1er trimestre 2019

Biotechnologies Végétales infos

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

N° 17

SOMMAIRE

Actualités

P.2 L'UEAA agit pour sauvegarder l'édition génomique

Vingt sept pays soutiennent l'édition de gènes à l'OMC

P.3 La Ministre de l'Agriculture ouvre la porte à la modification génétique

L'affaire Séralini : fin du débat scientifique

Dossier

P.4 ***Les biotechnologies au service des oléagineux***

Une grande diversité de sources d'huile végétale

P.5 La culture in vitro de microspores utilisée à grande échelle pour sélectionner les variétés de colza

Quel potentiel des micro algues dans la production de lipides d'intérêt nutritionnel ?

Castration génétique et variétés hybrides

P.6 Désherbage des oléagineux : un sujet complexe souvent caricaturé

Palmier à huile : la recherche au service de la durabilité

Des approches génomiques pour des variétés plus résistantes au phoma

Focus

P.7 La technologie utilisant CRISPR-Cas12a en meilleure position

Des pommes de terre sans brunissement en utilisant l'édition de gènes

Une « *super-tomate* » créée en 3 ans grâce à l'édition de gènes

P.8 Interview Jean-Yves Le Déaut

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

Edition génomique : comment sortir de l'impasse ?

Depuis le 25 juillet, dans toute l'Union Européenne, les scientifiques et les semenciers ont largement exprimé leur consternation, voire leur colère, face à une décision de la CJUE qui ne laisse qu'une très étroite et très contraignante marge de manœuvre pour pouvoir utiliser les technologies d'édition génomique.

Or, comme l'AFBV l'a écrit à deux reprises au Président de la Commission européenne et aux Commissaires concernés, conjointement avec l'association allemande WGG, il importerait que des mesures simples et immédiates soient prises pour sauvegarder les capacités de la recherche semencière européenne à utiliser les technologies d'édition génomique. L'AFBV a suggéré la création d'une autorité européenne adaptée, afin de valider au cas par cas l'exemption de trois types de plantes issues de ces technologies :

1) les plantes débarrassées par croisement des éléments créateurs de l'édition génomique (ségrégants négatifs);
2) les plantes qui ont subi une délétion, quelle que soit sa taille, ou une substitution d'une paire de bases ou une insertion inferieure à 20 paires de bases ;
3) les plantes ayant incorporé un gène natif provenant d'une espèce sexuellement compatible (cisgenèse).

Mais l'AFBV insiste également pour que, dans un second temps, il soit envisagé une harmonisation des directives et règlements européens qui, de plus, devrait être en cohérence avec les pratiques du commerce mondial. Le Commissaire Européen en charge de la recherche nous a répondu qu'il fallait voir avec les gouvernements des Etats membres qui sont « responsables de l'application de la législation européenne sur les OGM sur leur territoire ».

Quant à la révision de la directive elle est renvoyée à l'après élection européenne en mai prochain. Autrement dit, c'est aux pouvoirs politiques des Etats à prendre leurs responsabilités. Il y a là un autre motif d'inquiétude, car cela conduit à une nationalisation des politiques technologiques. Une telle évolution présenterait le danger de créer des distorsions de concurrence, internes et externes à l'Union, si les pays n'adoptent pas les mêmes attitudes à l'égard des technologies d'édition génomique.

Alain Deshayes
Président de l'AFBV

Biotechnologies Végétales infos
1er trimestre 2019 N° 17

L'UEAA agit pour sauvegarder l'édition génomique

Réunie les 23 et 24 novembre à Bologne, l'Union des Académies d'agriculture européennes (UEAA) constate que l'avis émis par la Cour de Justice de l'Union Européenne (CJUE) sur le statut de la mutagénèse met en péril l'utilisation, dans l'Union européenne, des nouvelles techniques de sélection des plantes (NPBT), dont l'édition génomique, en soumettant celles-ci à la même réglementation que celle des OGM issus de la transgénèse.

Pour l'UEAA c'est la capacité des filières semencières européennes d'innover et leur rang dans le monde qui est mise ainsi en question. C'est aussi le risque accentué de mettre l'UE sous la dépendance des grands pays agricoles qui investissent massivement dans ces nouvelles technologies très prometteuses.

Pour sauver ces nouvelles technologies l'UEAA demande à la Commission européenne une clarification urgente de la législation OGM pour confirmer que les plantes issues des techniques classiques de mutagénèse induite en sont exclues, et qu'au regard des informations scientifiques cumulées les plantes ayant subi de petites modifications de l'ADN obtenues grâce à l'édition génomique doivent aussi être exclues de la directive OGM. À long terme, l'UEAA demande une nouvelle directive sur les OGM permettant d'utiliser les progrès techniques en matière de génie génétique et d'évaluer les nouvelles variétés de plantes sur une base scientifique.

Soutien de la proposition du WGG et de l'AFBV

Pour le court terme l'UEAA soutient la proposition du WGG (Wissenschaftlerkreis Grüne Gentechnik) et de l'AFBV (Association Française des biotechnologies végétales) de mettre en place une procédure de validation permettant à un développeur de soumettre à une autorité compétente européenne des informations basiques sur la plante issue de l'édition génomique pour définir son statut réglementaire : exclue ou soumise à la législation OGM. ■

Vingt sept pays soutiennent l'édition de gènes à l'OMC

L'Argentine, l'Australie, le Brésil, le Canada, la Colombie, la République Dominicaine, les États-Unis, le Guatemala, le Honduras, la Jordanie, le Paraguay, l'Uruguay, le Vietnam et le Secrétariat de la Communauté Économique des États de l'Afrique de l'Ouest, soit vingt sept pays au total, ont appuyé une déclaration internationale faite à l'OMC concernant les applications agricoles des biotechnologies de précision.

Cette déclaration appelle à appliquer *« des approches appropriées, fondées sur des données scientifiques et la connaissance des risques »* pour réglementer l'édition du génome et autres nouvelles techniques d'amélioration des plantes pour les produits agricoles. ■

Brèves

Le maïs GM contribue à l'augmentation des rendements au Paraguay

La combinaison d'approches agronomiques (dont la culture sans labour) et l'utilisation de variétés de maïs génétiquement modifié (GM) a permis de doubler la production de maïs au Paraguay depuis deux décades. Un nouveau rapport de l'Institut de Biotechnologie Agricole (INBio) indique que le Paraguay est le sixième pays producteur de cultures GM mondial, avec autour de 3 millions d'hectares de soja, maïs et cotonnier. En 1999, les rendements étaient de 22,9 quintaux/ha. Ces niveaux ont crû de 100% en 20 ans, pour atteindre 55 q/ha la dernière campagne.

Source : *Transgenic maize doubles production in Paraguay*

L'université Mohammed V lance un master en biotechnologies végétales

L'université Mohammed V de Rabat a lancé le master MaBioVa en biotechnologies végétales appliquées à l'amélioration des plantes, au titre de l'année universitaire 2018-2019. Il s'agit d'une formation internationale portant sur l'amélioration des plantes et la sélection variétale (Breeding) élaborée par un consortium, composé de 13 universités et d'instituts de recherche européens et marocains.

Le Royaume-Uni sème sa première plante modifiée par édition de gènes

Les scientifiques de Rothamsted Research ont semé l'un des premiers essais en plein champ d'une plante modifiée par édition de gènes dans le but de développer des plantes plus nutritives qui peuvent être cultivées durablement. L'essai, le premier à être réalisé sur des plantes au génome édité (GE) au Royaume-Uni, sera réalisé sur deux lignées de cameline, une plante annuelle de la famille des moutardes dont les graines sont utilisées pour la production d'huile. Ce travaux sont réalisés en collaboration avec le centre de recherches INRA de Versailles

Source : *https://allianceforscience.cornell.edu/blog/2018/05/uk-plants-first-gene-edited-crop/*

Qui sommes-nous ?

L'AFBV est une ONG créée en juin 2009 réunissant des personnes de divers horizons dont le but est d'informer sur la réalité des biotechnologies végétales en s'appuyant sur des travaux reconnus par la communauté scientifique et sur l'expertise de ses membres. Elle est présidée par **Alain Deshayes**, ancien directeur de recherche à l'INRA et s'appuie sur un Comité scientifique présidé par **Georges Pelletier**, Directeur de Recherche émérite INRA, membre de l'Académie des Sciences et membre de l'Académie d'Agriculture.

Elle est parrainée par des personnalités françaises comme :

- **Axel Kahn** (généticien),
- **Jean-Marie Lehn** (prix Nobel de chimie),
- **Maurice Tubiana** (Président honoraire de l'Académie de Médecine, décédé),
- **François Gros** (ancien Directeur Institut Pasteur),
- **Claude Allègre** (ancien Ministre Education et Recherche, Académie des Sciences),
- **Dominique Lecourt** (professeur philosophie des Sciences Université D.Diderot),
- **Pierre Joliot** (biologiste, professeur honoraire Collège de France),
- **Etienne-Emile Baulieu** (professeur honoraire au Collège de France),
- **Philippe Kourilsky** (Biologiste, Directeur Général honoraire de l'institut Pasteur).

Biotechnologies Végétales infos
1er trimestre 2019 N° 17

Pays-Bas

La Ministre de l'Agriculture ouvre la porte à la modification génétique

La Ministre de l'Agriculture néerlandaise, Carol Schouten, veut utiliser la modification génétique pour rendre plus durable l'agriculture des Pays-Bas.

Elle travaille actuellement avec des entreprises, des agriculteurs et l'Université de Wageningen pour examiner les possibilités d'expérimentation de la méthode d'édition de gènes CRISPR-Cas. Selon Rene Smulders, sélectionneur à Wageningen, scientifiquement il n'y a pas de raison de ne pas autoriser cette technique. *« C'est un outil de plus dans notre boîte »*, déclare-t-il. *« Maintenant c'est comme si nous n'avions le droit qu'à la machine à écrire, alors que l'ordinateur a déjà été inventé ! »*. ■

Source : *NLTimes, 31 octobre 2018*
https://nltimes.nl/2018/10/31/agriculture-minister-opens-door-genetic-modification-report

L'affaire Séralini : fin du débat scientifique

Les conclusions des travaux réalisés par GE Seralini sur le maïs Bt, un maïs génétiquement modifié résistant à la pyrale, sont une nouvelle fois démenties par une nouvelle étude de l'INRA réalisée en collaboration avec l'iNSERM.

Dans le cadre du projet GMO 90 + l 'INRA vient de publier son étude destinée à vérifier les conclusions des travaux de GE Séralini sur l'effet sur les rats d'une alimentation avec un régime contenant soit du maïs OGM (MON 810 ou NK603) soit du maïs non OGM. **Ces travaux ne mettent en évidence aucun effet délétère lié à la consommation de ces deux maïs OGM chez le rat même pour de longues périodes d'exposition.**

Cette troisième étude vient compléter les conclusions des études G-TwIST et GRACE publiées en Mai 2018 et réalisées dans le cadre d'une contre expertise des travaux de GE Séralini commandée par l'Union européenne. (Voir Biotechnologies végétales infos N°16).

Ainsi il a fallu dépenser 15 millions d'euros pour démontrer que cette campagne de communication sur les travaux de GE Seralini aboutissant à accuser les *« OGM »* d'entraîner le cancer était en fait une campagne de désinformation mondiale. Jean-Yves Le Déaut (CF notre interview page 8) marque son étonnement *« qu'une enquête ne soit pas diligentée pour éventualité de manquement à l'intégrité scientifique »*.

Maintenant qu'il n'y a plus de débat scientifique sur les risques mais au contraire des confirmations des bénéfices avérés par la culture du maïs Bt, notamment sur le plan écologique, l'interdiction de cette culture dans notre pays n'a plus lieu d'être. ■

Gil Kressmann

Ils ont dit :

« La CGB continuera à défendre les techniques d'édition de gènes »

Eric Lainé
Président de la CGB (Confédération Générale des Betteraviers)

« Je ne comprends pas que la Cour de justice de l'Union européenne puisse assimiler les nouvelles techniques de sélection variétale à des OGM. Il devient urgent de construire un cadre réglementaire adapté à ces techniques. C'est une question trop importante pour l'avenir de notre production ».

Source : *Le Betteravier Décembre 2018*

« L'avis de la CJUE sur les NBT marque un sérieux coup d'arrêt au progrès génétique en Europe »

Philippe Lerebour
Directeur d'Unisigma

« Nous, nous croisons des génomes, explique Philippe Lerebour. Cela revient à mélanger des milliers de chapitres d'encyclopédies, puis à y chercher le résultat que nous voulons. Avec ces « new breeding technique » (NBT), nous pourrions ne prendre qu'un mot d'une encyclopédie à l'autre. En termes de résultat cela revient au même, mais c'est beaucoup moins long. » Le directeur d'Unisigma craint que cet avis européen ne marque « un sérieux coup d'arrêt au progrès génétique en Europe » et ne place « les agriculteurs en difficulté » face à d'autres pays. « Cela réduit les outils disponibles pour agir en faveur de la réduction des intrants », conclut-il.

Source : *Ateliers du GNIS/ Campagne et environnement.*

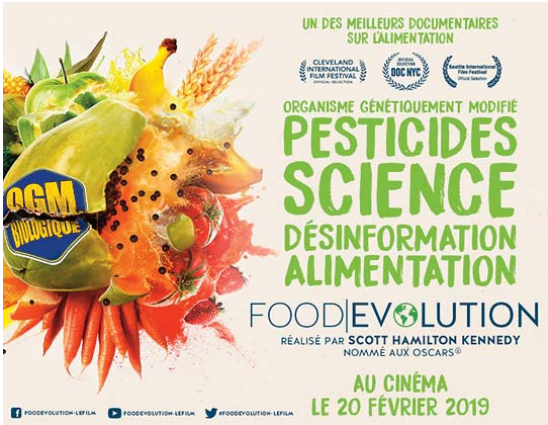
Brève

FOOD EVOLUTION : un film pour mieux comprendre les débats sur les OGM

Depuis vingt ans, les OGM (organismes génétiquement modifiés) destinés à l'alimentation sont très controversés. Au milieu d'un débat public marqué par la passion, la suspicion et la confusion, le réalisateur américain Scott Hamilton Kennedy explore cette contestation sociétale et la diabolisation des OGM dans nos assiettes.

Raconté par l'un des grands scientifiques de notre époque, Neil deGrasse Tyson, ce film nous amène au cœur de la polémique des fruits génétiquement modifiés, des défis alimentaires du continent africain et des cultures tolérantes au glyphosate.

Sollicitant des militants anti-OGM, des experts, des agriculteurs et des scientifiques du monde entier, FOOD EVOLUTION nous démontre avec quelle facilité, la désinformation et la peur peuvent étouffer la vérité. Genre : documentaire / Durée : 92 minutes. Sortie prévue en salles le 20 Février 2019



Biotechnologies Végétales infos
1er trimestre 2019 N° 17

Les biotechnologies au service des oléagineux

Sont regroupés sous le terme oléagineux les espèces végétales produisant des lipides (huiles) dont principalement le soja, le palmier à huile, le colza, le tournesol, l'arachide, l'olivier, mais également le cotonnier, le lin, le noyer, le ricin, le chanvre, la cameline, le chia, ... ainsi que des micro-algues..., sachant qu'après extraction de l'huile à partir de graines, le coproduit (tourteau) très riche en protéines est souvent valorisé en alimentation animale, voire humaine. Ces huiles sont avant tout utilisées en alimentation mais certaines font l'objet de valorisations non alimentaires (biocarburants, lipochimie).

La sélection repose avant tout sur une exploitation de la diversité génétique présente naturellement dans les espèces. Dans certains cas, le sélectionneur cherche à augmenter cette diversité avec l'aide des biotechnologies : croisement avec des espèces apparentées, mutagénèse induite ou transgénèse, l'utilisation de celle-ci restant cependant limitée en particulier par la difficulté de régénération de plantes à partir de cultures in vitro.

Chez le colza, la régénération de plantes à partir de jeunes grains de pollen (les microspores), le transfert depuis un radis d'une castration génétique permettant la production d'hybrides, l'adaptation de la composition des huiles aux recommandations des nutritionnistes, la sélection de variétés résistantes à des champignons pathogènes via une meilleure connaissance du génome du champignon, l'amélioration de la maîtrise des 'mauvaises herbes' sont des exemples d'application de ces biotechnologies. Elles permettent aussi d'envisager le développement des filières de production de palmier à huile plus durables en Afrique, en Asie ou en Amérique latine ou la production de lipides d'intérêt nutritionnel à partir de micro-algues.

Michel Renard, *Directeur de Recherche honoraire INRA, UMR IGEPP Rennes*

Une grande diversité de sources d'huile végétale

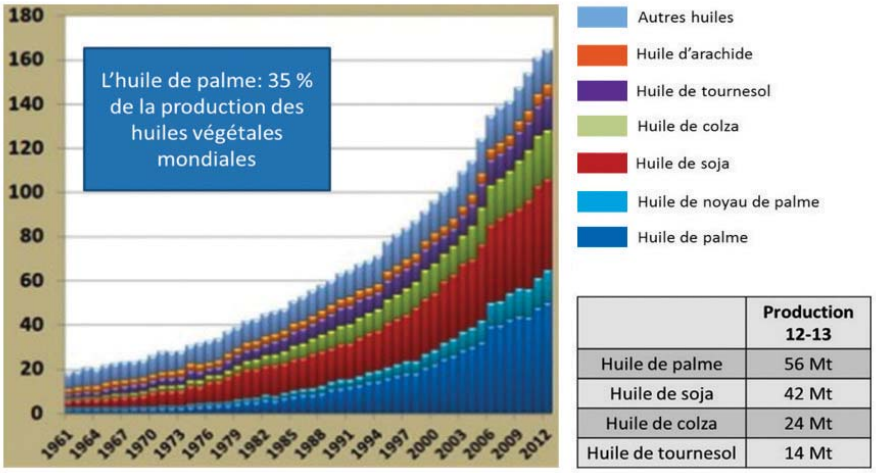
Les huiles végétales ont comme sources des graines et des fruits d'une grande diversité d'espèces dont principalement le soja, le palmier à huile, le colza, le tournesol, l'arachide et l'olivier. La production d'huiles a fortement augmenté ces dernières décennies et devrait continuer à augmenter face à une consommation mondiale croissante. En France, sont consommées en priorité des huiles de colza, de tournesol et de palme en plus de l'huile d'olive et de soja.

Les apports nutritionnels conseillés convergent vers l'intérêt d'une consommation non pas 'moins gras' mais 'mieux gras'. En France, les recommandations portent sur un rééquilibrage en faveur des oméga 3 (acide alpha-linolénique, EPA et DHA) pour un meilleur état cardiovasculaire et développement du système nerveux ainsi que sur des huiles riches en acide oléique plus stables à hautes températures (cuisson, friture) et présentant un point de fusion plus élevé.

Les programmes de recherche et de sélection ont débouché sur la conversion totale de la production française de colza en variétés 'zéro-érucique' riches en oméga 3 et sur un développement spectaculaire du tournesol oléique (60% des surfaces en France). Des colzas ainsi que des sojas riches en acide oléique ont également été créés. Des palmiers à huile à faible activité lipase, garantissant une plus grande stabilité de l'huile après récolte, ont été sélectionnés, ce qui devrait permettre de maîtriser la production lors du raffinage de certains esters d'acides gras jugés indésirables.

La transgénèse a été utilisée depuis longtemps pour valider la fonction de gènes impliqués dans la biosynthèse des lipides. Ces travaux pourraient déboucher sur la production d'oléagineux (cameline, colza, ...) riches en EPA et DHA, acides gras omega-3 à longues chaînes, repondent notamment à la demande de la pisciculture en developpemment dans le monde. ■

Michel Renard



	Production 12-13
Huile de palme	56 Mt
Huile de soja	42 Mt
Huile de colza	24 Mt
Huile de tournesol	14 Mt

Source : *FAO -* ***Figure :*** *Evolution de la production mondiale d'huiles végétales de 1961 à 2012 (Mt : million de tonnes) FAO*

Biotechnologies Végétales infos
1er trimestre 2019 N° 17

La culture in vitro de microspores utilisée à grande échelle pour sélectionner les variétés de colza

Chez le colza, l'haplodiploïdisation se réalise en régénérant des plantes haploïdes à partir de la culture in vitro de microspores (cellules mères du pollen) puis en doublant leur stock chromosomique ; cela conduit à des plantes parfaitement homozygotes. C'est une technique particulièrement bien adaptée à l'obtention et la sélection de lignées pures.

A partir de croisements, cette technique permet au sélectionneur de produire chaque année plusieurs milliers d'haploïdes doublés et apporte un gain de temps considérable pour le dépôt à l'inscription d'une nouvelle variété, lignée ou hybride. Grâce à cette technique, la durée de la séléction et de la création d'une nouvelle lignée peut être réduite à 2 ou 3 ans alors que par la méthode traditionnelle de sélection généalogique, elle est de 7 à 8 années. La sélection en pépinière est aussi beaucoup plus précise du fait de l'homogénéité des lignées produites. De plus, elle est particulièrement pertinente en association avec les techniques de marquage moléculaire pour repérer les lignées disposant d'un gène d'intérêt spécifique, comme la résistance à une maladie ou la restauration de la fertilité dans le cadre d'un programme de sélection de variétés hybrides.

Cette technologie s'est révélée très efficace. A titre d'exemple, la variété lignée 'Goéland' inscrite en 1992 est issue d'un programme initié en 1986. Cette variété a occupé jusqu'à 30% du marché français. L'haplodiploïdisation est actuellement utilisée à grande échelle par l'ensemble des sélectionneurs de colza dans le Monde pour sélectionner les parents lignées des variétés hybrides. ■

Thierry Momont et Marie-Aude Vanhersecke
KWS Momont SAS

Quel potentiel des micro algues dans la production de lipides d'intérêt nutritionnel ?

Le terme de micro algue regroupe un ensemble d'organismes photosynthétiques unicellulaires et aquatiques qui jouent un rôle majeur dans le climat mondial et le recyclage du CO_2 en matière organique. On sait produire un grand nombre d'espèces de manière industrielle, en lagunages naturels ou en tubes. En terme de biomasse et sans préjuger des coûts, les auteurs s'accordent sur un chiffre raisonnable de 70 T/ha/an. Comme les plantes supérieures oléagineuses, certaines micro algues ont la capacité d'accumuler une quantité importante de lipides.

Par rapport aux plantes, les micro algues présentent a priori de nombreux avantages, qui contribuent entre autres à leur récente « popularité » : un rendement photosynthétique élevé, peu de conflit avec l'approvisionnement alimentaire, la gestion de l'eau non conflictuelle (si cultures en eau de mer), des rendements à l'hectare importants, une plasticité métabolique conséquente, la maîtrise du cycle de l'azote et du phosphore, le couplage possible à une source de CO_2 industrielle, la possibilité d'une récolte continue et la production de nombreux sous-produits valorisables.

La comparaison en rendement et en coûts des productions industrielles reste difficile à faire, si l'on compare des systèmes de production phototrophes ou hétérotrophes dans lesquels la source d'énergie est solaire ou une source du type "sucre". *Chlorella protothecoides* pourrait fournir jusqu'à 52% d'huile riche en acides gras polyinsaturés à longue chaîne : gamma-linolénique (GLA), arachidonique (AA), eicosapentaénoïque (EPA) et docosahéxaénoïque (DHA) recherchés pour leur qualité nutritionnelle. En phototrophie, *Dunalliela tertiolecta* produit jusqu'à 71,4% de lipides totaux.

Après une période majoritairement axée sur les biocarburants, c'est vers la nutrition humaine que se dirigent maintenant ces travaux où l'on voit des sociétés importantes proposer des produits riches en DHA et EPA. ■

Jean-Paul Cadoret
Greensea (www.greensea.fr)

Castration génétique et variétés hybrides

Le développement des variétés hybrides de maïs a contribué à une augmentation significative de la productivité de ces cultures dès les années 1950 et l'on a tenté de suivre ces exemples chez le tournesol et le colza. La production de variétés hybrides nécessite de disposer d'un pollinisateur et d'un autre parent uniquement femelle sur lequel sont récoltées les semences hybrides résultant du croisement. Le colza et le tournesol étant des espèces hermaphrodites, il fallait pouvoir supprimer leur fonction mâle, c'est-à-dire obtenir des plantes « mâle-stériles ». On y est parvenu en mettant en œuvre des techniques de cytogénétique, d'hybridation somatique ou de transgénèse.

Chez le tournesol, une stérilité mâle a été obtenue à l'INRA en 1965 en remplaçant son cytoplasme par celui de l'espèce voisine *Helianthus petiolaris*, par hybridation entre ces deux espèces. Le support génétique de la stérilité est localisé au niveau de l'ADN des mitochondries. Le parent femelle est multiplié en le pollinisant par la même lignée sous sa forme mâle-fertile, dite mainteneuse de stérilité. Cette stérilité a permis le développement des variétés hybrides de tournesol dans le monde entier dès les années 1980.

Chez le colza, une stérilité mâle a été développée par l'INRA en associant par fusion de protoplastes des chloroplastes de colza à des mitochondries "hybrides" (recombinées) entre celles d'un colza et celles d'un radis (qui apportaient la stérilité). Elle a conduit à la production de variétés hybrides dès 1994 et est depuis largement utilisée en Amérique du nord et en Europe. Une autre stratégie a consisté à produire des plantes mâle-stériles par transfert d'un gène codant pour une enzyme provoquant dans les anthères l'avortement de l'assise nourricière du pollen. Les plantes mâle-stériles sont multipliées en disjonction stériles-fertiles, par croisement avec la même lignée isogénique sans le transgène de stérilité et sélection des stériles à chaque génération pour leur résistance à un herbicide contrôlée par un gène lié au transgène entraînant la stérilité. Ce système développé par Bayer Crop-Science est largement utilisé au Canada. ■

Georges Pelletier
INRA UMR IJPB Versailles

Biotechnologies Végétales infos
1er trimestre 2019 N° 17

Désherbage des oléagineux : un sujet complexe souvent caricaturé

Les plantes adventices sont concurrentes de la plante cultivée pour les ressources et induisent une baisse de rendement. Pour les contrôler, l'agriculteur dispose de nombreux leviers : rotations, alternance de cultures d'hiver et d'été, stratégies d'inter-cultures, dates et densité de semis, modalités de fertilisation, travail du sol, binage et ... solutions chimiques.

Ces différents leviers sont combinés, pour optimiser le niveau de production et réduire les coûts et les temps de travaux. Néanmoins, les stratégies les plus efficaces, ont souvent besoin de conserver l'outil chimique, raisonné pour éviter l'émergence d'adventices résistantes à la matière active utilisée.

L'enjeu est de pouvoir désherber après la levée des adventices au lieu d'être dans une stratégie de traitements préventifs classiques et ainsi réduire les applications de 30 à 50%, ou permettre des applications localisées. En tournesol ou en soja, il s'agit aussi de détruire des flores difficiles (chardons, xanthium) ou allergènes (ambroisie), ou contenant des alcaloïdes (datura). On peut travailler soit sur le spectre d'efficacité de l'herbicide, soit du côté de la plante cultivée pour trouver un moyen de la rendre résistante.

Dans le cas des oléagineux, il existe différentes sources de résistance :

- Des résistances naturelles à des herbicides à large spectre : cas des légumineuses résistantes à l'imazamox car elles possèdent les mécanismes de détoxification.
- Des mutants spontanés : le premier tournesol Clearfield résistant à l'Imazamox est un mutant spontané
- Des mutants induits chimiquement : les mutants de colza et de tournesol résistants aux sulfonylurées sont développés sous les marques Clearfield ou Express Sun.
- Des plantes obtenues par transgénèse : résistance au glyphosate par exemple. Cette technologie est abandonnée en Europe, mais très utilisée, voire généralisée ailleurs. ■

Xavier Pinochet
Terres Inovia

Palmier à huile : la recherche au service de la durabilité

Intégrer le palmier à huile dans des schémas de développement durable est l'objectif que se sont fixés le CIRAD et sa filiale PalmElit. Cet oléagineux présente de nombreux atouts : rendement record, rusticité, production quasi-continue. Cependant, les défis sont eux aussi multiples : augmenter les rendements à l'hectare pour répondre à la demande mondiale tout en limitant les surfaces cultivées, améliorer la résistance aux maladies et la qualité de l'huile, limiter les impacts sociaux et environnementaux (1).

La sélection menée depuis plusieurs décennies a permis d'obtenir une augmentation du rendement d'environ 1% par an, et ce, malgré la durée des cycles de sélection (12-20 ans). En tant que culture pérenne, le palmier à huile est particulièrement sujet aux risques liés aux ravageurs et aux maladies. Des cultivars fortement résistants à la fusariose ont été obtenus. Ils ont permis de maîtriser cette maladie dans les cultures en Afrique. Des cultivars partiellement résistants à d'autres maladies ont aussi été développés pour les plantations d'Asie du Sud Est et d'Amérique Latine. Certaines innovations concernent particulièrement les petits planteurs. Ceux-ci sont souvent confrontés à des problèmes d'acidification de l'huile lorsque les délais entre récolte et usinage sont trop longs : un cultivar à acidification lente est ainsi commercialisé depuis 2016. Avec 40% de la production mondiale assurée par des petits planteurs, la diffusion des innovations aux petits planteurs est une nécessité et un défi pour promouvoir une culture plus durable.

La sélection du palmier à huile est relativement récente et n'a été menée que sur quelques générations. Ainsi, le potentiel d'amélioration reste en théorie très important. La sélection assistée par marqueurs devrait permettre d'accélérer l'innovation variétale. Des recherches sont aussi en cours pour l'implémentation des technologies de transformation génétique et d'édition du génome. ■

Florence Jacob - *PalmElit*

(1) La RSPO (Round table of Sustainable Palm Oil) a pour objectif de développer et de mettre en application des normes mondiales concernant l'huile de palme durable avec des plantations certifiées.

Des approches génomiques pour des variétés plus résistantes au phoma

Le « phoma » du colza est un champignon responsable d'une maladie majeure, la nécrose au collet. Si des mesures agronomiques réduisent la gravité des épidémies, la lutte génétique reste le levier le plus efficace pour sécuriser le rendement lors d'années très favorables au phoma. L'obtention et la gestion des variétés de colza résistantes permet ainsi un gain annuel estimé à 50-300 M€ par an en France, dû à la fois au gain de rendement et à l'absence de traitement fongicide à l'automne.

La résistance du colza au phoma combine deux composantes : d'une part les résistances spécifiques vis-à-vis des souches de phoma, chacune contrôlée par un gène majeur qui bloque l'infection par les souches du pathogène possédant un gène spécifique, appelé gène d'avirulence ; et d'autre part les résistances faisant intervenir plusieurs gènes à effet mineur (dites résistances polygéniques) qui réduisent l'impact de la maladie. Le séquençage du génome du phoma a permis de (i) comprendre les mécanismes moléculaires du contournement de la résistance spécifique ; cette connaissance aide à prédire la durabilité au champ de chaque gène de résistance spécifique ; (ii) développer des outils moléculaires pour suivre l'évolution de la fréquence des différents gènes d'avirulence dans les populations pathogènes, base d'un déploiement raisonné des gènes de résistance spécifique dans les régions de culture ; (iii) créer des souches du champignon adaptées à la détection des gènes des résistances spécifiques dans les variétés cultivées ou en cours de sélection. Il devrait donc en résulter une meilleure gestion et utilisation des résistances spécifiques.

L'analyse de l'expression des gènes du champignon et de la plante tout au long du cycle infectieux permet maintenant d'explorer le dialogue moléculaire entre phoma et colza dans les phases tardives du cycle, où s'exprime la résistance polygénique. Il en est attendu une meilleure caractérisation des mécanismes complexes impliqués dans cette résistance du colza au phoma et donc une meilleure utilisation de celle-ci. ■

Marie-Hélène Balesdent
UMR BIOGER - INRA Grignon

Biotechnologies Végétales infos
1er trimestre 2019 N° 17

La technologie utilisant CRISPR-Cas12a en meilleure position

La technologie utilisant CRISPR-Cas a montré son potentiel dans l'édition des génomes chez les plantes mais aussi en thérapie génique chez l'homme. Une des difficultés dans l'application de ces technologies est l'existence de modifications en dehors du site visé (hors cible). Certaines enzymes dont Cas12a montrent une meilleure spécificité et moins de modifications en dehors de la cible visée. Les chercheurs de l'Université d'Austin (USA) ont étudié la cinétique de fonctionnement de cette enzyme et trouvé qu'en plus d'une fixation irréversible, Cas12a fait une discrimination importante des sites présentant des mismatch. Cette enzyme est probablement préférable d'utilisation par rapport à Cas9 qui est plus couramment utilisée. ■

Source : *Strohkendl et al. (2018) Kinetic basis for DNA target specificity of CRISPR-Cas12a. Molecular Cell. Doi.org/10.1016/J.molcell.2018.06.0*

Argentine

Des pommes de terre sans brunissement en utilisant l'édition de gènes

Des chercheurs de l'Institut National des Technologies Agricoles (INTA) en Argentine ont pu modifier le gène responsable du brunissement de la pomme de terre.

Selon Sergio Feingold, directeur du Laboratoire d'Agrobiotechnologie INTA, en utilisant CRISPR-Cas9, ils ont réussi à générer un outil d'édition de gène dans une cellule de pomme de terre, qui cible spécifiquement le gène choisi et change sa séquence génétique. Ils ont ciblé le gène de polyphénol oxydase, responsable du brunissement des coupures exposées à l'air dans les pommes de terre. *« Cette réalisation est la base de nouvelles techniques de sélection qui nous permettent de faire la même chose que ce qui nous prenait des années par sélection conventionnelle, mais de manière plus rapide et précise »*, explique Feingold. ■

Lire l'article-source dans : INTA website

Une *« super-tomate »* créée en 3 ans grâce à l'édition de gènes

Trois publications scientifiques relatent la recherche de nouvelles *« super-tomates »*. En utilisant l'édition de gènes Crispr-Cas 9, les chercheurs ont pu modifier des gènes spécifiques dans des espèces sauvages cousines de la tomate, pour aboutir à des tomates *« aromatiques »*.

L'une des équipes a édité une espèce sauvage proche de la tomate, *Physalis Pruninosa*, originaire d'Amérique centrale et du sud, aux fruits doux et savoureux mais dont le développement anarchique rend la plante mal adaptée à l'agriculture. La nouvelle plante obtenue est plus compacte, avec des fruits plus gros.

Les deux autres équipes se sont appuyées sur *Solanum pimpinellifolium*. Cette espèce résiste au stress et à la bactériose, maladie rédhibitoire pour la commercialisation des tomates. Le but était de combiner les avantages de *Solanum p.* avec ceux des tomates modernes. La valeur nutritionnelle a également été améliorée en augmentant les teneurs en lycopène, bénéfique pour la santé, et en vitamine C.

Ces résultats ont été obtenus en seulement 3 ans, alors qu'il aurait fallu des décennies en sélection conventionnelle. Ces exemples mettent en lumière les errements de l'Union Européenne vis-à-vis de l'édition de gènes. Peut-être que des tomates plus savoureuses convaincront davantage nos décideurs ? ■

Source : *Nature 562, 8 (2018) https://www.nature.com/articles/d41586-018-06915-y?utm_source=briefing-dy&utm_medium=email&utm_campaign=briefing&utm_content=20181003*

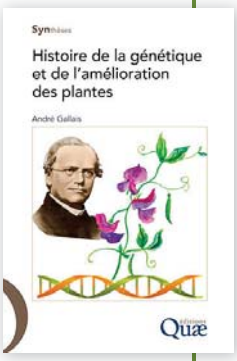
Conseils de lecture

AU-DELÀ DES OGM

Ouvrage collectif - Editions Les Mines - 213 pages - 25 €

Dans cet ouvrage de la Collection des Livres de l'Académie d'agriculture de France, publié sous la direction des Académiciens Catherine Regnault-Roger, Louis-Marie Houdebine et Agnès Ricroch, dix auteurs d'horizon différents abordent l'avenir des biotechnologies à travers les nouvelles technologies d'édition du génome qui créent des Organismes génétiquement édités (OGE), comme par exemple le système CRISPR-Cas9.

HISTOIRE DE LA GÉNÉTIQUE ET DE L'AMÉLIORATION DES PLANTES



André Gallais - Editions Quae - 288 pages - 25 €

Cet ouvrage original est une invitation à explorer les aventures de ces deux disciplines, à découvrir les hommes et les femmes qui les ont animées, au gré de leurs méandres, de leurs controverses, de leurs fausses routes et de leurs découvertes jusqu'à nos jours. André Gallais, professeur honoraire d'AgroParistech, membre de l'Académie d'agriculture de France, est un spécialiste de la génétique quantitative et des méthodes d'amélioration des plantes.

Découvrez notre site BIOTECHNOLOGIES VEGETALES

www.biotechnologies-vegetales.com

Interview

Jean-Yves Le Déaut [1],

“Je suis très inquiet de la situation de blocage des nouvelles biotechnologies végétales”

Comment la situation de l’édition génomique a t’elle évolué depuis votre rapport publié en avril 2017 [1] ?

La situation a évolué, mais pas dans le bon sens, car il n’y a pas toujours pas de règle claire au niveau européen et ce dossier s’enlise. En particulier les techniques de modification ciblée du génome, ou édition de gènes, ne sont pas prises en compte au sens strict par la directive européenne 2001-18 qui fixe depuis 2001 les règles d’ utilisations des OGM.

De plus l’arrêt de la Cour de justice de l’union européenne (CJUE) du 25 juillet 2018 considère que toutes les modifications du génome qui peuvent survenir avec les nouvelles biotechnologies constituent des OGM au sens de la règlementation.

Cela signifie que l’édition de gènes devrait être soumise à la même réglementation que celle de la transgénèse, la plus contraignante. L’ argumentation de l’avis de la CJUE est scientifiquement aberrante et juridiquement discutable.

La situation est elle bloquée ?

Elle est bloquée parce que finalement le juge n’a pas pris en compte les évolutions des techniques. Il y a aussi une responsabilité très forte des politiques qui ont démissionné. Au niveau français les ministres de l’agriculture qui se sont succédés depuis 30 ans ont considéré que les biotechnologies végétales étaient une patate chaude et ils n’ont pas voulu se bruler les doigts.

Au niveau de l’UE on arrive à la même situation de blocage. La Commission n’a rien produit de nouveau sur ce sujet depuis 2012 malgré de nombreuses réunions d’experts parce que ce sujet est clivant entre les Etats.

Que proposez-vous ?

Il faut absolument que la directive européenne soit clarifiée rapidement sur la définition des OGM en exemptant les techniques qui sont plus sûres que la mutagénèse classique, comme c’est le cas des techniques d’édition du gène. Selon les techniques utilisées on doit pouvoir dire quelles sont les plantes qui sont des OGM et celles qui n’en sont pas.

Où en est la recherche ?

Si on n’arrive pas à s’entendre sur la réglementation de ces nouvelles technologies, on va voir un écart s’accentuer dans le monde entre ceux qui les pratiquent et ceux qui ne les utiliseront pas. Je suis très inquiet de cette situation même si l’INRA a rappelé récemment l’importance de l’édition du génome dans le domaine végétal et rappelé qu’il était légitime d’utiliser ces nouvelles techniques pour améliorer les plantes dans une logique de développement durable. Malgré cela, l’INRA reste floue sur l’utilisation et les expérimentations en plein champ.. Ne pas s’engager dans cette voie de recherche, c’est passer à côté d’une véritable révolution agricole car ces nouvelles techniques sont prometteuses dans le domaine de l’agriculture.

Que pensez vous des études qui viennent d’invalider les conclusions de GE Seralini ?

L’ étude de GE Seralini de 2012 a fait l’objet d’une véritable mise en scène pour toucher les gens par l’émotion. L’image des rats avec leurs grosses tumeurs a marqué le monde entier. L’ étude récente de l’INRA qui vient invalider six ans plus tard les conclusions de l’ étude de Seralini n’aura certainement pas le même impact médiatique. Je suis étonné qu’une enquête ne soit pas diligentée pour éventualité de manquement à l’intégrité scientifique.

Comment voyez vous l’avenir ?

L’Europe de la semence est sérieusement menacée si on lui empêche d’avoir accès à ces nouvelles technologies. Si on ne débloque pas ce dossier de l’édition de gènes, demain, toutes les entreprises de biotechnologies seront américaines, chinoises, indiennes, brésiliennes ou argentines. Il est donc indispensable de relancer le débat sur ce sujet dans notre pays. Il faut expliquer que les biotechnologies ne sont pas l’ennemi des pratiques de l’agro écologie et que les deux sont complémentaires. Je suis aussi persuadé que le bio contrôle jouera un rôle très important dans l’avenir de l’agriculture mais que ce rôle sera d’autant plus efficace qu’on associera bio contrôle et biotechnologies.

Propos recueillis par **Gil KRESSMANN**

(1) Jean-Yves Le Déaut est ancien député et ancien Président de l’Office parlementaire des choix scientifiques (OPECST). Il est le coauteur avec Catherine Procaccia, Sénateur, du rapport intitulé « La révolution de la modification ciblée du génome » - OPECST - Avril 2017

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 - 75001 Paris