soient pas considérées par l'OPECST comme des « OGM cachés ». ■

Gil Kressmann

ASSEMBLÉE NATIONALE

Bilan 2016 des plantes génétiquement modifiées

Un marché en maturité en attendant les innovations des nouvelles biotechnologies

Selon les derniers chiffres que vient de publier l'ISAAA* pour 2016, les surfaces totales des plantes génétiquement modifiées mises en culture se sont élevées à 185,1 millions d'hectares, soit + 3 % par rapport à 2015, une année qui avait connu, pour la première fois depuis 1996, une baisse de la surface cultivée globale de ces cultures.

Le marché mondial des plantes génétiquement modifiées en grandes cultures a atteint sa maturité dans les pays qui les autorisent, sauf à trouver de nouvelles applications pour d'autres espèces comme le blé. L'arrivée de nouvelles technologies (Ex : Edition de gènes) moins onéreuses et plus accessibles devrait faciliter l'ouverture du marché des semences issues des biotechnologies vers d'autres productions comme les fruits et légumes et les cultures vivrières. ■

Santé

Biofortification de plantes avec la provitamine A

La revue Biotechnology présente l'état de la technique de biofortification de plantes grandes cultures avec des caroténoïdes. La carence en vitamine A est un problème de santé publique dans les pays en développement, souligne l'article.

Des efforts ont été entrepris en vue de la biofortification d'aliments d'origine végétale avec des caroténoïdes comme la provitamine A. Ces cultures « dorées » ont été mises au point par génie génétique ainsi que par des approches traditionnelles. Les auteurs écrivent : « Un problème majeur des cultures transgéniques biofortifiées réside dans leur acceptation par le public et la lenteur du processus de réglementation nécessaire avant qu'elles ne soient autorisées à la culture et la consommation humaine. Par ailleurs, les cycles de sélection longs et complexes, ou le manque de matériel génétique à haute teneur en béta-carotène de certaines cultures (bananes, pommes de terre, blé, riz) rendent irréalisables les approches de sélection conventionnelle ». L'élaboration de nouvelles techniques de sélection végétale, notent-ils, telles que la cisgénèse ou l'intragénèse, pourrait favoriser la mise au point de bananes ou de manioc « dorés », pour lesquels la sélection traditionnelle prend beaucoup de temps. ■

Source : *Biotechnology (avril 2017)*

Billet d'humeur

Bio comme la lune !

L'agriculture biologique ne s'autorise à cultiver une variété végétale que si son obtention respecte, selon sa doctrine, des principes de « santé, écologie, équité et soin ». De fait, elle exclut les variétés dérivant de plantes obtenues par l'une des biotechnologies développées depuis un siècle : mutagénèse, doublement chromosomique, culture in vitro sur milieu synthétique, fusion cellulaire, génie génétique et maintenant édition génomique. Elle réclame des créateurs de variétés publics ou privés qu'ils suivent ses principes pour son marché de niche. Elle sait pourtant ignorer ce « péché originel » quand il s'agit par exemple de triticale, de tritordeum ou de pomme de terre! L'agriculture biodynamique va plus loin et, encouragée par les médias, recommande de « jardiner avec la lune ». Comme de grands esprits l'écrivaient déjà il y a 200 ans « c'est une idée assurément bien ridicule et encore assez répandue » ! Devrons nous créer des espèces végétales qui par miracle seraient sensibles aux phases de la lune ? A quoi servent les lumières de la science dans le monde des superstitions ?

Georges Pelletier
Directeur de recherche honoraire INRA

Biotechnologies Végétales infos
2ème trimestre 2017 N° 12

Résistance génétique aux maladies

Où en sommes-nous ?

Les dégâts occasionnés par les maladies ont un impact important sur la productivité des cultures en réduisant les récoltes mondiales de plus de 30%. En développant la résistance génétique des plantes à ces maladies, on pourra avantageusement diminuer l'usage des produits phytosanitaires. Dans cette perspective, que peuvent apporter les biotechnologies ?

Pour lutter contre les virus, bactéries, champignons, nématodes à l'origine des maladies très peu de variétés transgéniques sont actuellement autorisées et homologuées pour la culture. On notera cependant le succès des papayes résistantes au ringspot à Hawaï.

Par contre, de nombreuses espèces ont fait l'objet de constructions génétiques dans cet objectif de lutte contre les maladies telles le virus de la sharka pour les prunus, le mildiou pour la pomme de terre, et plusieurs maladies chez le riz.

Lutter contre les maladies virales

Initialement, les maladies particulièrement ciblées étaient les maladies virales. Enormément d'expériences ont été réalisées à compter de 1986 pour générer des variétés transgéniques résistantes aux virus. Ces expériences ont contribué à la découverte du mécanisme de « silencing », mais ont finalement peu abouti à la génération et au déploiement de variétés résistantes aux virus car dans beaucoup de cas les efficacités et durabilités de ces résistances ne se sont pas révélées aussi efficaces qu'escomptées.

Lutter contre les bactéries et les champignons

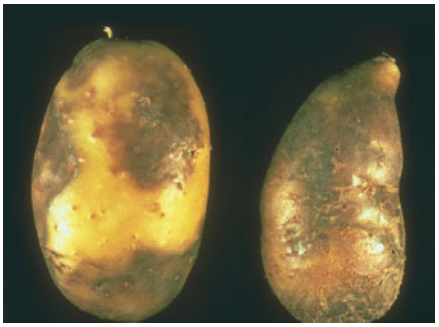
Pour ce qui est des bactéries et des champignons, la connaissance de plus en plus approfondie de leurs mécanismes d'interaction et d'agressivité vis-à-vis des plantes hôtes a permis d'identifier des sources de gènes à tester par transgénèse, comme illustré pour la résistance au mildiou de la pomme de terre. Mais les variétés cultivées ne sont pas encore déployées, si bien qu'il est encore trop tôt pour en connaître l'efficacité.

L'arrivée de l'édition de gènes

Les connaissances s'accumulent, des plantes sont générées et testées pour la résistance aux maladies. Mais il est encore trop tôt pour savoir si les plantes issues de ces expérimentations présenteront un succès. Néanmoins, la génération de nouveaux gènes et allèles de résistance par transgénèse, et maintenant par édition des génomes, contribue d'évidence à augmenter la diversité génétique pour la résistance, souvent érodée chez de nombreuses espèces cultivées comme chez la pomme de terre vis-à-vis du mildiou. Utilisée intelligemment et sans risques, cette diversité augmentée, combinée à des sources de résistance polygénique et des itinéraires agronomiques adaptés, contribuera à allonger la durabilité de l'efficacité de la résistance et diminuer les traitements phytosanitaires, tel que recommandé par les diverses législations internationales. ■

Michel Dron
Pr émérite Biologie et Pathologie végétales/ UPsud

Des pommes de terre résistantes au mildiou



Environ six millions d'hectares de pommes de terre sont cultivés chaque année dans l'Union Européenne, ce qui représente une valeur approximative de 6 milliards d'euros. Le mildiou de la pomme de terre provoque des pourritures du feuillage au champ ou des pourritures du tubercules au stockage. Le mildiou provoque chaque année des pertes de revenu évaluées à un milliard d'euros. Afin de prévenir le développement de la maladie, en France, en moyenne 12 à 13 traitements fongicides sont réalisés annuellement pour contrôler la maladie.

Les obtenteurs français travaillent activement afin de pouvoir proposer des variétés tolérantes à la maladie. Ils sont aidés en cela par l'INRA qui met à leur disposition depuis quelques années du matériel amélioré (croisements classiques) présentant des gènes de résistance nouveaux et non encore contournés par le pathogène.

L'apport des biotechnologies

Aux Pays-Bas, l'Université de Wageningen utilise depuis plusieurs années une autre approche, la cisgenèse, pour créer des variétés de pomme de terre résistantes au mildiou. Cette technique permet d'insérer dans le génome d'une variété de pomme de terre donnée un ou plusieurs gènes de résistance provenant d'autres espèces du même genre *« Solanum »*. A ce jour, les variétés Bintje, Désirée et Atlantic ont été transformées par l'introduction de gènes de résistance issus de 5 espèces de pommes de terre sauvages. Ces variétés ont été testées en plein champ aux Pays-Bas, en Belgique et en Suisse. Les résultats obtenus montrent que cette technologie permet une résistance durable contre le mildiou, pour autant que plusieurs gènes de résistance soient introduits dans les variétés transformées. Toutefois, la cisgénèse se heurte à la même opposition sociétale que la transgénèse et il est peu probable que cette technologie aboutisse à des débouchés commerciaux en Europe à court ou moyen terme. ■

Brice Dupuis
Station agronomique de Changins *(Suisse)*

Découvrez notre nouveau site BIOTECHNOLOGIES VEGETALES
www.biotechnologies-vegetales.com
› Nouvelle présentation
› Nouvelles rubriques
› Biotechnologies végétales *infos* en ligne

Biotechnologies Végétales infos
2ème trimestre 2017 N° 12

Des châtaigners résistants à la maladie du chancre

En 2012, des scientifiques de l'Université de New York ont annoncé avoir généré des châtaigniers américains (*Castanea dentata*) transgéniques présentant une résistance accrue vis-à-vis de la maladie du chancre due à *Cryphonectria parasitica*.

Ce champignon pathogène a causé, au début du XXème siècle, la quasi disparition de cette essence forestière emblématique des forêts naturelles de la côte Est des USA. Ces châtaigniers expriment un gène du blé codant pour l'enzyme oxalate oxydase, qui détoxifie l'acide oxalique. Ce composé toxique fongique étant responsable du pouvoir pathogène du champignon, sa dégradation dans les tissus infectés confère aux arbres transgéniques une résistance élevée. La « Food and Drug Administration », responsable des autorisations de mise sur le marché et de déploiement variétal, a autorisé dans un premier temps la production de 10.000 châtaigniers résistants, pour distribution au public et restauration de la châtaigneraie dans le comté de Tully (Etat de New York). Un million de Dollars US ont été levés pour lancer ce projet. ■

Cécile Robin
INRA Pierroton Bordeaux

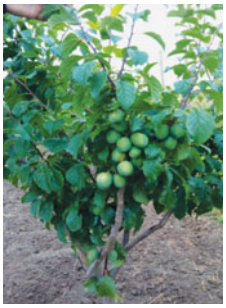
La fin de l'oïdium pour de nombreuses cultures?

De nombreuses espèces cultivées sont victimes de maladies cryptogamiques désignées par le terme générique « oïdium » et causées par la forme asexuée de certains champignons ascomycètes de la famille des Erysiphacées. Ces espèces cultivées possèdent des gènes de susceptibilité qui appartiennent à une famille de gènes désignés par le sigle anglais MLO : ils codent des protéines transmembranaires qui facilitent l'entrée du champignon dans les cellules.

Certains mutants de ces gènes ayant perdu leur fonction confèrent une résistance en empêchant l'entrée du pathogène dans les cellules. Dans le cas de l'orge une telle résistance (mlo) est utilisée depuis près de 40 ans. Ces gènes sont en cours de caractérisation chez de nombreuses espèces (cotonnier, pois, hévéa, haricot, rosier, fraisiers, melons, tomate, poivron, chou, riz...) et des résistances déjà obtenues chez la vigne ou le pommier par génie génétique. Il s'agit de cibles de choix pour les techniques d'édition de gènes (CRISPR-Cas9) car une mutation ponctuelle peut suffire à rendre ces gènes non fonctionnels permettant notamment d'inactiver un gène donné de manière très précise. ■

Source : *Plant Biotechnology Journal (2016) 14, pp. 2033–2044*

Un prunier résistant à la Sharka



La sharka est une maladie qui affecte les arbres fruitiers à noyaux du genre *Prunus* : pêcher, abricotier, prunier. Cette maladie rend les fruits impropres à la consommation. Elle est très présente en Europe et vient d'être détectée au Mexique. Elle est la cause d'une réduction inquiétante de notre verger dans les Pyrénées orientales et dans la vallée du Rhône.

Cette maladie, nommée également « variole du prunier », est due à l'infection par un virus : le *Plum pox virus* (PPV). Très peu de sources de résistance naturelle sont connues et aucune chez le pêcher et les pruniers domestiques et japonais.

Deux approches faisant appel à la transformation génétique du prunier ont été mises en œuvre ; elles sont basées sur l'induction de mise au silence par ARN, la première ciblant le génome viral (Scorza et al., 2016) et la seconde, des gènes de la plante hôte indispensables au virus (Wang et al., 2013 ; Barba et al., 2017).

La variété 'HoneySweet' issue de la première approche fut caractérisée à Bordeaux (Ravelonandro et al. 1997) avant d'être validée en conditions naturelles (Espagne, Pologne, Roumanie et République Tchèque) pour sa résistance stable et durable contre la sharka. Elle a été dérégulée aux USA en 2011 par les trois agences compétentes (APHIS, EPA et FDA). L'extinction du gène eIFiso4G chez le prunier japonais diploïde devrait permettre à l'avenir de remobiliser cette résistance chez d'autres espèces cultivées notamment pour les porte-greffe (Barba et al., 2017). ■

Véronique Decroocq et Michel Ravelonandro
INRA Bordeaux

Etats-Unis

Le génome du café arabica séquencé

Des chercheurs de l'Université de Californie à Davis, aux États-Unis, ont diffusé la première séquence publique du génome du caféier arabica, l'espèce de caféier qui représente plus de 70 % de la production mondiale de café.

Ce séquençage a été financé par Suntory Group, une société agro alimentaire basée au Japon. « Cette nouvelle séquence du génome du caféier arabica contient des informations cruciales pour mettre au point des variétés de caféier de grande qualité et résistantes aux maladies, capables de s'adapter aux changements climatiques qui risquent de menacer la production mondiale de café dans les 30 prochaines années », a déclaré Juan Medrano, généticien au College of Agricultural and Environmental Sciences.

L'analyse fonctionnelle des gènes identifiés par le séquençage de *C. arabica* pourrait déboucher sur la mise au point de nouvelles variétés de caféier résistantes à des maladies dévastratrices comme la rouille des feuilles de caféier et d'améliorer les caractéristiques organoleptiques du café (saveurs et d'arôme). ■

Source : *EurekAlert.org (13 janvier 2017)*

Biotechnologies Végétales infos
2ème trimestre 2017 N° 12

Chine

Une nouvelle résistance à une maladie chez le riz

Une équipe Chinoise a produit des riz tolérant à la pyriculariose provoquée par *Magnaporthe oryzae*. Pour cela, ils ont muté, en utilisant la technologie CRISPR/CAS9, le gène OsERF922 codant pour un facteur de transcription impliqué dans la réponse à l'éthylène et dans celle à différent stress dont les attaques par *M. oryzae*. La tolérance au champignon ainsi que les principales caractéristiques agronomiques ont été déterminées sur six lignées mutantes homozygotes et dépourvues du transgène introduit pour réaliser les mutations. Les résultats montrent une réduction significative des lésions causées par *M. Oryzae*. De plus, ces lignées, testées dans les conditions de plein champ, sont conformes au contrôle pour les paramètres agronomiques majeurs dont la taille des plantes, la longueur de la panicule et le poids de mille grains. ■

Source : *Wang et al. Enhanced rice blast resistance by CRISPR/CAS9-targeted mutagenesis of the ERF transcription factor gene OsERF922 (2016) PLoS ONE 11(4): e0154027.*

Suisse

Pommier résistant au feu bactérien : essai au champ autorisé

Le centre de compétences de la Confédération suisse pour la recherche agricole Agroscope de Reckenholz a été autorisé à mener un essai en plein champ avec des pommiers génétiquement modifiés. La variété de pommiers destinée à l'expérimentation a été développée par des chercheurs de l'EPFZ. À l'aide de procédés de génie génétique, ils ont introduit un gène du pommier sauvage de Sibérie, résistant au feu bactérien, dans la variété cultivée « Gala Galaxy ». Le pommier cisgénique obtenu a d'ores et déjà montré une bonne résistance au pathogène lors d'essais en laboratoire. ■

Brèves

Blé

Une avancée essentielle pour lutter contre la septoriose

L'utilisation de variétés de blés améliorées pour leur résistance au champignon *Zymoseptoria tritici* responsable de la septoriose contribue largement à la lutte contre cette maladie. Toutefois, les mécanismes qui sous-tendent les interactions entre le blé et la septoriose sont encore inconnus. Pour la première fois, grâce aux techniques les plus récentes de la génétique et de la génomique, des chercheurs de l'Inra et leurs collègues ont identifié et caractérisé une protéine d'avirulence codée par le gène *AvrStb6* chez l'agent de la septoriose. Ces travaux ouvrent la voie à de nouvelles perspectives en matière de lutte durable contre cette maladie.

Interview

Docteur Amit **GAL-ON**

Un concombre résistant aux potyvirus

En mutant un seul gène chez le concombre une équipe de chercheurs israéliens du Volcani Center a rendu la plante résistante à trois potyvirus. Nous avons interviewé son directeur, le Dr. Amit Gal-On.

Quels sont les dégâts de ces virus sur la culture du concombre ?

Nous avons développé chez le concombre une résistance à trois virus : le virus du jaunissement des nervures du concombre qui est transmis par des insectes et qui provoque des dégâts principalement en culture sous tunnels; le virus de la mosaïque jaune et le virus des taches en anneaux du papayer qui sont des virus très agressifs et transmis par les pucerons en plein champ où une infection précoce peut réduire le rendement de 80%.

Comment procède ce gène de résistance au virus ?

Le gène de résistance eIF4E présent dans le concombre code un facteur protéique qui assure la traduction de l'ARN du virus, ce qui conduit à la sensibilité de l'hôte. Ainsi tout organisme dépourvu de ce gène spécifique devient automatiquement résistant aux potyvirus.(1)

Que vous a apporté CRISP Cas9 ?

CRISPR/Cas9 est une technologie efficace qui permet, pour la sélection végétale, une mutagénèse précise de gènes-cibles connus. De plus cette technique est très simple, peu onéreuse et à la portée de la plupart des laboratoires. Les techniques précédentes d'édition du génome (ZFN ou TALEN) étaient plus coûteuses et beaucoup moins efficaces.

Cette résistance aurait elle pu être obtenue par d'autres techniques ?

Oui, vous pouvez désactiver le même gène (eIF4E) par la technologie d'ARN interférent dans des plantes transgéniques. Il est également possible de transférer des gènes naturels de résistance par sélection conventionnelle, mais cela prendra 5 à 10 ans.

Cette découverte pourrait elle bénéficier à d'autres légumes victimes eux aussi de ce virus ?

Bien sûr, la création d'une résistance à large spectre aux virus chez le concombre pourrait être développée aussi pour de nombreuses autres cultures de cucurbitacées (melon, pastèque et courge). En outre, cette forme de résistance aux Potyviridae pourrait être produite pour protéger d'autres espèces, par exemple la tomate et la pomme de terre contre le virus Y ou bien le maïs et le soja contre le virus de la mosaïque.

Votre centre de recherche travaille t'il sur d'autres pistes d'amélioration des plantes ?

Nous utilisons les techniques CRISP/Cas9 dans nos programmes de recherches pour l'amélioration de la qualité de fruits et légumes pour le bénéfice à la fois des agriculteurs et des consommateurs.

Propos recueillis par **Gil KRESSMANN**

(1) Cette résistance du gène eIF4E a été découverte par l'INRA qui travaille toujours sur le sujet sur plusieurs espèces. L'édition du gène y est en cours sur la tomate.

Biotechnologies Végétales infos
2ème trimestre 2017 N° 12

Amélioration de la biodisponibilité du phosphate

L'acide phytique constitue chez les végétaux, essentiellement dans leurs graines, une réserve de phosphate, de métaux et d'inositol. Le phosphate et les éléments métalliques de ce complexe ne sont libérés qu'au cours de la germination par hydrolyse enzymatique par une phytase et sont donc très peu disponibles pour les animaux dans leurs rations alimentaires à partir des graines. Si l'on place le gène de la phytase d'orge sous le contrôle d'un promoteur constitutif (35S) qui s'exprime dans les différents tissus de la même plante, l'activité phytase se retrouve aussi dans les feuilles et même **dans la paille sèche** après trois ans de conservation ! Cette nouvelle source de phytase pourrait avoir des applications pour augmenter la biodisponibilité en phosphate et minéraux d'une part en complément des graines dans l'alimentation, mais aussi au champ pour activer la croissance des plantes. Les auteurs regrettent de ne pouvoir développer cette innovation en Europe, opposée par principe aux OGM. ■

Source : *Holme I. B. et al. Plant Biotechnology Journal (2017) 15, 415–422, doi:10.1111/pbi.12636*

On peut augmenter le rendement de la photosynthèse

Les feuilles en pleine lumière solaire dissipent, sous forme de chaleur, l'énergie excédentaire absorbée. Lorsque les feuilles éclairées par le soleil sont ombrées par des nuages ou d'autres feuilles, cette dissipation protectrice se poursuit pendant plusieurs minutes, ce qui réduit la photosynthèse. On peut calculer que cela pourrait coûter aux cultures jusqu'à 20% de leur rendement potentiel.

En sur-exprimant par transgénèse les gènes du cycle des xanthophylles (zéaxanthine > violaxanthine > zéaxanthine) et le gène de la sous-unité S du photosystème II, chez le tabac *(Nicotiana tabacum)*, l'absorption de CO_2 est favorisée et la productivité (matière sèche végétale) est augmentée d'environ 15% en lumière fluctuante.

Comme ce mécanisme photoprotecteur qui a été modifié est commun à toutes les plantes à fleurs, les résultats obtenus apportent la preuve qu'une augmentation durable de la productivité, en particulier pour les cultures vivrières, est envisageable. ■

Source : *Kromdijk J. et al. Science 2016 • Vol 354 (6314) pp 857-861, doi: 10.1126/science.aai8878*

Etats-Unis

Un maïs qui ne produit pas d'aflatoxine

L'équipe de la généticienne Monica Schmidt de l'Université de l'Arizona (UA) a modifié génétiquement une variété de maïs afin d'empêcher un champignon, de la famille des Aspergillus, de produire de l'aflatoxine.

Si cette toxine est ingérée par les humains et les animaux, elle provoque des problèmes d'hépatotoxicité, de cancer du foie, le syndrome de kwashiorkor, du syndrome de Reye et une croissance altérée. Les aflatoxines sont connues depuis longtemps pour leur forte capacité à induire des cancers.

Schmidt et ses collègues ont transféré un fragment d'ADN codant pour trois acides ribonucléique (ARN) du champignon (Aspergillus) dans le génome du maïs. La plante hôte produit alors ces ARNi (interférent) du champignon qui vont alors perturber voire même entraîner la non expression (mise au silence) de gènes impliqués dans la synthèse de cette toxine.

Les essais ont montré une totale efficacité (100%) produisant des grains de maïs pour lesquels on ne trouve pas d'aflatoxine. ■

Source : *revue Science-Avances*

Philippe Joudrier
Ex Directeur de recherche INRA

Ils ont dit :

"Le rôle du politique n'est jamais de freiner le progrès"

Jacques Mézard,
Ministre de l'agriculture

« Le rôle du politique n'est jamais de freiner le progrès. Il lui revient de décider de ce qui peut être jugé comme un risque acceptable, conformément à l'interprétation retenue du principe de précaution... Ainsi, une lecture raisonnée de ce principe aboutirait à une maîtrise du risque plutôt qu'à l'interdiction de toute prise de risque. ».

Source : *Débats parlementaires 2014*

"L'innovation est la clef de la compétitivité agricole"

Luc Ferry,
Philosophe et ex ministre de l'éducation

« C'est une nécessité absolue que de développer la culture de l'innovation dans le monde agricole. C'est la clef de la compétitivité... Il faut notamment en finir avec la suspicion absurde qui pèse de manière irréfléchie sur les OGM en général ».

Source : *Le Figaro 24 Février 2017*

"Les plantes transgéniques peuvent être autant un bienfait qu'un malheur"

Nathalie Arthaud,
Lutte ouvrière
Candidate à la Présidentielle

« Les plantes transgéniques peuvent être autant un bienfait qu'un malheur »... Mais attention, nous dit la candidate, au retour au local, aux semences paysannes, qui exigent plus de travail et nient le progrès des semenciers.

Source : *Inf'OGM*

Biotechnologies Végétales infos
2ème trimestre 2017 N° 12

Réécriture des génomes sans ADN et sans mutations hors cible

De nombreux efforts sont faits pour optimiser la précision et la reproductibilité du système CRISPR / Cas9 de réécriture (édition)) des génomes en évitant l'intégration de transgènes et en réduisant les mutations hors cible, c'est à dire non souhaitées.

Deux publications très similaires montrent l'intérêt, dans cette perspective, d'introduire directement la protéine Cas9 associée à son ARN guide dans les cellules végétales. Des embryons immatures de blé tendre* ou de maïs ** ont été bombardés par des particules d'or recouvertes de ces ribonucléoprotéines (technique classique de biolistique) et des plantes ont été régénérées in vitro après sept à neuf semaines. Entre 4 et 5 mutants indépendants sont obtenus en moyenne pour 100 embryons traités. Leur séquençage révèle que le nombre de mutations hors cible est voisin de zéro. Comme aucun ADN étranger n'est utilisé avec cette méthode, largement applicable à d'autres espèces cultivées, les mutants obtenus sont donc complètement exempts de transgène, ce qui devrait faciliter leurs autorisations de mise en marché. ■

** Liang Z. et al. Nat. Commun. 8,14261 (2017), doi: 10.1038/ncomms142611038/ncomms14261*

***Svitashev S. et al. Nat. Commun. 7, 13274 (2016), doi: 10.1038/ncomms13274*

Comprendre la tolérance à la sécheresse sévère

Un groupe international de chercheurs, sous l'égide de l'Université de Wageningen (NL), vient de publier dans *Nature Plants* le séquençage ADN de *Xerophyta viscosa*. Cette espèce est surnommée la « plante de la résurrection » en raison de son incroyable capacité à survivre à de longues prériodeds de sécheresse. Les chercheurs espèrent ainsi contribuer à accélérer le développement de cultures suffisamment résilientes pour supporter les changements climatiques à venir.

« Des espèces comme Xerophyta viscosa peuvent servir de modèle pour comprendre les mécanismes moléculaires et génétiques en jeu dans la tolérance à la dessiccation et pour créer des variétés résistantes à la sécheresse » explique Henk Hilhorst, chef du projet à Wageningen.

L'équipe a trouvé un lien entre les gènes impliqués au cours de la dessiccation et ceux de la maturation des graines, le processus qui rend la semence capable de survie pendant de nombreuses années de stockage au sec. Cette capacité génétique pourrait avoir été acquise par les ancêtres de *Xerophyta*. ■

Source : *Wageningen University and Research-Pays Bas : Communiqué de presse du 27 Mars 2017*

Xerophyta viscosa : *plantes asséchées pendant 25 jours jusqu'à moins de 5% de taux d'humidité*

Xerophyta viscosa : *après 5 jours d'irrigation*

Le « gene drive » pour lutter contre les virus et parasites

Des chercheurs ont produit des moustiques modifiés génétiquement par l'outil CRISPR/Cas9, afin de résister à des parasites responsables du paludisme ou des virus comme celui de la Dengue ou le Zika.

Ces modifications sont sexuellement transmissibles mais contrairement aux lois mendéliennes de l'hérédité, à près de 98% de la descendance et ceci grâce a un mécanisme de *copier-coller* ou *conversion* génétique, dénommée *gene drive*.

Des essais positifs

Si ces moustiques modifiés sont relâchés dans la nature, le gène de résistance introduit envahit la population sauvage de l'espèce concernée et ceci en très peu de générations. Il en résulte une éradication progressive de la maladie dont le moustique est vecteur.

Ainsi, sous l'effet de ce mécanisme, la fréquence de l'allèle « naturel » diminue et tend vers 0. Des essais au Brésil sur des petits territoires endémiques pour la Dengue semble confirmer cette diminution de cette espèce envahissante de virus.

Rappelons que le système CRISPR/Cas9 est un processus naturel de défense qui fait intervenir une nucléase. Une technique dérivée a été mise au point récemment dite *ingénierie ciblée du génome*. Elle permet d'effectuer des modifications sur des génomes de nombreux organismes y compris l'Homme. Il est important de préciser qu'il existe un consensus international pour cibler les génomes de cellules somatiques humaines, mais jamais ceux des cellules germinales et des embryons.

L'ingénierie ciblée du génome représente donc un outil potentiellement révolutionnaire pour combattre des pathologies endémiques. Cependant la réversibilité de ce mécanisme de modification héréditaire nécessite une réflexion sur les effets à longue échéance en termes de génétique de population, d'écologie et de biodiversité. ■

Marc Fellous
Pr émérite génétique humaine

Yasmine Zuily
Pr émérite des universités - Biologie moléculaire et biotechnologies végétales

Brèves

Santé

Des plantes transgéniques contre le paludisme

Une équipe de chercheurs du Centre de recherche en agri-génomique (CRAG) a génétiquement modifié la plante *Artemisia annua* pour produire deux fois plus d'artémisinine. En modifiant le gène *AaMYB1* les chercheurs ont réussi à cultiver des plantes contenant beaucoup plus d'artémisinine que les plantes de type sauvage correspondantes. L'artémisinine est la molécule principale des médicaments utilisés contre le paludisme dans le monde. Cependant son utilisation a été freinée par la faible quantité produite par la plante et par le coût élevé de sa synthèse chimique. La découverte des chercheurs pourrait être une étape majeure vers la réduction des coûts de production de ce médicament indispensable.

Source : *EurekAlert.org (27 mars 2017)*

Conseils de lecture

COMPRENDRE L'AMÉLIORATION DES PLANTES

André Gallais *- Editions Quae 2015 - Collection Synthèses - 240 pages - 24 €*

Quels sont les enjeux socio-économiques de l'amélioration des plantes (nourrir la planète, respecter l'environnement, s'adapter au changement climatique, organisation de la filière semences) ? Quels sont les outils et les méthodes utilisés ? Comment les principaux caractères sont-ils améliorés ? L'ouvrage répond à ces questions et se termine par un bilan de ce qu'a apporté l'amélioration des plantes, tant à l'agriculteur qu'au consommateur, à l'industriel ou à la société.

7ème Colloque des biotechnologies végétales AFBV

« Les biotechnologies végétales répondent-elles aux attentes des filières agricoles et agroalimentaires ? »

AFBV
Association Française des Biotechnologies Végétales

Mardi 17 octobre 2017 à Paris
(9h00 - 17h00)
Goethe - Institut : 17, avenue d'Iéna - 75116 Paris

PROGRAMME

8h30 **Accueil**

9h00 **Introduction**
Alain Deshayes, *Président de l'AFBV*

9h15 **Les attentes des filières agricoles et agroalimentaires**

La meunerie
Bernard Valluis, *ANMF (Association Nationale de la Meunerie Française)*

9h35 **La filière maïs sorgho**
Josiane Lorgeou, *AGPM (Association Générale des Producteurs de Maïs)*

9h55 **La filière oléo protéagineuse**
Xavier Pinochet, *Terre Inovia*

10h15 **La filière fruits et légumes**
Sandrine Codarin, *CTIFL (Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes)*

10h35 **La filière agroalimentaire des produits végétaux**

10H55 11H25 **Pause**

11h25 **Les Biotechnologies végétales**
Quoi de neuf ? Panorama de la dynamique mondiale
Peter Rogowsky, *INRA*

12h05 14h15 **Pause déjeuner**

14h15 **Les initiatives nationales en biotechnologies**
Pascual Perez, *Limagrain*

14h45 **Table ronde : Biotechnologies végétales et filières**
Animateurs : Georges Freyssinet, *AFBV*
Invités : Thierry Candresse, *INRA ;* Mathilde Causse, *INRA* ; Olivier Lucas, *RAGT* ; Michel Renard, *INRA* ; Jean-Pierre Renou, *INRA*.

16h00 **Discussion générale**

16h30 **Conclusion** Carole Caranta, *INRA*

16h30 **Fin du colloque**

Inscription : afbv.secretariat@gmail.com - 7ème colloque des biotechnologies végétales de l'AFBV

Demande d'adhésion à l'AFBV

comprenant l'abonnement à :

« Biotechnologies végétales infos »

AFBV
Association Française des Biotechnologies Végétales

Nom : ..... Prénom : .....

Adresse postale : .....

Adresse mail : .....

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

Ci-joint : chéque

Pour adhérer : envoyer votre **bulletin d'adhésion** et la somme de **30 euros** à AFBV - 23-25, rue Jean-Jacques Rousseau-75 001 Paris