2ème trimestre 2018

Biotechnologies Végétales infos

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

N° 15

SOMMAIRE

Actualités

P.2 Pour l'IFOAM toutes les avancées génétiques sont des OGM
Les micro-peptides pour booster les gènes
Un soja enrichi en acide oléique
Le Canada autorise la commercialisation de riz doré

Dossier

P.3 ***Génétique et santé des plantes***
Pourquoi protéger les cultures contre les maladies ?
L'amélioration génétique: pilier majeur de la protection des cultures
P.4 Une plus grande contribution de la génétique
La résistance quantitative pour lutter durablement contre les maladies des plantes
Des plantes plus résistantes avec la mutagenèse aléatoire
P.5 Edition de gènes : vers des résistances plus durables
Blé : transferts interspécifiques de gènes de résistance aux maladies
P.6 Des pommes de terre résistantes aux maladies
Tomates résistantes aux maladies : nouvelles perspectives

Focus

P.7 Des plantes améliorées pour résister à des insectes
Maïs Bt : des bénéfices écologiques inattendus pour d'autres cultures
CRISPR/Cas9 : idéal pour l'édition des gènes chez les espèces polyploïdes

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

Des plantes plus «vertes» pour transformer notre modèle agricole

Suite aux Etats Généraux de l'alimentation le gouvernement demande à la profession agricole de réduire de 50% ses utilisations de produits « phyto-pharmaceutiques ». Certes il existe de nombreuses solutions agro-écologiques qu'il faut encourager (amélioration des bonnes pratiques agronomiques, lutte physique, lutte biologique, biocontrôle...). pour diminuer les usages de phytos. Mais pour faire un pas aussi important il faudra mettre aussi à disposition des agriculteurs des nouvelles variétés de plantes plus «vertes», c'est à dire génétiquement résistantes aux maladies et aux prédateurs de toutes sortes. (Lire notre dossier page 3).

Miser sur le progrès génétique est encore plus pertinent aujourd'hui avec les opportunités offertes par la génétique de précision permise par les technologies d'édition du génome. Celles-ci sont plus précises et permettent de raccourcir les délais d'obtention de plantes permettant de lutter plus efficacement contre leurs ravageurs, virus, bactéries, champignons, nématodes, insectes,…

Avec l'édition de gènes on peut véritablement parler d'une « nouvelle ère » pour les biotechnologies. Elles vont générer une vague d'innovations et donc créer de la valeur pour toutes les filières végétales. Sous réserve que la réglementation européenne de ces nouvelles technologies soit claire et ne soit pas prohibitive (l'AFBV a fait des propositions dans ce sens), les nouveaux outils d'édition du génome seront accessibles à des entreprises de toutes tailles, stimulant aussi la création de start-up.

Le choix est maintenant clair pour nos dirigeants. Soit la France, troisième puissance semencière mondiale, sera proactive pour soutenir une réglementation adaptée à ces nouvelles technologies qui permettront d'améliorer nos variétés et d'accélérer la transition écologique de nos agricultures. Soit, sous le prétexte que l'opinion n'y est pas favorable, elle refusera de s'engager, une fois de plus, à adopter les nouvelles technologies du progrès génétique et, par ses renoncements, elle laissera la voie dégagée à ses concurrents mondiaux, ce qui serait une aberration écologique et économique.

Gil Kressmann
Secrétaire de rédaction

Biotechnologies Végétales infos
2ème trimestre 2018 N° 15

Pour l'IFOAM toutes les avancées génétiques sont des OGM

L'IFOAM, organisation internationale de défense de l'agriculture biologique, milite pour que les plantes issues des nouvelles technologies, par exemple l'édition de gènes (mutagenèse dirigée), soient assimilées aux plantes issues de la transgénèse (dites OGM).

Pour cette organisation les plantes améliorées par les nouvelles biotechnologies devraient être réglementées en Europe comme le sont les OGM. La réponse de la Commission européenne est très attendue. C'est l'avenir de ces nouvelles techniques, déjà largement utilisées hors d'Europe, qui est en jeu.

Si l'Union européenne décidait d'appliquer aux nouvelles biotechnologies la réglementation appliquée à la transgénèse, cela condamnerait de fait les entreprises semencières européennes à ne pas pouvoir utiliser de tels outils. Or ces nouveaux outils leur permettraient de mettre à la disposition des agriculteurs des plantes plus « vertes », c'est à dire des plantes capables de se protéger par elles-mêmes des maladies. (cf notre dossier), des agressions des insectes nuisibles ou des changements climatiques. Pourtant, bravant les idéologues, M. Urs Niggli, directeur de l'Institut de Recherche de l'Agriculture Biologique de Suisse), s'est prononcé contre une diabolisation générale du nouveau génie génétique.

Mais l'IFOAM, comme l'ensemble des organisations ou entreprises qui dépendent du marché du « bio », ne voient pas d'un bon œil toute avancée écologique de l'agriculture conventionnelle susceptible de la rendre plus acceptable aux yeux de la société. Ainsi derrière ce débat réglementaire, c'est bien la peur d'une certaine banalisation de l'agriculture biologique par rapport à l'agriculture traditionnelle et la maitrise d'un marché très « juteux » qui sont en jeu. ■

Gil Kressmann

Un soja enrichi en acide oléique

Calyxt, la filiale de Cellectis spécialisée dans l'édition génomique des plantes, a signé des accords avec une cinquantaine d'agriculteurs du Midwest américain pour cultiver son soja modifié à teneur élevée en acide oléique. Ce soja évite d'avoir recours à l'hydrogénation des acides gras qui serait néfaste pour la santé. Destiné à produire de l'huile, il pourrait être commercialisé aux Etats-Unis d'ici la fin de 2018. Calyxt s'appuie sur la technologie d'édition moléculaire TALEN®. ■

Le Canada autorise la commercialisation de riz doré

En Mars 2018, le Ministère de la santé du Canada a autorisé la mise en marché du riz doré. Ce riz génétiquement modifié est principalement destiné à combler les carences en vitamines A dans des pays en voie de développement. Ces carences sont à l'origine de la cécité, voire du décès de centaines de milliers d'enfants.

Rappelons que 107 Prix Nobel ont qualifié de crime contre l'humanité les campagnes d'ONG, comme Greenpeace, qui demandent l'interdiction de la culture de ce riz biofortifié. Cette autorisation de mise en marché a également été donnée en 2017 par l'Australie et la Nouvelle Zélande. Des essais au champ sont en cours au Bengladesh. ■

Les micro-peptides pour booster les gènes

Micropep Technologies, une startup toulousaine, vient de lever quatre millions d'euros pour développer des micro-peptides, des molécules produites par les plantes et dont on a découvert récemment le rôle pour réguler l'expression de certains gènes.

Les micro-peptides peuvent ainsi être utilisés pour accélérer ou ralentir la germination, augmenter la résistance aux maladies ou encore améliorer la floraison. En maximisant le potentiel d'une plante, les micro-peptides peuvent aussi ralentir le développement des mauvaises herbes. Ces micro-peptides sont une nouvelle piste pour réduire l'emploi d'engrais et de produits phytosanitaires.

Micropep Technologies développe des applications des micro-peptides dans le domaine des bio-herbicides, bio-stimulants ou stimulateurs de défense des plantes. ■

Billet d'humeur

Un lampadaire est de mauvais conseil !

Chacun sait que quand on a perdu ses clés il faut se rendre sous un lampadaire pour les retrouver. C'est ainsi que procèdent les gouvernements français quand ils ont perdu leur bon sens devant les nouveaux développements des biotechnologies végétales, et qu'ils demandent au Haut Conseil des Biotechnologies de les éclairer, c'est à dire de leur fournir les arguments qui leur permettent au mieux d'interdire leur usage, au pire de ne rien décider. Ce dernier élabore vaillamment des rapports pour répondre à la seule question qui lui est posée : quels sont les risques ? Et en cherchant bien il en trouve…comme par exemple le risque d'augmenter la diversité génétique des variétés cultivées… et le politique est satisfait, occultant les conséquences socio-économiques et environnementales négatives de ses décisions. On comprend bien que flatter l'opinion soit plus urgent que préparer l'avenir.

Georges Pelletier
Directeur honoraire de recherche INRA

Biotechnologies Végétales infos
2ème trimestre 2018 N° 15

Génétique et santé des plantes

La génétique : une solution pour réduire l'utilisation des produits phytosanitaires

Le projet de loi consécutif aux Etats Généraux de l'Alimentation a inscrit un objectif clair : baisser de 50 % les usages de tous les produits phytopharmaceutiques (phytos) à l'horizon 2025. Cette moindre utilisation ne pourra être mise en œuvre par les agriculteurs que si ceux-ci se voient proposer, pour protéger leurs cultures, des solutions alternatives viables qui ne pénaliseraient pas la compétitivité de leurs entreprises. Dans ce dossier, nous faisons un point sur les solutions génétiques disponibles dans le domaine de la résistance aux maladies des cultures. (Pour la résistance aux insectes, lire le bilan de l'utilisation du Bt page 7).

Pour réussir ce challenge nous devons donner à la recherche les moyens financiers et la possibilité d'utiliser les outils les plus modernes (exemple : édition de gènes) pour qu'elle puisse jouer, avec les sociétés de semences et les agriculteurs, pleinement son rôle dans le processus de transformation profonde dans lequel doit s'engager notre agriculture.

Georges Freyssinet,
Consultant en biotechnologies

Pourquoi protéger les cultures contre les maladies ?

Les cultures, qu'elles soient dites « biologiques » ou « conventionnelles », sont confrontées à des maladies dues aux attaques de nombreux agents pathogènes : champignons, bactéries et virus. Ces attaques vont se développer avec les changements climatiques. Les dommages ainsi créés sont quantitatifs (baisse du rendement de la culture) mais aussi qualitatifs en réduisant la sécurité sanitaire (ex : présence de mycotoxines) ou la qualité (aspect, goût) des récoltes. On observe en moyenne des pertes de 24% entre une céréale traitée et non traitée aux fongicides.

Brève

Une canne à sucre plus « verte »

La première canne à sucre génétiquement modifiée pour résister à un parasite devrait être commercialisée au Brésil en 2018. Cette variété développée par le Centre de technologie de la canne au Brésil sera résistante à une chenille qui cause des pertes financières très importantes à la culture. Simultanément les traitements insecticides seront diminués.

Stratégie

L'amélioration génétique: pilier majeur de la protection des cultures

Les bioagresseurs (maladies, ravageurs, adventices) des végétaux exercent différents dommages qui touchent la qualité de la production ou le végétal, réduisent la quantité produite ou menacent l'existence même du végétal pour les espèces ornementales ou pérennes.

Pour réduire ces dommages deux approches sont appliquées :

- les agronomes du XXème siècle, suivant la loi des facteurs limitant (loi de Liebig) ont segmenté des réponses agronomiques spécifiques pour chaque facteur limitant. Cette approche est dominante chez les agronomes américains avec un raisonnement mécaniste : un facteur limitant = une réponse spécifique. Cette logique a conduit au choix des OGM avec des gènes de résistance spécifique à un groupe de bioagresseurs donné (tolérance herbicide ou résistance aux insectes), mais aussi le maintien d'une large gamme de pesticides agricoles autorisés dont de nombreux interdits en Europe.
- l'Europe a fait le choix de faire porter ce contrôle sur des facteurs de régulation naturels et sur l'agronomie en général selon une approche «holiste». La résistance ou la tolérance génétique du végétal aux bioagresseurs devient alors un pilier majeur de cette régulation.

Dans ce contexte, la place des solutions génétiques pour le contrôle des bioagresseurs devient absolument déterminante. Le contrôle génétique des maladies (virus, bactéries, champignons, phytoplasmes…) doit se renforcer et devenir un objectif prioritaire avec la décroissance du recours à la chimie de synthèse pour le contrôle des agents responsables.

Cet effort est étendu au contrôle des virus, bactéries et phytoplasmes transmis par des vecteurs animaux (arthropodes, nématodes…) avec la réduction drastique des insecticides, acaricides et nématicides de synthèse, les plus efficaces. ■

Marc Delos
Membre correspondant de l'Académie d'Agriculture de France

Plus d'informations : *http://presse.inra.fr/Communiques-de-presse/resistances-durables-aux-virus*

Biotechnologies Végétales infos
2ème trimestre 2018 N° 15

Une plus grande contribution de la génétique

Pour protéger les cultures contre les maladies il y a d'une part la lutte chimique, aussi bien en agriculture conventionnelle (AC) qu'en agriculture bio (AB). La différence essentielle est que pour l'AB les produits phytos obtenus par synthèse chimique sont interdits à l'exception des préparations à base de cuivre et de soufre. Les techniques de biocontrôle peuvent aussi être mises en œuvre.

Une autre façon de lutter contre les agents pathogènes est la génétique. Celle-ci est utilisée depuis le début de l'agriculture et apporte, chaque année, de nouvelles innovations.

L'agriculteur, en AB et en AC, utilise alors des variétés qui possèdent des résistances génétiques vis à vis de tel ou tel ravageur qu'il pourra éventuellement compléter par un traitement chimique approprié.

Depuis de nombreuses années, l'agriculteur en AC a réduit l'utilisation des phytos en diminuant les doses, passant d'un traitement préventif à un traitement curatif. Mais si l'on veut encore réduire de manière significative cette utilisation, il est indispensable que les résultats issus de l'amélioration génétique donnent des variétés résistantes à un plus grand nombre de pathogènes, plus rapidement et de manière durable. ■

Technique

La résistance quantitative pour lutter durablement contre les maladies des plantes

Dans un contexte d'incitation à la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires, la résistance quantitative présente un intérêt croissant en amélioration des plantes pour lutter contre les maladies. Malgré son effet le plus souvent partiel et la difficulté de sa sélection, elle est considérée plus durable que les gènes majeurs de résistance.

Le développement des marqueurs moléculaires au cours des 20 dernières années a permis la détection de plus en plus précise de zones chromosomiques ou QTLs (Quantitative Trait Loci) impliquées dans le contrôle de la résistance. Les bases génétiques de la résistance quantitative correspondent souvent à des QTL à effets majeurs et des QTL à effets mineurs, dont un nombre croissant a été détecté avec le développement du séquençage des génomes et des approches de génétique d'association utilisant des collections de ressources génétiques.

L'identification des QTL de résistance permet de mettre en place des schémas de sélection pour réunir dans un même génotype les zones chromosomiques favorables à la résistance afin d'obtenir une résistance plus durable ; ces QTL peuvent être associés à des gènes majeurs de résistance, ce qui permet de préserver la durabilité de ces derniers. Le cumul de QTL de résistance présentant des spectres et modes d'action variés sur les agents pathogènes, ou associés à des mécanismes de résistance complémentaires, présentent aussi un intérêt pour augmenter le niveau et la durabilité de la résistance partielle. Ainsi, chez le pois, la combinaison de QTL agissant à plusieurs étapes précoces du cycle de l'agent pathogène *Aphanomyces euteiches* permet de limiter la sévérité de la pourriture racinaire. ■

Marie-Laure Pilet-Nayel
IGEPP, INRA Rennes

Référence : *Pilet-Nayel M-L, Moury B, Caffier V, Montarry J, Kerlan M-C, Fournet S, Durel C-E, Delourme R (2017). Quantitative resistance to pathogens in plant pyramiding strategies for durable crop protection. Frontiers in Plant Science 8:1838*

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

Technique

Des plantes plus résistantes avec la mutagenèse aléatoire

La mutagenèse aléatoire se produit de manière naturelle. Elle peut aussi être conduite au laboratoire en soumettant des plantes, graines (embryons), gamètes, voir tissus végétaux, à des conditions permettant la génération de mutations transmissibles. Il s'agit le plus souvent de produits chimiques, ou de radiations.

Les mutations ainsi générées sont le plus souvent récessives, car elles altèrent l'expression des gènes ciblés et donc les fonctions qui en dépendent. Dans le cas des virus, dont le cycle dépend totalement du bon fonctionnement d'un grand nombre de gènes des plantes hôtes, les mutations récessives sur les gènes de l'hôte, sont d'excellentes manières de bloquer la production virale.

Une des mutations récessives générée par mutagenèse, fortement exploitée dans la production d'orge, est la mutation *mlo* qui altère le gène *Mlo*, codant pour un récepteur membranaire. La mutation est récessive et transmise aux variétés d'orge exploitées. Elle procure une résistance à de nombreuses races d'oïdium différentes de manière durable.

Une base de données, répertoriant plus de 3.000 variétés de plantes commercialisées issues de mutagenèse par irradiation, est accessible sur le site de l'IAEA. Depuis plus de 50 ans plus de 15.000 variétés de différentes espèces cultivées issues de mutagenèse sont exploitées, valorisées et commercialisées aussi bien en AB qu'en AC. Dans le domaine de la résistance, cela correspond pour beaucoup à des résistances récessives à différents virus, en particulier dans le système de synthèse des protéines virales, comme pour le *Potyvirus* y qui cause des dégâts très importants sur solanacées, pommes de terre par exemple ; mais aussi à des pathogènes fongiques comme le locus *mlo* mentionné ci-dessus, ou encore à des résistances à des ravageurs comme la cicadelle brune chez le riz… ■

Michel Dron
Professeur émérite Biologie
et Pathologies végétales, UPSaclay

Biotechnologies Végétales infos
2ème trimestre 2018 N° 15

Technique

Edition de gènes : vers des résistances plus durables

Entre les plantes et leurs ennemis que représentent les agents pathogènes et les parasites, c'est une course perpétuelle aux armements. Par mutation, les unes s'ingénient à créer des mécanismes génétiques de résistance et les autres s'emploient à les contourner. Le sélectionneur peut, par croisement ou transgénèse, introduire dans des variétés sensibles, des gènes, puisés dans les ressources génétiques de l'espèce ou d'autres espèces végétales ou non, permettant de résister à certains pathogènes.

Depuis quelques années le sélectionneur peut également modifier de manière précise des gènes de la plante hôte impliqués dans la pathogénicité, et il existe des exemples encourageants de résistance obtenus avec une telle approche. La modification, via CRISPR-Cas9, du promoteur du gène *LOB1*, reconnu par des effecteurs de *Xanthomonas citri* permet d'obtenir des citrus résistants au chancre bactérien.

On connaît depuis un siècle environ la mutation *mlo* qui confère la résistance à l'oïdium chez l'orge : elle est utilisée dans les variétés cultivées depuis les années 1970 sans contournement par ce champignon. Par édition de gène, cette forme mutante a été « recopiée » chez le blé, la vigne, la tomate…

De la même manière des programmes visent à mimer, chez différentes espèces potagères, une version mutante du gène *eIF4E*, présente naturellement chez le piment, et qui confère une résistance stable à des potyvirus. *(Voir Biotechnologies végétales infos N° 12 page 5)*.

Une utilisation raisonnée de ces différentes sources de résistance sera indispensable pour garantir leur durabilité, souci majeur du sélectionneur et du producteur. ■

Fabien Nogué
IJPB-Méiose et recombinaison-INRA Versailles

Blé : transferts interspécifiques de gènes de résistance aux maladies

Chez le blé, par des croisements complexes et l'appel à la culture d'embryons et au doublement chromosomique, des espèces plus ou moins éloignées ont été utilisées comme donneuses de gènes de résistance à des maladies, dont un grand nombre sont issus de céréales sauvages appartenant au genre Aegilops.

C'est le cas de la résistance au piétin verse et à certaines souches de rouilles (brune, jaune et noire) qui se retrouvent notamment dans les variétés Renan et ses descendants, très utilisées en AB. Cependant, avec ces gènes de nombreux autres gènes non désirés ont été introduits.

Les connaissances et les outils disponibles chez le blé progressent rapidement, ce qui devrait faciliter et accélérer l'identification et le transfert de gènes d'intérêt issus d'espèces distantes.

Le séquençage du génome du blé et de ses espèces apparentées, et l'accumulation des données transcriptomiques et protéomiques ont conduit à l'identification de nombreux gènes impliqués dans les mécanismes de résistances à certaines maladies. La caractérisation de ces gènes, associée à la maîtrise de la transgénèse chez le blé, a ainsi ouvert la voie au développement de stratégies biotechnologiques classiques (résistances induites par la surexpression de gènes de défense, dérégulation d'une glucosyl-transférase capable de détoxiquer la mycotoxine DON, contaminant des céréales au champ), ou des stratégies plus

innovantes comme la construction de nouveaux gènes de résistance ou la répression *in planta* de gènes essentiels à l'agent pathogène.

Une voie ouverte pour la résistance à l'oïdium

Le développement de la mutagénèse dirigée ouvre aussi la voie à la construction de blés plus résistants *via* la modification ciblée de gènes de sensibilité, essentiellement avec le système CRISPR. Cette technologie permet de modifier plusieurs allèles en une seule opération, ce qui est nécessaire chez le blé qui contient trois génomes. Il a ainsi été possible d'obtenir la résistance à l'oïdium par mutation sur les trois génomes du blé du gène de sensibilité *mlo*. On peut ainsi espérer obtenir une résistance durable, car ce gène est homologue de celui connu chez l'orge, où il n'a pas été contourné, malgré son utilisation à grande échelle depuis plusieurs dizaines d'années. ■

Thierry Langin, Pierre Barret, Cyrille Saintenac
UMR INRA/UBP 1095 GDEC (Génétique, diversité, écophysiologie des céréales), Centre Auvergne Rhône-Alpes.

Brève

L'agriculture peut-elle se passer du cuivre ?

Selon l'INRA [1], si on veut supprimer complètement l'utilisation du cuivre dans le système de protection des plantes, l'utilisation de variétés résistantes à ces maladies devient indispensable. Cela est vrai pour l'AB comme pour l'AC. On mesure l'impasse technique dans laquelle se retrouverait l'AB si celle-ci maintenait son refus d'utiliser pour elle-même des variétés résistantes au mildiou parce qu'elles seraient issues du génie génétique, alors que ces mêmes variétés seraient utilisées par l'agriculture conventionnelle. Ce cas va prochainement se présenter avec des pommes de terre génétiquement modifiées résistantes au mildiou.

Gil Kressmann

(1) Peut on se passer du cuivre en agriculture biologique ? INRA janvier 2018

Biotechnologies Végétales infos
2ème trimestre 2018 N° 15

Des pommes de terre résistantes aux maladies

Pour la pomme de terre cultivée, le transfert de résistances aux maladies est possible par l'utilisation de l'hybridation interspécifique à partir de nombreuses espèces apparentées de la famille des Solanacées tubéreuses possédant des gènes de résistance aux principaux pathogènes.

Dans ce cadre, les chercheurs de l'INRA-IGEPP ont identifié des gènes de résistance dans la collection du centre de ressources biologiques BraCySol géré par l'INRA, notamment pour le mildiou et les nématodes à kystes. Ils les ont transférés dans l'espèce cultivée par des croisements interspécifiques créant ainsi de nombreux hybrides utilisables en sélection. Au travers d'un partenariat de longue date entre l'INRA et les obtenteurs français de variétés de pommes de terre regroupés au sein de l'ACVNPT, ces hybrides ont été distribués à partir de 1995 aux différents obtenteurs pour une utilisation dans leurs programmes de création variétale : ceci débouche actuellement sur l'inscription de nouvelles variétés françaises résistantes adaptées aux nouvelles normes environnementales.

Il est à noter que ce partenariat efficace a été renforcé par la création de l'UMT INNOPLANT dont une des missions est de transférer des outils innovants issus de la génomique pour assister les sélectionneurs.

Ainsi, des marqueurs associés à des résistances au nématode à kystes *Globodera pallida* issues de différentes origines ont été transférés et permettent aux sélectionneurs de suivre des facteurs de résistance situés sur le chromosome V (*locus GpaV*) de la pomme de terre. ■

Frédérique Aurousseau
IGEPP, INRA

Apports du génie génétique

En parallèle, une autre approche a été utilisée. Certains gènes de résistance au mildiou en provenance d'espèces sauvages ont été introduits par génie génétique :

- travaux de l'Université de Wageningen (Hollande),
- travaux du laboratoire de recherche de Sainsbury (Royaume Uni) : essais au champ en cours (Cf BVI N°14) ,
- Simplot (USA) a obtenu, en 2017, l'autorisation de l'EPA et de la FDA pour trois variétés de pomme de terre résistantes au mildiou. Selon Simplot, ces variétés diminueraient de 50 % les traitements de fongicides.

GF

Tomates résistantes aux maladies : nouvelles perspectives

La tomate, 1er légume consommé au Monde, est originaire d'Amérique du Sud, comme les 12 espèces qui lui sont apparentées et avec lesquelles des croisements sont possibles. La sélection professionnelle a commencé au XXe siècle. Dès les années 50, des résistances aux pathogènes ont été recherchées dans les espèces apparentées.

Les tomates peuvent être attaquées par une soixantaine de bio-agresseurs selon le climat et les conditions de culture. De nombreuses résistances monogéniques dominantes ont été trouvées dans les espèces apparentées à la tomate. Certaines de ces résistances se sont montrées durables (comme la résistance à la mosaïque du tabac, Tm2-2, déployée dans toutes les variétés cultivées sous abri depuis plus de 40 ans) et d'autres ont été contournées très rapidement. Aujourd'hui, chaque variété hybride F1 porte en moyenne 8 gènes de résistance d'origine sauvage. Beaucoup de ces gènes ont été clonés. Grâce au séquençage du génome, on peut désormais identifier les régions introgressées et il a été montré que l'introgression de certains de ces gènes avait entraîné de très larges fragments chromosomiques d'origine sauvage, pouvant apporter des caractéristiques défavorables, notamment en terme de qualité aromatique du fruit.

Des résistances durables avec l'édition de gènes

La connaissance du génome de la tomate cultivée et des espèces sauvages apparentées permet aujourd'hui d'espérer identifier très précisément les modifications nécessaires pour convertir des gènes de sensibilité en gènes de résistance ou pour conforter la durabilité de gènes de résistance. Les nouvelles technologies d'édition de gènes dérivées de la technologie CRISPR/Cas9 offrent à ce titre de nouvelles perspectives pour valoriser ces découvertes en permettant leur introduction directement dans des lignées élites. A terme, on suppose que ces méthodologies permettront la modification ciblée de bases dans le génome de la plante et cela sans avoir recours au processus de transgénèse. Ceci est d'autant plus intéressant qu'une étude récente montre que les signatures moléculaires de résistances issues de la variabilité naturelle pouvaient être copiées et transférées entre espèces. L'édition de gènes pourrait permettre la modification ciblée de facteurs de sensibilité aux pathogènes, pour permettre la mise en place de résistances durables sans perte de rendement. ■

Mathilde Causse, Jean-Luc Gallois
Unité de Génétique et Amélioration des fruits et Légumes, INRA Avignon

Biotechnologies Végétales infos
2ème trimestre 2018 N° 15

Des plantes améliorées pour résister à des insectes

Les sources de résistance génétique contre les insectes ravageurs des cultures sont très rares au sein d'une espèce. La découverte il y a plus d'un siècle de la bactérie du sol *Bacillus thuringiensis* (Bt) comme agent toxique pour certains insectes a conduit au développement de la lutte biologique par épandage de spores bactériennes sur les cultures et depuis près d'un quart de siècle à des plantes transgéniques produisant elles-mêmes ces toxines protéiques, dites Bt.

Il existe plus de 200 gènes connus de toxines Bt, qui sont spécifiques de lépidoptères, de coléoptères ou de diptères pour les principaux usages qui en sont faits. Plus de 200 évènements de transformation ont été obtenus chez le maïs contre des chenilles foreuses des tiges et des épis et contre des vers des racines et plus de 40 chez le cotonnier contre les chenilles des feuilles et des fruits. On peut citer également des aubergines Bt au Pakistan et des peupliers Bt en Chine. Une canne à sucre Bt vient d'être acceptée au Brésil pour la production commerciale.

Comment maitriser le développement d'insectes résistants ?

Comme toute stratégie de lutte insecticide, la stratégie Bt peut conduire chez certaines espèces à la sélection de populations d'insectes résistants. Sur le plan de la pratique agronomique la méthode qui consiste à cultiver dans la même parcelle ou sur des parcelles voisines des plantes Bt et environ 20% de plantes non-Bt, permet de maîtriser la prolifération de telles populations d'insectes résistants. Pour nombre d'espèces d'insectes, il n'y a pas eu jusqu'à présent d'apparition de populations résistantes.

Un succès mondial

Sur le plan économique ce type de PGM représente environ 43% de la surface mondiale de PGM, et 80 à 85% des surfaces cultivées en maïs et en cotonnier aux Etats Unis. En 2016 le taux d'adoption des cotonniers Bt était de 97% au Pakistan, 95% en Chine, de 93% aux Etats Unis, la proportion mondiale dépassant les 60%. L'Inde avec un taux de 96% est passée du statut d'importateur avant 2005 à celui de premier producteur mondial, devant la Chine, en 2016 et selon les projections de la FAO ce pays couvrirait avec 8,2 Mt, 30% de la production mondiale en 2025. ■

Georges Pelletier

Maïs Bt : des bénéfices écologiques inattendus pour d'autres cultures

On sait depuis quelques années (publication de William D. Hutchison) que la suppression à grande échelle de la pyrale du maïs grâce au maïs Bt, produit aussi des économies de traitements d'insecticides pour les producteurs de maïs non Bt. Ceux-ci économisent sur le nombre de traitements et sans avoir besoin d'acheter la semence Bt ! C'est ce qu'on appelle l'effet halo.

L'effet halo sur des cultures de légumes

Une nouvelle étude montre que cet « effet halo» du maïs Bt s'exerce aussi sur les cultures d'espèces différentes. Selon l'équipe de Galen P. Dively la suppression régionale de deux ravageurs du maïs profite aussi aux producteurs de légumes de la région (poivrons, haricots verts, maïs doux) : *« l'adoption généralisée du maïs de grande culture Bt est fortement associée à une diminution marquée des traitements insecticides et des dégâts aux cultures légumières aux États-Unis. Ces impacts positifs pour les producteurs, y compris les producteurs bio, augmentent les bénéfices écologiques connus de l'adoption du Bt »*.

Notons que des effets bénéfiques similaires ont été obtenus avec le papayer transgénique résistant à un virus (effet protecteur sur le papayer cultivé selon le mode AB) déjà signalé dans les lettres précédentes. ■

Ils ont dit :

Matia Chowdhury, Ministre de l'Agriculture du Bengladesh

Elle a récemment réaffirmé le soutien du gouvernement aux technologies des plantes génétiquement modifiées

Source : *New Age Bangladesh*

Technique

CRISPR/Cas9 : idéal pour l'édition des gènes chez les espèces polyploïdes

Un grand nombre d'espèces cultivées se sont formées par hybridation entre des espèces parentes et contiennent donc deux génomes, voire plus : elles sont polyploïdes. On peut citer par exemple deux Brassicacées, la cameline et le colza. Les mêmes fonctions y sont codées par les différents génomes, et les gènes correspondants, qui sont légèrement différents entre les parents, sont qualifiés d'homéologues. Une mutation simultanée de ces gènes pour modifier un caractère est donc particulièrement improbable.

Chez la cameline les auteurs ont modifié, par la technique d'édition de gène CRISPR/Cas9, les trois homéologues des gènes *CsDGAT1* ou *CsPDAT1* impliqués dans la biosynthèse des triglycérides.

Chez le colza ils ont modifié de la même manière les homéologues du gène *ALCATRAZ* qui contrôlent la déhiscence des siliques. Des plantes portant des modifications de l'ensemble des gènes ciblés ont été obtenues. Les analyses effectuées ont confirmé une modification de la synthèse des acides gras de la cameline et une résistance accrue à l'ouverture spontanée des siliques chez le colza. Il reste à confirmer ces résultats dans les conditions du champ. ■

Sources : *Aznar-Moreno & Durrett, Plant & Cell Physiology (2017) DOI:10.1093/pcp/pcx058 – Camelina Braatz et al., Plant Physiology (2017) DOI:10.1104/pp.17.00426 - Colza*

Conseils de lecture

IDÉES REÇUES ET AGRICULTURE - PAROLE À LA SCIENCE

*Sous la direction de **Catherine Regnault-Roger** - Edition Les Mines - Prix : 25 € - 222 pages*

Des idées reçues, des rumeurs anxiogènes circulent sur des sujets auxquels les connaissances scientifiques peuvent apporter une réponse. Biodiversité, abeilles, pesticides, alimentation bio, perturbateurs endocriniens, OGM : savons-nous faire la part du vrai et du faux ? Plusieurs membres de l'Académie d'agriculture de France sous la direction de Catherine Regnault-Roger ont fait le point sur les idées fausses qui sont véhiculées sur ces sujets qui sont devenus sensibles.

8ème Colloque des biotechnologies végétales AFBV

Technologies numériques au service des biotechnologies et des agricultures

AFBV Association Française des Biotechnologies Végétales

Jeudi 18 octobre 2018
(9h00 - 17h00)
Goethe-Institut : 17 avenue d'léna, 75116 PARIS

PROGRAMME

8h30 **Accueil**

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

9h10 **Technologies et sélection végétale : une synergie historique**
Alain Bonjean, *Bonjean & Associés SAS*
Georges Freyssinet, *AFBV*

9h50 **La sélection génomique chez le maïs**
Laurence Moreau, *INRA*

10h15 **L'étude du pangénome chez le riz : approches et apport en amélioration variétale**
François Sabot, *IRD*

10h40 **Nouvelles méthodes d'imagerie et robustesse de la production végétale**
Arezki Boudaoud, *CTIFL ENS Lyon*

11H05 11H25 **Pause**

11h25 **Modélisation de réseaux métaboliques pour étudier le développement des fruits**
Sophie Colombié, *INRA*

11h50 **Des plateformes de phénotypage au champ : système d'information et méta analyses pour l'analyse des réponses aux conditions environnementales**
François Tardieu, *INRA*

12h15 14h15 **Pause déjeuner**

14h15 **Usage de l'Intelligence Artificielle pour la détection de maladies**
Aurélie Thébaut, *Carbon bee*

14h40 **L'agriculture valorisée par le numérique : applications opérationnelles et perspectives dans le domaine des grandes cultures**
Philippe Gate, *Arvalis institut du végétal*

15h05 **Agriculteurs et agriculture de précision : Des bénéfices ? Pour qui ?**
Animateurs : Christophe Sallaud, *Biogemma*
Avec la participation de : Jean-Marie Seronie, *Agroéconomiste* ; Claude Ménara, *agriculteur* ; Laurent Barthez, *Directeur projet agriculture numérique Limagrain* ; François Coléno, *INRA*

16h00 **Discussion générale**

16h30 **Conclusion**

17h00 **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 - 23-24, rue Jean-Jacques Rousseau-75 001 Paris