

Biotechnologies végétales *info*

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

N° 27

SOMMAIRE

Actualités

P.2 Un potentiel d'innovations à débloquent
La production de semences de « riz doré » a débuté

L'approbation des cultures génétiquement modifiées dynamise les chercheurs
Une laitue GM pour protéger les os des astronautes

P.3 Évolutions récentes de la réglementation
Une recherche indienne très active

Dossier

Les outils du sélectionneur de maïs

P.4 La domestication du maïs : de la téosinte aux populations de maïs

De la domestication aux variétés hybrides

P.5 De la sélection phénotypique à la sélection génotypique

Des outils pour apporter une nouvelle variabilité génétique

Des méthodes pour accélérer la sélection et mieux utiliser la variabilité génétique

P.6 Des outils pour raccourcir la durée de création d'un hybride

Focus

P.6 Le génome de la pomme de terre décodé
Les cultures GM réduisent les émissions de gaz à effet de serre

Sorgho : On sent venir le progrès !

P.7 Une première : une canne à sucre éditée par CRISPR

Un gène pourrait contrôler le nombre de grains par épi chez les céréales

Une plante comme bioréacteur pour produire un vaccin contre le Coronavirus

P.8 Colloque AFBV : Biotechnologies végétales et changement climatique



AFBV
Association Française
des Biotechnologies Végétales

23-25, rue Jean-Jacques Rousseau
75001 PARIS

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

Directeur de publication : Georges Freyssinet
Secrétaire de rédaction : Gil Kressmann
ISSN 2273-6727

Prix de l'abonnement annuel : 27 euros

Pour une réglementation européenne adaptée aux nouvelles techniques génomiques

La folie destructrice de la Russie contre l'Ukraine a des conséquences dramatiques sur le plan humain. Elle pourrait aussi entraîner un effondrement du système alimentaire mondial. Elle a ainsi mis en évidence la fragilité de l'UE au niveau de ses approvisionnements en énergie, gaz et pétrole mais aussi en matières premières alimentaires, céréales et oléo-protéagineux en particulier. C'est pourquoi l'UE doit mettre rapidement en place les moyens nécessaires pour assurer la sécurité de ses approvisionnements dans les domaines critiques pour notre économie dont les matières premières alimentaires.

Pour ce faire, il est indispensable que l'agriculture européenne puisse bénéficier de toutes les technologies disponibles sans *a priori*. Parmi ces technologies, l'amélioration génétique des cultures doit pouvoir se développer rapidement pour mettre à disposition de l'agriculteur les variétés innovantes lui permettant de faire face en particulier à l'impact des changements climatiques, aux réductions nécessaires des utilisations des engrais, des produits phytosanitaires, de l'eau.

La France et de nombreux pays européens ont tourné le dos à la culture de plantes génétiquement modifiées, l'Espagne et le Portugal étant une exception, se privant ainsi des bénéfices que peuvent apporter ces plantes comme cela est constaté dans les nombreux pays qui les ont adoptées : réduction des traitements insecticides, augmentation des rendements, qualité de la récolte... Qu'en sera-t-il des plantes issues de l'édition génomique (Nouvelles Techniques Génomiques) ?

Devant l'urgence, de nombreux pays hors l'UE ont déjà mis en place une réglementation adaptée. Les premières plantes éditées arrivent sur le marché dans ces pays. De son côté la Commission européenne a lancé une consultation publique qui se terminera le 22 juillet. Cela sera l'occasion pour l'AFBV de mettre en avant ses propositions de réglementation pour ces plantes (<https://www.biotechnologies-vegetales.com/propositions-pour-ledition-genomique/>). Cette étape doit permettre de cerner le contenu de l'adaptation indispensable de la réglementation OGM en vigueur.

L'UE ne peut plus tergiverser plus longtemps. Elle doit disposer, le plus tôt possible, d'une réglementation permettant le développement des plantes éditées. La préservation de sa souveraineté et sa sécurité alimentaire en dépendent.

Georges FREYSSINET
Président de l'AFBV

NBT : un potentiel d'innovations à débloquer

Parmi les NBT l'édition génomique, qui permet de faire des modifications ciblées du génome, est un outil indispensable pour aider le sélectionneur dans le développement rapide des variétés pour répondre aux exigences d'une agriculture durable et à la sécurité alimentaire européenne.

Le rapport de Parisi & Rodriguez (2021) recense plus de 400 projets d'édition génomique à différents niveaux de recherche - développement en milieu privé et académique. Plus de 80 espèces cultivées sont concernées dont près de la moitié sont des céréales, environ 20% des oléagineux et plus de 10% des potagères.

De nombreux caractères sont travaillés comme, par exemple, la modification de la composition des récoltes, la résistance aux stress biotiques (maladies et ravageurs) et abiotiques (sécheresse,

salinité et chaleur), le rendement, la modification de la couleur ou du goût. Dans ce rapport 16 projets au stade pré-commercial et plus de 100 au stade de l'évaluation au champ sont identifiés. Au niveau des pays, les USA et la Chine dominent ; en Europe, l'Allemagne, la France, les Pays-Bas et la Belgique sont actifs. L'Angleterre a autorisé un essai de blé édité qui ne produit pas d'acrylamide à la cuisson (dans les toasts). L'Amérique du Sud, l'Afrique et l'Asie ont aussi des projets dans ce domaine.

Actuellement deux plantes éditées sont commercialisées : un soja riche en acide oléique par la société Calyxt aux USA et une tomate ayant un fort contenu en acide γ -aminobutyrique (GABA) par la société Sanatech au Japon. ■

Georges FREYSSINET

Philippines

La production de semences de « riz doré » débute cette année

Le Ministère de l'agriculture des Philippines a déclaré que l'année 2022 marquait le début d'une production massive de semences de « riz doré », en particulier dans les provinces carencées en vitamine A. Cette bonne nouvelle pour la population des Philippines permet aussi à ce pays d'affirmer son rôle de pionnier dans le déploiement et la commercialisation de la première variété de riz génétiquement modifié (GM) pour l'amélioration nutritionnelle.

La carence en vitamine A est responsable chaque année dans le monde de deux millions de morts et de la cécité de 250 000 à 500 000 enfants. Aussi, si la consommation de riz doré apporte la confirmation de l'intérêt nutritionnel de cet aliment pour la santé des Philippines, cela ouvrira la



porte à la production et la consommation de ce riz « bon pour la santé » dans de nombreux pays en développement, non seulement en Asie mais aussi en Afrique. ■

Source : Philippines News Agency
<https://www.pna.gov.ph/articles/1166915>

Chine

L'approbation des cultures génétiquement modifiées dynamise ses chercheurs

Les chercheurs chinois ont accueilli avec beaucoup d'intérêt l'approbation par leur gouvernement des cultures génétiquement modifiées.

Depuis que le ministère chinois de l'Agriculture a publié des directives préliminaires le 24 janvier, les chercheurs se sont dépêchés de soumettre des demandes d'autorisation pour l'utilisation de nouvelles cultures génétiquement

modifiées. Il s'agit notamment du développement de variétés de blé résistantes à une maladie fongique appelée oïdium. D'autres préparent des applications pour le riz particulièrement aromatique et le soja à haute teneur en acides gras oléiques qui pourraient produire une huile pauvre en graisses saturées. ■

Source : Nature 11 Février 2022
<https://www.nature.com/articles/d41586-022-00395-x>

Brèves

États-Unis

Une laitue GM pour protéger les os des astronautes

Des chercheurs de l'Université de Davis (Californie) ont mis au point une laitue génétiquement modifiée (GM) qui produit un médicament, l'hormone parathyroïdienne (PTH), qui protège contre la perte de densité osseuse en microgravité. Cette percée scientifique peut aider les astronautes à se prévenir des maladies causées par de longs vols spatiaux. ■

Source : ISAAA - 25/03/2022

Institut Moutagne

« Notre agriculture doit pouvoir bénéficier des biotechnologies les plus avancées de la recherche génétique (NBT). »

Selon l'Institut Moutagne, la France agricole est prête à accélérer sa baisse de consommation d'intrants fossiles (engrais de synthèse, phytosanitaires) à condition de pouvoir compter sur des alternatives crédibles et un accompagnement viable et de long terme dans sa transition. Il convient donc d'offrir un cadre favorable à la recherche et à la culture des innovations variétales issues des NBT en Europe : on ne peut pas refuser aux plantes et aux animaux les technologies que nous autorisons en Europe en recherche médicale pour l'Homme. ■

Source : rapport 2021 de l'Institut Moutagne

Édition génomique

Évolutions récentes de la réglementation



De nombreux pays ont décidé de faciliter l'utilisation de l'édition génomique en décidant d'exempter celle-ci de la réglementation OGM.

Inde : Le Ministère Indien de l'Environnement a décidé d'exempter les plantes génétiquement modifiées relevant des catégories SDN-1 et SDN-2 de la réglementation OGM, à condition qu'elles ne contiennent pas d'insertion d'ADN exogène.

Kenya : En février 2022 le Kenya a décidé de ne pas réglementer comme OGM les plantes ayant subi les modifications suivantes :

- Toutes modifications constituées d'insertions de gènes provenant d'espèces sexuellement compatibles et dont les éléments régulateurs (promoteurs et terminateurs) proviennent aussi de la même espèce.
- Toutes délétions/inactivations (knock-outs) de gènes pourvu qu'il n'y ait aucune insertion de matériel génétique exogène dans le produit final.
- Les aliments transformés dont le matériel génétique exogène inséré ne peut être détecté.

Royaume-Uni : Le Royaume-Uni a créé une nouvelle exemption à sa réglementation OGM pour une catégorie de plantes modifiées (« qualifying higher plants ») dont la modification aurait pu se produire naturellement ou par une technique visée à l'Annexe IB (mutagenèse ou fusion cellulaire). Ces plantes pourront être utilisées à des fins non commerciales sans évaluation de risque, mais devront être notifiées au Secrétaire d'Etat pour l'environnement, l'alimentation et les affaires rurales.

Chine : L'USDA a publié de nouvelles directives chinoises pour les plantes issues de l'édition génomique : l'intention du gouvernement Chinois semble être de simplifier sa procédure d'évaluation de risques pour ce type de plantes plutôt que de revoir sa législation. Selon la revue Nature : « Les cultures GM nécessitent des essais de terrain approfondis et à grande échelle avant d'être approuvées pour utilisation. Les nouvelles directives stipulent que, pour les cultures génétiquement modifiées considérées comme ne présentant aucun risque pour l'environnement ou la sécurité alimentaire, les développeurs n'ont qu'à fournir des données de laboratoire et à mener des essais sur le terrain à petite échelle. »

Afrique du Sud : A contrario, au mois d'octobre 2021, l'Afrique du Sud a annoncé qu'elle appliquerait telle quelle la réglementation OGM aux plantes issues de l'édition génomique. ■

Philippe DUMONT

(Responsable des relations internationales AFBV)

Ils ont dit :

“L'édition génétique fera partie de la stratégie de développement durable”



Frans Timmermans
Vice-Président de la Commission européenne

Le vice-président de la Commission européenne, Frans Timmermans, s'est ajouté à la liste toujours plus longue de ceux qui, au sein de l'exécutif européen, plaident en faveur de l'édition génétique. Faisant référence aux ambitions de durabilité décrites dans la politique alimentaire et agricole phare de l'UE, la stratégie « de la ferme à la fourchette », M. Timmermans a déclaré que le travail sur les NBT « fera clairement partie de ces actions ».

Source : Euractive-8 décembre 2021

“Utiliser tous les outils de la sélection génétique”



Philippe Mauguin
PDG de l'INRAE

« L'INRAE n'a pas abandonné les recherches en biotechnologie, en génétique végétale, au contraire. On est très bien positionné au niveau international. On est en train de préparer un programme de recherche, à la demande des pouvoirs publics, pour pouvoir utiliser tous les outils de la sélection génétique pour améliorer les variétés pour mieux résister au changement climatique. On va le lancer dans les prochaines semaines ».

Source : Presse régionale - Dijon - 23 février 2022

Une recherche indienne très active

Les laboratoires de recherche du secteur public indien utilisent déjà l'édition de gènes pour développer un certain nombre de variétés améliorées, notamment des graines oléagineuses améliorées sur le plan nutritionnel, du riz et du maïs pouvant tolérer le stress de la sécheresse, des bananes riches en bêta-carotène, des fruits à coque à haute teneur en acide oléique et à faible teneur en acide linoléique, du riz à haut rendement efficace en termes d'utilisation d'azote et d'eau, du riz à faible teneur en phytate, du poivron résistant à l'antracnose et de la tomate tolérante aux stress biotiques et abiotiques ». ■

Source : In boost for agriculture, India exempts gene edited crops from biosafety assessment - Alliance for Science (cornell.edu)



**BIOTECHNOLOGIES
VEGETALES
EN LIGNE**

www.biotechnologies-vegetales.com

Les outils du sélectionneur de maïs

Le maïs est l'une des plantes les plus cultivées dans le monde. Ce développement a été possible par des investissements importants dans la sélection, avec la mise en œuvre de différents outils et méthodes de sélection au fur et à mesure de l'acquisition des connaissances biologiques et génétiques et du développement de nouvelles technologies. Dans ce dossier, l'évolution des méthodes et outils du sélectionneur de maïs est présentée hors transgénèse, la transgénèse ayant été présentée dans le dossier du BVI N°25.

André GALLAIS - Membre de l'Académie d'agriculture de France

La domestication du maïs : de la téosinte aux populations de maïs

Les données moléculaires et archéologiques indiquent que le maïs a été domestiqué à partir d'une graminée annuelle, la téosinte ssp. *parviglumis*, il y a environ 9 000 ans. Le berceau de sa domestication serait localisé au Mexique, dans les plaines de la rivière Balsas abritant également la domestication du haricot, et d'une courge, les trois espèces sœurs d'un système d'agriculture traditionnel, le milpa.

Le scénario de sa domestication s'étale sur quelques milliers d'années avec la fixation progressive de caractères tels que la non-désarticulation des grains, l'acquisition d'une glume tendre, et d'une architecture peu ramifiée. Quelques mutations à forts effets ont été mises en évidence, et montrent qu'elles se situent le plus souvent dans des régions régulatrices des gènes, modifiant ainsi leur expression.



Épis de téosinte vs épis de maïs

La sélection du maïs a produit un éventail extraordinaire de variétés adaptées à une multitude de climats et d'usages. Des contributions majeures à cette diversité adaptative sont différentes introgressions : introgression entre maïs domestiques et téosinte ssp. *mexicana* des hauts plateaux mexicains qui aurait favorisé l'adaptation du maïs à des environnements plus secs et plus frais ; introgression entre maïs du nord et du sud

qui aurait permis l'adaptation à des latitudes intermédiaires (Corn Belt aux États-Unis et maïs cornés européens) ; introgression des maïs vers les téosintes *mexicana* qui auraient contribué à l'établissement de ces dernières comme adventices des cultures en Europe.

Au cours de sa domestication le maïs a perdu près de 20 % de sa diversité génomique. A l'heure des défis climatiques et de l'agroécologie, il est donc essentiel d'explorer de nouvelles sources de variabilité génétique, aussi bien dans les variétés traditionnelles que dans les ressources génétiques sauvages, pour des caractères agronomiques et de qualité nutritionnelle, ainsi que pour des caractères d'interactions avec les microorganismes du sol ou d'autres espèces. ■

Maud TENAILLON

Directrice de Recherches au CNRS

De la domestication aux variétés hybrides

Dans le prolongement de la domestication, la sélection du maïs a d'abord porté au niveau de populations. Elle consistait en la sélection par l'agriculteur des plus beaux épis et semis en mélange des grains issus de ces épis. Après l'apparition du métier de sélectionneur à la fin du XVIII^{ème} siècle, et malgré l'introduction de l'évaluation de la descendance de chaque épi sélectionné, le progrès génétique en rendement a été faible : il en est surtout résulté une adaptation des plantes à leur milieu de sélection et le développement de populations aujourd'hui utilisées comme ressources génétiques.

Au début du XX^{ème} siècle, les généticiens du maïs aux USA réalisent que les populations sélectionnées sont un mélange de génotypes, et que pour avoir le meilleur rendement possible il faut pouvoir reproduire le meilleur génotype à grande échelle. La solution proposée consiste

alors à (i) dériver par autofécondation, sans sélection, un grand nombre de lignées homozygotes à partir d'une population ; (ii) croiser entre elles ces lignées, puis évaluer les croisements obtenus ; le meilleur croisement correspond au meilleur génotype de la population. Génotype que l'on peut reproduire car ses parents homozygotes peuvent être reproduits par autofécondation... C'est ainsi que le concept de variétés hybrides entre lignées est né.



Production d'une variété hybride par castration manuelle chez le maïs

Dans la pratique, les parents d'un hybride sont issus de deux populations complémentaires, le parent issu d'une population est sélectionné pour sa valeur en croisement avec une lignée de l'autre population. Il faudra une trentaine d'années pour que les premiers hybrides commerciaux apparaissent sur le marché, soit vers 1930 aux USA. La castration facile du maïs (une plante où les sexes sont séparés, avec l'inflorescence mâle terminale, facile à enlever juste avant floraison) a permis leur développement. Il est résulté de ce développement, une amélioration du rendement de 15 à 25 % par rapport aux populations et un peuplement végétal très homogène. Le ressemis des grains d'un hybride se traduit par une perte importante de rendement et une descendance hétérogène, ce qui impose pratiquement le renouvellement des semences à chaque semis. ■

André GALLAIS



De la sélection phénotypique à la sélection génotypique

Les nouveaux outils à la disposition du sélectionneur de maïs apportent d'abord un gain de temps dans le processus de création variétale : c'est le cas de l'haplodiploïdisation qui permet l'obtention rapide de lignées, mais aussi de l'utilisation des marqueurs moléculaires qui permet de faire une sélection accélérée sans évaluation au champ. Ensuite, différents outils conduisent à une meilleure utilisation de la variabilité génétique (sélection assistée par marqueurs, sélection génomique).

Enfin, l'édition génomique, en permettant l'édition d'allèles, permet d'avoir accès rapidement à une nouvelle variabilité génétique, qui peut être présente dans l'espèce. Ainsi, la sélection du maïs devient de plus en plus basée sur le génotype. Il en résulte une augmentation du progrès génétique par unité de temps avec une réponse plus rapide, et meilleure, aux demandes des utilisateurs.

André GALLAIS

Des outils pour apporter une nouvelle variabilité génétique : l'édition génomique

Les outils et méthodes de sélection du maïs évoluent. Une constante demeure : l'accès nécessaire à la variabilité génétique qui sous-tend l'amélioration. Pour cela des accessions d'origine très différentes sont utilisées, phénotypées, génotypées puis croisées avec le matériel élite. Aujourd'hui, l'édition des génomes, qui permet une mutagenèse dirigée très précise, ouvre de nouvelles possibilités.

La connaissance fine des allèles, par la combinaison du séquençage et du phénotypage à haut débit, indique des cibles de mutagenèse. Les techniques sont nombreuses, basées sur l'utilisation de nucléases et le système le plus connu est aujourd'hui CRISPR/Cas.

Chez le maïs, les réalisations principales portent sur des caractères qualitatifs, dont la mutation d'un seul gène peut modifier un caractère. L'exemple le plus connu est celui du maïs waxy, avec un amidon riche en amylopectine, obtenu par l'inhibition du gène waxy1. Son rendement est supérieur à celui du mutant naturel qui possède un

fardeau génétique. Un autre exemple : la résistance à l'helminthosporiose, pathogène du maïs, a été obtenue avec CRISPR/Cas. Quelques caractères plus complexes, quantitatifs, ont également été modifiés, notamment le rendement en conditions de stress hydrique. Des substitutions ou insertions de séquences dans différents gènes ou promoteurs ont conduit à une amélioration de la tolérance au stress hydrique.

D'autres travaux en cours concernent notamment : l'augmentation du nombre et de la taille du grain, l'amélioration de la digestibilité de la plante entière, l'induction d'haploïdes, le pyramidage de gènes, la re-domestication à partir d'ancêtres... Des améliorations de la régénération en culture in vitro sont cependant encore nécessaires pour éditer directement des lignées élites, évitant d'entraîner des fardeaux génétiques issus des lignées utilisées pour l'édition génomique. ■

Alain TOPPAN

Membre de l'Académie d'agriculture

Des méthodes pour accélérer la sélection et mieux utiliser la variabilité génétique

La Sélection Assistée par Marqueur

Dans les schémas de sélection maïs, la recherche des meilleures variétés hybrides nécessite d'évaluer les lignées candidates pour leur performance en combinaison hybride, après croisement avec une ou des lignées d'un groupe complémentaire, puis d'évaluer un grand nombre de croisements entre les lignées sélectionnées.

Le marquage moléculaire permet de génotyper, c'est-à-dire de connaître la séquence d'ADN à des positions spécifiques (marqueurs) du génome d'un individu. Apparu dans les années 1990, il a permis d'identifier des régions du génome impliquées dans le déterminisme génétique de caractères d'intérêt (appelées "QTL" pour Quantitative Trait Loci) et d'estimer les effets des différents segments chromosomiques à

ces QTL. Les associations marqueurs-QTL détectées peuvent ensuite être utilisées pour prédire la valeur génétique de nouveaux individus sur la seule base de leur génotype déterminé avec ces marqueurs. Cette Sélection Assistée par Marqueurs (SAM) permet un tri précoce des candidats, très intéressant dans le cas du maïs pour réduire le coût du phénotypage et accélérer le cumul d'allèles favorables aux QTL. Malgré des succès, les difficultés liées à la détection de QTL pour des caractères très polygéniques comme le rendement ont limité l'utilisation de la SAM.

La Sélection Génomique

Les outils récents permettent désormais de génotyper un individu, une lignée, pour plusieurs milliers de marqueurs pour un coût équivalent à une mesure au champ. Ce marquage dense, devenu peu coûteux, couplé à des méthodes statistiques de prédiction de la valeur génotypique à partir d'un grand nombre de variables a permis l'essor d'une nouvelle approche : la Sélection Génomique (SG). Contrairement à la SAM, la SG prend en compte l'information moléculaire de tout le génome, ce qui améliore la précision des prédictions.

La SG permet de reconsidérer le schéma de sélection du maïs en se basant sur les performances d'un nombre réduit d'hybrides pour prédire l'ensemble des hybrides potentiels, y compris entre nouvelles lignées. La SG permet de prédire également la complémentarité entre génotypes. Des applications basées sur cette propriété se développent pour (i) optimiser les croisements afin de maximiser le progrès génétique tout en limitant la perte de diversité dans les programmes de sélection ; (ii) identifier des sources d'allèles originaux au sein de ressources génétiques (variétés populations anciennes) qui sont des réservoirs de diversité encore trop peu valorisés.

Des travaux portent également sur le couplage de la SG avec des données issues de phénotypage (mesures en plateforme, par drones...) et des modèles écophysiologiques et / ou de culture pour prédire le comportement d'hybrides de maïs pour des milieux, pratiques culturales et scénarios climatiques contrastés. Ainsi, les nombreuses possibilités offertes par la SG en font un outil indispensable pour la sélection de variétés de maïs adaptées aux nouveaux enjeux de l'agriculture. ■

Laurence MOREAU - INRAE, GQE Le Moulon



Des outils pour raccourcir la durée de création d'un hybride

Depuis les années 1970, une technique permettant l'obtention rapide des lignées s'est développée : l'**haplodiploïdisation**. Elle consiste à dériver toutes les lignées possibles à partir d'une plante plus ou moins hétérozygote. Cela a d'abord été réalisé par culture *in vitro* d'anthers : on parle d'androgénèse, car on régénère des plantes à partir des cellules mères des grains de pollen qui sont haploïdes, puis on double le nombre chromosomique des plantes obtenues, ce qui conduit immédiatement à des plantes parfaitement homozygotes.

Ainsi, en autofécondant les plantes obtenues, en deux ans on dérive tout un ensemble de lignées à partir d'un croisement. Aujourd'hui, la technique la plus utilisée fait appel à des génotypes inducteurs d'embryons haploïdes (utilisés comme pollinisateurs).

La culture *in vitro* d'embryons immatures est aussi une méthode utilisée pour accélérer l'obtention de lignées : assez tôt après l'autofécondation d'une plante hétérozygote, les jeunes embryons sont prélevés et cultivés *in vitro*. La germination a alors lieu et dès que les plantules sont assez développées elles sont

repiquées, conduites jusqu'à la floraison en conditions artificielles où elles sont autofécondées et à nouveau prélèvement d'embryons immatures, etc. Il en résulte une génération en 3 ou 4 mois, ce qui permet de réaliser 3 générations par an. Ainsi l'obtention de lignées à partir d'un croisement demande moins de deux ans, ce qui est compétitif par rapport à l'haplodiploïdisation ; l'homozygotie est toutefois moins parfaite. ■

André GALLAIS

Focus

Allemagne

Le génome de la pomme de terre décodé



Pour la première fois, des chercheurs de l'Université Ludwig Maximilian et de l'Institut Max Planck ont complètement décodé le génome très complexe de la pomme de terre, une percée qui ouvre la voie à la sélection de nouvelles variétés plus résilientes.

Cette avancée scientifique est d'autant plus importante que les pommes de terre font de plus en plus partie de l'alimentation de base dans le monde. Même dans les pays asiatiques comme la Chine où le riz est l'aliment de base traditionnel, la pomme de terre gagne du terrain. Ce décodage permet de soutenir la sélection basée sur le génome de nouvelles variétés de pommes de terre qui sont plus productives et résistantes au changement climatique, ce qui a un impact important sur la sécurité alimentaire mondiale pour les décennies à venir.

Pour plus de détails, lire l'article sur le site du Max Planck Institute for Plant Breeding Research. ■

Environnement

Les cultures GM réduisent les émissions de gaz à effet de serre

Alors que le monde cherche à réduire les émissions de gaz à effet de serre, une nouvelle étude canadienne montre que les plantes génétiquement modifiées (GM) peuvent aider l'agriculture à prendre sa part.

En remplaçant le travail du sol par des mesures de lutte contre les mauvaises herbes qui assurent une perturbation minimale du sol, on réduit la quantité de carbone libéré et on augmente la séquestration du carbone

par une production végétale continue.

L'étude suggère ainsi que les cultures GM tolérantes à des herbicides totaux peuvent augmenter la séquestration du carbone dans le sol, ce qui permet de garder le dioxyde de carbone dans le sol plutôt que de le libérer dans l'atmosphère où il contribue au réchauffement climatique. ■

Source : GMO crops reduce greenhouse gas emissions, Canadian study finds - Alliance for Science (cornell.edu)

Sorgho

On sent venir le progrès !



Le sorgho, la 5^{ème} céréale la plus cultivée, a beaucoup d'avantages et notamment sa résistance à la sécheresse. Pour renforcer son attractivité comme

ingrédient culinaire et aliment du bétail, des chercheurs chinois ont sélectionné un sorgho plus odorant.

Le sujet n'est pas nouveau : les travaux sur le riz, dont le parfum est une caractéristique clé des différentes variétés, ont permis d'identifier certains composés comme le 2AP (2 Acetyl-pyrroline) qui sont corrélés aux qualités olfactives du riz. Ces produits sont présents chez de nombreuses plantes et leur accumulation peut être optimisée génétiquement. Dans cette nouvelle étude, les chercheurs ont utilisé CRISPR-CAS9 pour réduire/inactiver spécifiquement une enzyme et permettre le bon dosage du 2AP dans le sorgho. ■

Source : Journal of Integrative Plant Biology

Brésil

Une première : une canne à sucre éditée par CRISPR

Il s'agit des variétés de canne à sucre Flex I et Flex II, qui offrent respectivement une plus grande digestibilité de la paroi cellulaire et une plus grande concentration de saccharose dans les tissus végétaux. Elles répondent à l'un des plus grands défis du secteur : augmenter l'accès des enzymes aux sucres emprisonnés dans les cellules, ce qui facilite la production d'éthanol (première et deuxième génération) et l'extraction d'autres bioproduits.

La canne à sucre Flex I est le résultat de l'extinction d'un gène responsable de la rigidité des parois cellulaires de la plante (BADH Acyltransférase). Cette structure a été modifiée et a montré une plus grande



« digestibilité », c'est-à-dire qu'elle a permis un meilleur accès aux attaques des enzymes pendant la phase d'hydrolyse enzymatique, un processus chimique qui extrait les composés de la biomasse végétale. La canne à sucre Flex II a été générée par extinction d'un gène qui permet d'augmenter la production de saccharose dans les tiges.

Les cannes à sucre Flex I ne contiennent pas d'ADN étranger mais seulement l'extinction des gènes concernés. C'est pourquoi, la Commission technique nationale de biosécurité (CTNBio) a classé les nouvelles variétés comme non transgéniques ou non génétiquement modifiées.

Source : SugarAsia magazine daté 1/02/2022

Santé

Une plante comme bioréacteur pour produire un vaccin contre le Coronavirus



Faire produire un vaccin par des plantes est maintenant possible grâce aux innovations de la société Medicago, qui vient d'obtenir l'autorisation au Canada de son vaccin contre la COVID-19 à base de Particules Pseudo Virales (PPV) produites et extraites de plant de tabac. Ces PPV correspondent à la glycoprotéine Spike recombinante bien connue qui est l'antigène nécessaire pour stimuler notre réaction immunitaire.

Techniquement, la séquence de l'antigène est insérée dans la bactérie *Agrobacterium tumefaciens* que l'on infiltre mécaniquement dans la plante et où elle va utiliser la machinerie cellulaire pour produire en masse la protéine. La plante se montre un bioréacteur très efficace pour la production de ces PPV, qui ne contiennent aucune information génétique et ne sont donc pas infectieuses.

Source : <https://medicago.com/fr/communiqu/covifenz/>

Un gène pourrait contrôler le nombre de grains par épi chez les céréales

Des scientifiques ont comparé les gènes liés à la domestication du riz et du maïs et ils ont pu identifier un ensemble de 490 gènes communs aux deux cultures. Dans cette évolution convergente, un gène en particulier : KRN2, contrôlant le nombre de rangées de l'épi, s'est avéré clé pour le rendement en grain du riz et du maïs. Sa forte expression limite le rendement !

L'utilisation de l'édition de gènes (Crispr-CAS9) pour générer des mutants de perte de fonction dans KRN2 a entraîné

des augmentations de rendement de 8 et 10 %, respectivement chez le riz et le maïs. Les plantes avec ces modifications ciblées n'ont montré aucun déficit de performance au champ malgré des rendements significativement plus élevés. Ces premiers essais au champ devront bien sûr être confirmés mais sont très encourageants pour diriger les progrès génétiques à venir.

Source : SCIENCE - 25 Mar 2022 - Vol 375, Issue 6587
DOI: 10.1126/science.abg7985
(<https://doi.org/10.1126/science.abg7985>)

Conseil de lecture

ENJEUX BIOTECHNOLOGIQUES DES OGM À L'ÉDITION DU GÉNOME

Catherine Regnault-Roger

L'évolution des techniques de modification du génome par génie génétique s'est caractérisée par une rupture technologique majeure avec la découverte de CRISPR en 2012.

Comment considérer ces modifications génomiques par rapport à celles qui se produisent spontanément dans la nature ? Quelles sont les applications de ces techniques dans les domaines du végétal, de l'animal et de la santé humaine ? Quelles perspectives en termes de développement et d'indépendance pour les pays ? Quelle réglementation est en vigueur sur les différents continents ?

Préface : Jean-Yves Le Déaut



Éditeur : Presses des Mines
Date de publication : 2022/05
Nombre de pages : 204
Prix : 25 euros

“ Biotechnologies végétales et changement climatique ”

Mardi 11 octobre 2022 à Paris
Institut Goethe - 17, avenue d'Iéna - 75116 Paris

PROGRAMME

- | | | | |
|---------------|---|---------------|---|
| 8h30 | Accueil | 12h20 - 14h00 | Déjeuner libre |
| 9h00 | Introduction | 14h00 | Comment améliorer la photosynthèse à l'aide des biotechnologies ?
Michaël HODGES <i>IPS, UPS, CNRS</i> |
| 9h20 | Évolution du climat : des causes aux manifestations attendues en France dans les décennies qui suivent
<i>Agnès DUCHARNE CNRS, UMR METIS, IPSL, Paris et AAF</i> | 14h40 | Biotechnologies et réduction de l'utilisation des engrais azotés
<i>Bernard HIREL CNRS, INRAE</i> |
| 10h00 | Changement climatique et agriculture : des impacts aux solutions adaptatives
<i>Philippe GATE ex Arvalis, AAF</i> | 15h20 | L'adaptation des variétés de blé au changement climatique par la sélection conventionnelle et les biotechnologies
<i>Jacques LE GOUIS INRAE</i> |
| 10h40 - 11h00 | Pause café | 16h00 | L'adaptation des arbres forestiers au changement climatique par la sélection conventionnelle et les biotechnologies
<i>Catherine BASTIEN INRAE</i> |
| 11h00 | Amélioration de la tolérance des plantes cultivées au déficit hydrique par les biotechnologies
<i>Christophe SALLAUD Limagrain</i> | 16h40 | Conclusions
<i>Georges FREYSSINET AFBV</i> |
| 11h40 | Améliorer la résistance des plantes aux bio-agresseurs : de nouvelles voies ouvertes par les biotechnologies
<i>Thierry LANGIN INRAE</i> | 17h00 | Fin du Colloque |

INSCRIPTION :

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

Demande d'adhésion à l'AFBV

comprenant l'abonnement à :

« Biotechnologies végétales info »



Nom : Prénom :

Adresse postale :

Adresse mail :

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

Ci-joint : chèque

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