3ème trimestre 2017

Biotechnologies Végétales infos

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

N° 13

SOMMAIRE

Actualités

P.2 Création d'une banane enrichie en pro-vitamine A

Un virus modifié pour lutter contre une maladie des agrumes

Un avenir doré pour le riz modifié

Dossier

P.3 ***Blé et biotechnologies***

De la domestication à la sélection du blé tendre

2017 : de nouvelles découvertes sur le génome du blé tendre

P.4 Les biotechnologies au service du blé bio

La lutte génétique contre les fusarioses progresse

P.5 Des marqueurs génétiques pour la résistance au virus de la mosaïque striée du blé

Des variétés de blé pour les personnes allergiques au gluten

P.6 Une sélection assistée par marqueurs pour mieux utiliser l'azote chez le blé d'hiver

Des variétés de blé résistantes aux maladies grâce aux biotechnologies

Focus

P.7 Les nouvelles opportunités offertes par CRISPR-Cas9

La génétique appelée au secours de la banane

Pommier : une piste pour réduire l'utilisation de pesticides

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

Pour des États Généraux de la coexistence

Les agriculteurs attendent beaucoup des Etats Généraux de l'alimentation pour sortir de la crise agricole qui menace la survie de leurs entreprises. Mais on peut craindre que ces Etats Généraux tournent de fait à une confrontation entre l'agriculture dite « conventionnelle » (AC) et l' « Agriculture Biologique » (AB). Si cette confrontation devait avoir lieu, elle aurait de fortes chances, compte tenu des rapports de force au sein des ateliers, d'aboutir à une condamnation de la première et une bénédiction de la seconde.

En sortant du statut de marché de niche pour devenir un marché de grande consommation, le marché du bio crée certainement des opportunités de création de valeurs pour l'ensemble des acteurs de la filière. Ceci est positif mais il n'y pas qu'un seul modèle d'agriculture biologique pas plus qu'il n'y a qu'un seul modèle d'agriculture conventionnelle.

Nous estimons que tous ces modèles doivent pouvoir coexister et ne pas être opposés les uns aux autres, car la question fondamentale est de savoir comment nourrir toute la population avec des produits sains, de bonne qualité, en quantités suffisantes et à des coûts accessibles à tous. Ce que l'agriculture biologique ne permet pas à elle seule de satisfaire.

De plus, comme le souligne Paméla Ronald, professeur à l'Université de Davis (Californie) : entre l'AB et l'AC *« il y a complémentarité des pratiques et des technologies. Les pratiques de l'AB protègent l'environnement et les technologies du génie génétique aident à réduire les pertes de récolte dues aux maladies et aux stress environnementaux »*. Une conception que nous aimerions bien entendre partager de la part des responsables de notre pays.

Gil Kressmann
Secrétaire de rédaction

Biotechnologies Végétales infos
3ème trimestre 2017 N° 13

Création d'une banane enrichie en pro-vitamine A

Des chercheurs de l' Université Australienne du Queensland ont développé une banane enrichie en pro-vitamine A (PVA). L'objectif est de lutter contre les risques de carences en vitamine A chez l'homme observés dans certains territoires d'Afrique sujets à la malnutrition. La stratégie est similaire à celle utilisée pour produire les variétés de riz Golden Rice en sur-exprimant un gène(« psy ») de banane codant pour une phytoene synthase, enzyme impliqué dans la voie de biosynthèse des PVA. Des essais aux champs ont démontré que le taux de production de PVA était important (55 µg/G de poids sec) et stable sur plusieurs générations. La technologie a été appliquée à la variété commerciale Cavendish , une des plus cultivées dans le monde. ■

Fig. : *Paul et al., 2017 – WT : lignée témoin ; FT324 : lignée exprimant le gène psy de banane*

Source : *https://www.qut.edu.au/news/news?news-id=119796*

Un avenir doré pour le riz modifié

Depuis 1990, plus de 1600 riz génétiquement modifiés (GM), à la fois plante modèle et cultivée, ont pu être recensés. Les deux tiers permettent une meilleure adaptation à l'environnement (sécheresse…) et aux ravageurs (insectes, champignons…).

Les dix variétés de riz GM autorisées aux USA et en Chine amènent une résistance à des herbicides ou une tolérance à des insectes mais ne sont actuellement pas cultivées, pas plus que l'emblématique « riz doré », qui permettrait de réduire les carences en vitamine A. ■

Etats-Unis

Un virus modifié pour lutter contre une maladie des agrumes

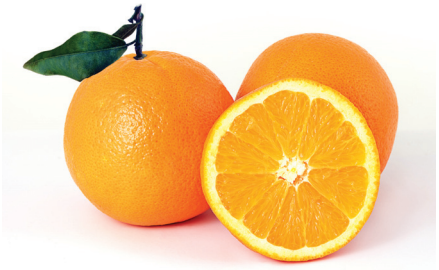
La maladie du dragon jaune a provoqué une réduction de moitié de la production d'oranges aux États-Unis au cours de la dernière décennie ; elle menace de détruire complètement cette filière qui pèse 3,3 milliards de dollars.

Une entreprise agricole basée en Floride, Southern Gardens Citrus, a demandé au Département de l'Agriculture des États-Unis l'autorisation d'utiliser une version modifiée du virus de la tristeza des agrumes capable de s'attaquer à la bactérie à l'origine de la maladie du dragon jaune. Des essais au champ du virus de la tristeza modifié sont en cours. Si l'USDA approuve l'utilisation du virus modifié, ce serait la première fois qu'une telle méthode aurait été utilisée à des fins commerciales.

Pour éviter de transformer les plantes, il serait possible d'utiliser une souche inoffensive du virus de la Tristeza à laquelle on intègre un gène d'épinard connu pour apporter une défense contre la maladie du dragon jaune. Des branches infectées par cette souche de virus seraient greffées sur la plante et le virus produirait le gène de défense.Des études d'impact sur l'environnement devront être menées.

Sur la piste de l'édition du génome des agrumes

De plus, indique cet article, le virus ne modifiant par le fruit, «Il pourrait également permettre de s'affranchir de la réglementation et de la stigmatisation du public associés aux plantes génétiquement modifiées».



Carolyn Slupsky, scientifique spécialisée en alimentation à l'Université de Californie à Davis, déclare : « Il y a une véritable course à l'heure actuelle pour essayer de sauver cet agrume. Cette maladie est présente partout, et c'est horrible ».

Les scientifiques cherchent également à éditer le génome des agrumes en utilisant la technique CRISPR-Cas9 afin de les rendre plus résistants à la maladie, ou à modifier les arbres afin de prévenir la transmission de maladies. « Il y a ici de grandes possibilités scientifiques », affirme Bryce Falk, phytopathologiste à UC Davis. « Nous devons tirer avantage des nouvelles technologies ». ■

Source : *Nature (16 mai 2017)*

Billet d'humeur

Sans scrupule.

Bien après celui des « sans culottes » lors de la Révolution, le « sans » est devenu un argument de marketing qu'utilisent de plus en plus les distributeurs et les professionnels de l'agroalimentaire, au delà des besoins identifiés de certains régimes comme le « sans sel » ou le « sans gluten ». Sans courage et sans imagination, mais avec fourberie, le « sans » rassure le client en lui faisant craindre ce qui est prétendu absent.

Le « sans » fait vendre. Sans le « sans », pas de salut commercial. Le « sans OGM », sans vergogne et sans loyauté, est un des plus courants et des plus emblématiques alors qu'aucun aucun effet positif sur la santé ou la qualité d'une volaille nourrie « sans OGM » ne peut être observé et pourtant il devient de plus en plus difficile d'y échapper lors nos achats. Les médias se chargent pour le moment d'entretenir les illusions des consommateurs, mais pour combien de temps ? Attention citoyens, un « sans » trompeur abreuve leurs slogans !

Georges Pelletier
Directeur honoraire de recherche INRA
et Président du Conseil Scientifique de l'AFBV

Biotechnologies Végétales infos
3ème trimestre 2017 N° 13

Blé et biotechnologies

De la domestication à la sélection du blé tendre

Issu d'un processus complexe de domestication de graminées sauvages débuté au Proche-Orient voici plus de 20 000 ans, le blé tendre est apparu vers 7500 av. J.C. lors d'une hybridation naturelle, survenue vraisemblablement dans les contreforts ouest du plateau iranien de Zagros, entre une culture de blé tétraploïde à génome AABB, et une graminée sauvage, Aegilops taushii au génome DD, suivie du doublement spontané des chromosomes de cet hybride.

Dispersé par divers flux humains vers le bassin méditerranéen, l'Europe centrale et l'Asie centrale et de l'Est en mélange avec d'autres blés, il devint une culture significative en Chine vers 2000 av. J.C., et à partir du Moyen-Âge en Europe. A partir du XVe siècle, les "grandes découvertes européennes" propagèrent cette céréale hors d'Eurasie et en firent en quelques siècles la première culture de la planète.

A partir du XIXe siècle l'Occident a pris le leadership de la modernisation de l'agriculture et de l'innovation en matière de blé. Si les premiers croisements raisonnés de blé ont été réalisés en Angleterre en 1790, deux étapes majeures de la création variétale contribuèrent à son succès mondial : en 1856, conceptualisation de la méthode de sélection généalogique en France par L. de Vilmorin et dans les années 1960, utilisation de gènes de nanisme. A partir des années 1985, l'utilisation de l'haplodiploïdisation a permis d'accélérer le cycle de sélection généalogique, et à partir des années 2000 le développement des marqueurs moléculaires a permis de rendre la sélection encore plus efficace.

Des perspectives prometteuses

Aujourd'hui, le blé peut sembler avoir moins bénéficié des biotechnologies que le maïs au cours des dernières décennies et est peu commercialisé sous forme hybride contrairement au maïs et au riz. Toutefois, ce ne sera qu'un épiphénomène dans sa longue histoire de coévolution avec l'Homme: les progrès technologiques actuels et son immense pool d'apparentés génétiques lui ouvrent d'inégalées perspectives de développement. ■

Alain Bonjean
Limagrain

2017 : de nouvelles découvertes sur le génome du blé tendre

Parce qu'il est cinq fois plus gros que le génome humain, composé de trois génomes différents cohabitant dans un même noyau et de plus de 85% de séquences répétées, le génome du blé tendre est l'un des plus complexes du règne végétal. Au point que, pendant plusieurs années, son séquençage complet a été considéré comme irréalisable par la communauté scientifique.

Pourtant, en 2005, une poignée de scientifiques, de sélectionneurs et de cultivateurs décide de relever le défi et fondent le consortium international pour le séquençage du génome du blé (IWGSC). Sa stratégie : coordonner les efforts internationaux pour séquencer le génome, non pas comme un tout mais chromosome par chromosome. L'unité INRA GDEC de Clermont-Ferrand jouera un rôle pionnier dans cette aventure et parviendra à produire en 2014, la première séquence de référence d'un chromosome de blé, le chromosome 3B. Cette réussite ouvre la voie au séquençage d'autres chromosomes, par exemple dans le cadre du Projet Investissements d'Avenir « BreedWheat ». Néanmoins, la tâche est ardue et les fonds insuffisants.

La force dans l'union

Mais la force de l'IWGSC, qui compte aujourd'hui plus de 1500 membres de 60 pays, réside aussi dans sa capacité à s'adapter aux évolutions technologiques. C'est ainsi qu'en 2015, le consortium décide de réviser sa stratégie et initie une collaboration avec la société NRGene qui a développé un algorithme révolutionnaire pour l'assemblage de séquences.

Commence alors un travail collaboratif qui mobilisera des dizaines de scientifiques et permettra l'intégration des multiples ressources génétiques et génomiques disponibles, et aboutira à l'annotation structurale et fonctionnelle [1] de ce qui deviendra la séquence de référence du génome du blé tendre. Elle est mise à disposition avant publication le 14 janvier 2017 sur le site de l'URGI.

Un grand pas pour la science, un petit pas pour l'agriculture

Si l'obtention de la séquence de référence représente une avancée majeure, elle ne constitue qu'une étape dans notre compréhension du fonctionnement du blé. Elle ouvre une infinité de perspectives parmi lesquelles le séquençage d'autres variétés de blé qui permettra de comprendre l'origine des différences entre variétés. Les premiers projets sont déjà en cours et l'année 2017 continuera à apporter de nouvelles découvertes sur le génome du blé tendre. ■

(1) Opération qui consiste à identifier et à localiser les séquences remarquables d'un génome : séquences codantes, motifs régulateurs, transposons, virus intégrés, séquences répétées etc.

Jacques Le Gouis
INRA Clermont Ferrand

Biotechnologies Végétales infos
3ème trimestre 2017 N° 13

Les biotechnologies au service du blé bio

La plupart des espèces cultivées sont sensibles à des maladies mais le blé est particulièrement sensible à plusieurs maladies crytogamiques telles que les: rouilles, l'oïdium, la fusariose, la septoriose, le piétin verse, ou à d'autres virus telles que les mosaïques. Cela explique qu'en agriculture conventionnelle (AC) il faut de l'ordre de trois interventions avec des fongicides pour protéger suffisamment la culture. Les cultures n'utilisant pas de fongicides sont donc un problème pour l'agriculture biologique (AB).

Comme l'agriculture conventionnelle, l'AB recherche des variétés génétiquement résistantes. C'est ainsi qu'une des variétés de blé les plus cultivées a été la variété Renan, et aujourd'hui ses descendants Hendrix et Skerzzo, variétés qui sont dites "multirésistantes" car résistantes à plusieurs maladies (piétin verse, oïdium, certaines rouilles) et à un nématode.

Ces variétés ont été obtenues suite à un long travail (plusieurs dizaines d'années) en utilisant des biotechnologies telles le sauvetage in vitro d'embryons et le doublement chromosomique permettant de transférer au blé des résistances d'une graminée sauvage. C'est ainsi que Renan a vu le jour et qui, bien qu'OGM de par son mode d'obtention, n'est pas soumis à réglementation (2001/18 CE) comme le sont les OGM obtenus par transgénèse. **L'agriculture biologique, bien qu'utilisant Renan, a donc ignoré son histoire et est très satisfaite d'utiliser cette variété pour ce type d'agriculture (économie de fongicides).**

Un blé résistant à l'oïdium

Aujourd'hui, ces variétés pourraient être obtenues beaucoup plus rapidement et de façon plus dirigée par les méthodes de transgénèse : ces méthodes permettent en effet de transférer un seul gène, ou de remplacer un gène par un autre, ou de créer de nouveaux allèles de résistance (mutagenèse dirigée). Ainsi par l'utilisation de la mutagénèse dirigée (avec une technique voisine de la technique CRISPR), une équipe de chercheurs chinois a pu obtenir un blé résistant à l'oïdium, avec une résistance de même nature que celle rencontrée chez l'orge et qui est reconnue durable. Son utilisation protégerait donc le blé de l'oïdium.

Les biotechnologies peuvent, en fait, être un moyen pour obtenir des variétés permettant de mieux atteindre les objectifs de l'agriculture biologique : avoir une production rentable en utilisant moins de pesticides (fongicides, insecticides...). Mais, l'AB refuse ce type de variétés alors qu'elle a accepté dans le passé des variétés obtenues par des moyens bien moins performants et provoquant des modifications du génome bien plus importantes.

La caution d'un expert de l'agriculture biologique

Cependant, Mr Niggli, directeur de l'Institut de Recherche sur l'Agriculture Biologique (Suisse), est très ouvert à l'application des nouvelles biotechnologies pour l'AB qui peuvent modifier le génome de façon analogue à l'amélioration conventionnelle. Pour lui ces techniques permettraient d'avoir des plantes adaptées à des conditions difficiles et particulièrement à l'AB, sans risques pour la santé et l'environnement.

Les nouvelles biotechnologies peuvent non seulement être un moyen de faire mieux de l'AB, mais aussi un moyen de son développement, comme tout autre mode d'agriculture à bas niveaux d'intrants. ■

André Gallais
Professeur honoraire de génétique
et d'amélioration des plantes

La lutte génétique contre les fusarioses progresse

Le blé et l'orge sont attaqués dans le monde entier par différentes souches du champignon Fusarium graminearum qui, outre les dégâts qu'il cause en terme de rendement, peut rendre la récolte impropre à la consommation du fait de la production de mycotoxines. On a mis en évidence chez le blé l'existence de plusieurs gènes de résistance, chacun ayant un effet partiel.

Deux équipes viennent d'identifier deux de ces gènes, grâce à des méthodes de génomique : le premier *Fhb1**, provenant d'un cultivar chinois, bloque le développement du champignon, probablement en perméabilisant ses parois, le second *TaACT*** renforce les parois des cellules de la plante, constituant ainsi un obstacle à la progression du champignon.

Ces résistances partielles peuvent être désormais facilement cumulées dans de nouvelles variétés grâce à la connaissance des séquences des gènes correspondants, dans le but d'obtenir une résistance complète et durable. ■

* Rawat N. et al. Nature Genetics 2016, 48, 1576–1580, doi:10.1038/ng.3706

** Kage U. et al. Plant Biotechnology Journal 2017, 15, 447–457, doi: 10.1111/pbi.12641

Biotechnologies Végétales infos
3ème trimestre 2017 N° 13

Des marqueurs génétiques pour la résistance au virus de la mosaïque striée du blé

Des chercheurs à Texas A&M AgriLife Research, aux États-Unis, ont mis au point des marqueurs génétiques pour la résistance au virus de la mosaïque striée du blé (WSMV). Ils ont identifié et cartographié en particulier le gène Wsm2 sur le chromosome et huit marqueurs flanquants étroitement liés. Cela pourrait être la clé de la lutte contre l'un des plus importants stress biotiques affectant le blé, selon les auteurs.

Le WSMV représente une menace sérieuse pour la production de blé dans les grandes plaines américaines, mais sa présence a été également constatée dans toutes les grandes régions productrices de blé dans le monde. En l'absence de traitement chimique efficace, le seul moyen de lutter contre la maladie passe par la résistance de l'hôte. ■

Source : *Texas A&M AgriLife (5 février 2017)*

Ils ont dit :

« Je refuse d'assimiler les nouvelles technologies génétiques aux OGM. »

Stéphane Travert,
Ministre de l'agriculture

« Je refuse d'assimiler les nouvelles technologies génétiques aux OGM. Il s'agit de biotechnologie. On doit laisser l'Inra, la recherche en général, continuer à avancer ».

Source : *Ouest France 5 Juillet 2017*

Santé

Des variétés de blé pour les personnes allergiques au gluten

Le gluten est un réseau naturel formé par les protéines de réserve (gliadines et gluténines chez le blé) lorsque la farine est mélangée avec de l'eau et pétrie. La consommation de gluten peut provoquer des allergies, la maladie cœliaque (MC) et la sensibilité non cœliaque au gluten (SNCG).

La MC est causée par de courtes chaines d'acides aminés (épitopes) issues de la digestion des protéines de réserve de blés (tendre, dur, petite et grande épeautre) mais aussi d'orge, de triticale ou de seigle. Chez le blé, on les retrouve principalement chez les gliadines. Ces épitopes entrainent des réactions auto-immunes graves (destruction des villosités intestinales) chez certaines personnes génétiquement prédisposées.

Les causes de la SNCG ne sont pas connues. Elle pourrait être due à la résistance à la digestion des protéines du gluten. Les médecins ne disposent pas de biomarqueurs pour en objectiver le diagnostic qui repose sur du déclaratif (patients qui disent se sentir mieux lorsqu'ils ne consomment plus de gluten). Cœliaques et allergiques doivent exclure de leur alimentation les céréales capables de former du gluten.

Les apports de CRISPR-CAS9

Des tentatives ont eu lieu afin d'obtenir des blés pour patients coeliaques : extinction de gènes de gliadines, quantification des épitopes dans l'espoir de détecter des lignées en présentant naturellement moins. Jusqu'à présent ces pistes n'ont pas abouti. La récente technique CRISPR-CAS9 offre l'espoir de pouvoir modifier les épitopes responsables de la maladie coeliaque et aboutir à des lignées acceptables par les malades. Sélectionner des blés pour les patients atteints de SNCG, sans en connaitre les causes, est difficile. Un programme FSOV en cours explore la variabilité génétique des caractéristiques du gluten pour les relier à sa digestibilité in vitro afin de créer des variétés plus digestes. ■

Dr Catherine Grand-Ravel
INRA Clermont-Ferrand

Brèves

Chine

Un pull en cachemire issu de chèvres génétiquement modifiées

Des scientifiques en Chine utilisent la technique d'édition de gènes CRISPR pour modifier un gène des chèvres cachemire afin qu'elles produisent plus de poils tant recherchés pour les pulls cachemire. CRISPR rend relativement facile l'édition de gènes dans pratiquement n'importe quelle espèce, mais les techniques initiales de génie génétique plus conventionnel ont plutôt ciblé des produits de base et non des produits de luxe.

Source : *The Atlantic (26 octobre 2016)*

Les plantes GM : meilleures pour l'environnement

Une récente étude a mesuré les impacts environnementaux liés aux changements d'utilisation d'herbicides et insecticides dans les plantes génétiquement modifiées (GM). Depuis 1996, l'emploi de pesticides dans ces cultures a permis d'économiser 618 700 tonnes de matière active (-8,1%).

Les gains obtenus l'ont été avec les plantes GM résistantes à des insectes, en particulier le cotonnier gros consommateur d'insecticides (-29% en volume), et le maïs (- 53 % en volume).

Source : *Graham Brookes & Peter Barfoot - PG Economics UK, juin 2017*

Biotechnologies Végétales infos
3ème trimestre 2017 N° 13

Une sélection assistée par marqueurs pour mieux utiliser l'azote chez le blé d'hiver

L'azote est un des intrants majeurs pour assurer le rendement des cultures. Cet engrais représente une charge pour l'agriculteur. Sa disponibilité pour la plante est parfois limitée et les applications en excès d'engrais azotés dans les champs posent des problèmes environnementaux. Une amélioration de l'efficacité de l'utilisation de l'azote par les plantes est donc un des objectifs majeurs du sélectionneur.

La Glutamine Synthase (GS) est une des principales enzymes impliquées dans l'assimilation de l'azote. En comparant le comportement de deux cultivars de blé en fonction de la quantité d'azote fournie, l'un efficace, l'autre peu efficace pour l'utilisation de l'azote, une équipe chinoise a constaté des accumulations différentes à un stade précis du développement de deux formes (on parle d'isozymes) de la GS, TaGS1 et TaGS2. En se basant sur ces résultats, ils proposent d'utiliser ces isozymes comme marqueurs de sélection de futurs cultivars plus efficaces pour l'utilisation de l'azote. ■

Source : *Zhang et al., Scientific Reports (2017) DOI:10.1038s41598*

Des variétés de blé résistantes aux maladies grâce aux biotechnologies

La construction de plantes plus résistantes aux maladies requiert une meilleure compréhension des mécanismes moléculaires et physiologiques contrôlant la résistance. Le séquençage des génomes d'un grand nombre de plantes cultivées, dont le blé et ses espèces apparentées, et l'accumulation de données transcriptomiques et protéomiques ont conduit à l'identification de nombreux gènes impliqués dans les mécanismes contrôlant la réactivité du blé à ses principales maladies, facilitant leur utilisation par les biotechnologies.

La caractérisation de ce type de gènes, associée à la maîtrise de la transgénèse, a rendu possible le développement de stratégies d'induction de résistances, via la surexpression de gènes de défense, ou par exemple la dérégulation d'une glucosyl-transférase capable de détoxiquer la mycotoxine DON, principal contaminant des céréales au champ. Des stratégies plus sophistiquées ont pu être mises en place comme la construction de novo de nouveaux gènes de résistance, avec par exemple, la fusion d'une chitinase et de l'anticorps CWP2, dirigé spécifiquement contre les champignons pathogènes du genre Fusarium.

La mutagénèse pour améliorer la durabilité des résistances

L'utilisation de la mutagénèse ciblée devrait non seulement accélérer la valorisation fonctionnelle de gènes candidats impliqués dans la résistance du blé aux maladies et améliorer notre compréhension des mécanismes de résistance/sensibilité, mais également ouvrir la voie à la construction de blés plus résistants via la modification ciblée de gènes de sensibilité et la création de nouveaux allèles. Ce nouveau champ de recherche devrait contribuer à l'amélioration de la durabilité des résistances. ■

Thierry Langin, Cyrille Saintenac, Pierre Barret
UMR INRA/UBP - Centre Auvergne Rhône-Alpes

Conseil scientifique de l'AFBV

Un pôle de compétences

Notre association a pour règle de ne diffuser que des informations sur les biotechnologies reposant sur des faits scientifiques. C'est pourquoi le Conseil scientifique (CS) de l'AFBV a un rôle important dans notre association.

Il a notamment pour responsabilités de concevoir le programme de notre colloque annuel sur les biotechnologies, rédiger des fiches techniques de notre site web, valider les textes de notre publication *Biotechnologies végétales infos* etc...

Sa composition :

- **Georges Pelletier :** DR honoraire et président du CS
- **Jacques Beauville :** Agriculteur
- **Mohammed Bendahmane :** Chercheur INRA
- **Francine Casse :** Professeur honoraire
- **Michel Dron :** Professeur honoraire
- **Pierre Devaux :** Chercheur Florimond-Desprez
- **Georges Freyssinet :** Consultant Biotechnologies
- **André Gallais :** Professeur honoraire
- **Laurent Guerreiro :** Chercheur RAGT
- **Lise Jouanin :** DR honoraire
- **Philippe Joudrier :** DR honoraire
- **Christian Lévêque :** Directeur Recherche (DR) honoraire
- **Gérard Pascal :** DR honoraire
- **Christophe Sallaud :** Chercheur Biogemma
- **Alexis Thomann :** Chercheur

Biotechnologies Végétales infos
3ème trimestre 2017 N° 13

Les nouvelles opportunités offertes par CRISPR-Cas9

La technique CRISPR-Cas9 est la plus récente, la plus précise et la moins coûteuse, des techniques qui permettent de réaliser une coupure de la chaîne d'ADN en un point précis du génome. Elle met à la disposition du sélectionneur les moyens de réaliser plusieurs modifications dirigées du génome.

Si l'on laisse la réparation de l'ADN se réaliser après la coupure, il peut en résulter une délétion de une ou quelques paires de base d'où l'obtention de mutants. Cette mutagénèse est appelée mutagénèse dirigée car le gène affecté est ciblé a priori (ce qui nécessite d'en connaître la séquence). Comme il n'y a pas introduction d'une séquence étrangère d'ADN, les mutants ainsi obtenus ne devraient pas être considéré comme des OGM obtenus par transgénèse qui, eux, sont soumis à la réglementation.

Si simultanément à la coupure en un point précis du génome on fournit à la cellule un fragment d'ADN, cela permet de diriger la modification de la séquence du gène et àl'extrême de remplacer un allèle par un autre, ce qui est une forme de mutagénèse au sens large.

Ce remplacement d'un allèle n'introduit aucune séquence exogène dans le génome et ne conduit donc pas à une plante transgénique.

Un gain de temps pour les cultures pérennes

L'utilisation de cette technique pour la substitution d'allèles permet un gain de précision et un gain de temps important dans le transfert. En effet par voie sexuée, par rétrocroisement, on sait que l'on transfère avec l'allèle de nombreux autres gènes, même en utilisant les techniques de marquage moléculaire. Par contre par exemple, par la méthode de substitution d'allèles (CRISPR-Cas9), il serait possible par exemple d'introduire chez la vigne des allèles connues pour être impliqués dans la résistance au mildiou sans modifier en quoi que ce soit les caractéristiques du cépage.

Quant au gain de temps, l'exemple du pommier pour introduire un gène de résistance à la tavelure peut être pris : par rétrocroisement, pour réaliser de façon imparfaite le transfert, il faut une trentaine d'années. Avec la méthode de transfert dirigé (CRISPR Cas9) il peut être réalisé en 5 ans. Ce nouvel outil peut donc permettre d'aller plus vite que l'évolution du parasite. ■

André Gallais

La génétique appelée au secours de la banane

Une étude menée par des scientifiques à l'Université de Wageningen (Pays-Bas), a démêlé l'ADN du champignon responsable de la Sigatoka noire des bananiers qui fait partie d'un complexe de trois maladies et constitue la plus grande menace pesant sur la production de bananes dans le monde. La banane Cavendish, la variété la plus cultivée, est particulièrement vulnérable à ce champignon.

Gert Kema, professeur de Phytopathologie tropicale à l'Université de Wageningen explique : *« La Sigatoka noire a un énorme impact social, écologique et économique dans le monde. Grâce au séquençage de l'ADN du champignon Pseudocercospora, nous comprenons mieux à présent l'interaction entre le champignon et le bananier ».*

Ces connaissances offrent des possibilités de mettre au point un bananier qui est résistant à la Sigatoka noire. Actuellement, la lutte contre la Sigatoka noire nécessite plus de 50 applications de fongicides par an, ce qui représente un coût prohibitif pour les petites exploitations agricoles. Selon le phytopathologiste moléculaire d'UC Davis Ioannis Stergiopoulos, la culture mondiale de la banane pourrait être anéantie en 5 à 10 ans seulement par ces maladies fongiques. ■

Source : *EurekAlert.org (11 août 2016)*

Pommier : une piste pour réduire l'utilisation de pesticides

La pomme est un des fruits les plus consommés au monde. Afin de pouvoir sélectionner plus efficacement les nouvelles variétés de pommier il est indispensable d'avoir accès à un génome de haute qualité. Cela permet d'effectuer des études génétiques et épigénétiques indispensables à l'identification de gènes clés impliqués, par exemple, dans la résistance aux maladies.

Un consortium international, mené par l'INRA et réunissant des chercheurs en France, en Italie, en Allemagne, aux Pays Bas et en Afrique du Sud, a obtenu un génome du pommier de très haute qualité. Ce génome permet aux chercheurs d'avoir une vision sans précédent sur la composition et l'évolution du génome d'un arbre et ouvre de nouvelles perspectives pour la création de nouvelles variétés plus résistantes aux maladies et donc plus économes en phytos. ■

Source : *Nature Genetics le 5 juin 2017*

Découvrez notre nouveau site BIOTECHNOLOGIES VEGETALES

www.biotechnologies-vegetales.com

› Nouvelle présentation
› Nouvelles rubriques
› Biotechnologies végétales *infos* en ligne

Biotechnologies Végétales infos
3ème trimestre 2017 N° 13

Interview

SYLVIE BRUNEL, *professeur de géographie à la Sorbonne*

“On a besoin des plantes génétiquement modifiées”

Sylvie Brunel vient de publier un nouvel ouvrage(1) qui bouscule les idées reçues sur l'agriculture.

Qu'est ce qui vous a amené à écrire votre nouveau livre ?

Pendant près de vingt ans, j'ai travaillé dans des ONG qui étaient confrontées à de graves crises alimentaires dans les pays du sud. Et puis je suis revenue en France. J'y ai découvert une situation qui m'a sidérée : ceux qui nous nourrissent y sont maltraités. Pas un jour où le travail agricole n'est cloué au pilori. J'ai été blessée par l'amnésie des Français à l'égard de la qualité de leur alimentation et l'ingratitude dont ils faisaient preuve à l'égard de ceux qui les nourrissaient.

Vous défendrez l'agriculture productive : n'est ce pas politiquement incorrect ?

Quand vous avez travaillé dans les pays du Sud comme moi et rencontré des agriculteurs qui souffrent de la faim avec des rendements de misère et des ravageurs qui leur ôtent le pain de la bouche …vous ne pouvez que militer pour une agriculture productive. Si nos agriculteurs n'avaient pas su développer une agriculture productive, il aurait fallu utiliser des millions d'ha supplémentaires pour faire la même production. En France, un agriculteur nourrit aujourd'hui soixante personnes à l'hectare contre vingt il y a un demi-siècle.

Pourquoi les africains semblent avoir tant de difficultés pour améliorer les rendements de leurs cultures ?

Les agriculteurs africains manquent cruellement de machines, d'engrais, de produits phytosanitaires et de semences de qualité. Mais les gouvernements africains ont tendance à se désintéresser de leurs agriculteurs. Ils sont plus motivés politiquement par le développement des villes que par le développement des campagnes. Quand ils s'y intéressent c'est au niveau des grands projets, des grandes exploitations, des fermes d'Etat. Mais ils s'intéressent peu au développement de la petite agriculture familiale paysanne qui est pourtant la norme dans les campagnes africaines.

Que pensez vous des plantes génétiquement modifiées ?

Bannir les produits phytosanitaires et bannir en même temps les moyens génétiques de produire des plantes naturellement résistantes à leurs prédateurs nous enferme dans une impasse. Si on n'utilise plus les produits de traitements et qu'on refuse les progrès de la génétique, qu'est ce qui nous reste ?

On a besoin des plantes génétiquement modifiées pour répondre au double défi de l'augmentation de la population mondiale et du réchauffement climatique.

Si ces plantes ne peuvent pas répondre à tous les problèmes elles sont nécessaires dans la palette des moyens à mettre en œuvre. On demande à l'innovation agricole d'être parfaite. Et dès qu'elle révèle une limite, comme toute innovation, elle est condamnée. Cela repose sur une profonde méconnaissance de la nature, une idéalisation du passé.

Que pensez vous des NBT (2) ?

Les coûts de recherche développement pour mettre en marché un OGM sont devenus tellement élevés que seuls les plus grands semenciers peuvent s'engager dans une procédure d'homologation. Seuls ces semenciers ont les moyens de résister à une opposition sociétale sur les OGM. C'est ainsi que l'on accélère la concentration de ce secteur.

Par contre les NBT qui concerne l'edition de gènes sont beaucoup plus accessibles aux petites entreprises de sélection car elles sont beaucoup plus économiques ; mais que va t-il se passer maintenant que les ONG s'en emparent pour en faire leur nouveau terrain de lutte ?

L'interdiction de la culture des plantes génétiquement modifiées n'est t-elle pas un handicap pour notre agriculture et notre recherche ?

De nombreux laboratoires de recherche sur les semences ont quitté l'Europe qui est en train de perdre du terrain dans la compétition alimentaire mondiale. Et comme me l'a dit un maïsiculteur : « Tout se passe comme si nous étions volontairement imposés de continuer à travailler avec des machines à écrire alors que le monde entier passait à l'ordinateur ».

Quels conseils donner à nos nouveaux responsables politiques ?

La France est encore un des pays des plus en pointe en matière de biotechnologies végétales. Il faudrait que nos dirigeants en prennent conscience et ne cèdent pas aux sirènes de ceux qui, comme certains écologistes inconscients, condamnent par principe ces technologies d'amélioration des plantes et rêvent d'un retour à une agriculture du passé.

Propos recueillis par **Gil KRESSMANN**

(1) Plaidoyer pour nos agriculteurs-128 pages-Edition Buchet Chastel
(2) NBT (New breeding technologies) : Nouvelles biotechnologies pour l'amélioration des plantes

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