

Biotechnologies végétales *info*

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

N° 32

SOMMAIRE

Actualités

P.2 Des Français toujours aussi rétifs à consommer OGM et NBT
Un blé tolérant à la sécheresse
Argentine : La première pomme de terre améliorée par CRISPR
Des sapins de Noël génétiquement améliorés poussent plus vite

P.3 Une innovation qui va de soi !
Riz Doré : enfin cultivé aux Philippines
Lettre ouverte des scientifiques aux eurodéputés

Dossier

Biotechnologies végétales et biodiversité

P.4 Évolution de la diversité génétique des variétés des plantes cultivées
L'auberge espagnole de la biodiversité

P.5 Les biotechnologies à la lutte contre les maladies
De nouvelles techniques pour lutter contre les dégâts d'insectes
Paléogénomique : Évolution de la biodiversité végétale et applications en amélioration des plantes

P.6 Perte de biodiversité cultivée et solutions agronomiques pour y remédier
Chine : En 2024 les plantations de maïs OGM vont doubler

P.7 Un grand acteur de la Révolution verte nous a quitté
Les ciseaux moléculaires améliorent la conservation de la tomate
Le transfert latéral de gènes ou le génie génétique naturel
Une vigne génétiquement éditée résiste au mildiou

P.8 Avis de l'Académie des sciences sur les NGT



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 : 30 euros

Il faut libérer les NGT

La proposition de la Commission, en juillet 2023, d'un projet de réglementation sur les plantes issues de l'utilisation de nouvelles techniques génomiques (NGT en anglais) a relancé le débat sur de nombreux aspects liés à l'impact potentiel de ces plantes sur l'environnement et en particulier sur la biodiversité.

On entend souvent que les biotechnologies végétales auraient un effet négatif sur cette biodiversité. Notre colloque annuel a été consacré à cette thématique et a permis de montrer les effets positifs de ces biotechnologies sur l'analyse, la conservation et l'augmentation de la biodiversité. Il est donc important et urgent de permettre aux NGT d'être utilisées en Europe comme elles le sont déjà dans de nombreux pays en dehors de l'UE, sans quoi l'agriculture européenne se condamnerait à devenir un espace agricole de second rang avec tous les risques de perte de souveraineté alimentaire qui en résulteraient.

En effet ces NGT permettront d'aider les sélectionneurs à augmenter la diversité génétique des plantes cultivées en apportant plus rapidement des gènes nouveaux issus de la mutagenèse dirigée ou de la cisgénèse qui induiront de nouvelles propriétés aux plantes cultivées : la résistance aux pathogènes et ravageurs ou bien la tolérance à la sécheresse ou l'efficacité d'utilisation de l'azote pour citer quelques exemples. Ces NGT participeront ainsi au maintien et au développement de la biodiversité dans les espèces cultivées.

En ces temps d'inquiétudes des agricultrices et des agriculteurs sur l'évolution de leur métier et sur les grandes mutations auxquelles ils sont confrontés, l'adoption de ces NGT par l'Europe serait une bonne nouvelle pour nos filières de productions végétales. Ce serait aussi de la part de l'UE le signe d'une vision positive d'une transformation de l'agriculture tournée vers l'avenir dont nous avons besoin.

Georges FREYSSINET
Président de l'AFBV

Des Français toujours aussi rétifs à consommer OGM et NBT



L'Inrae vient de publier les résultats d'une étude réalisée en 2020 sur la disposition à payer des consommateurs français et américains pour des pommes.

Ces pommes étaient d'un côté conventionnelles sujettes au brunissement et, d'un autre côté, résistantes au brunissement grâce à une hybridation classique ou grâce à l'édition génomique ou encore grâce à la transgénèse.

Suite à des informations divulguées progressivement, la disposition à payer reste stable pour

les pommes conventionnelles pour les Français et les Américains. Pour les variétés issues de biotechnologies, la disposition à payer chute à la révélation de leur obtention, plus fortement pour les Français. Si elle remonte avec la délivrance de plus d'informations détaillées sur les technologies, elle ne le fait pas suffisamment pour compenser la chute. Le type de communication utilisé vers le consommateur montre ainsi son importance. ■

Source : <https://www.agra.fr/agra-presse/des-francais-toujours-aussi-retifs-consommer-ogm-et-nbt>

Jennifer Doudna, co-créatrice de CRISPR :

Je pense que beaucoup d'entre nous feront l'expérience de CRISPR dans le monde agricole avant d'en faire l'expérience clinique

Un blé tolérant à la sécheresse

Le blé HB4 tolérant à la sécheresse a été créé à la suite de l'introduction d'une séquence génomique (Facteur de Transcription, FT) de tournesol dans l'ancienne variété de blé de printemps 'Cadenza'. S'en sont suivis des croisements répétés afin de transférer ce FT dans des fonds génétiques récents qui, par sélection, ont généré une gamme de variétés agronomiquement performantes et tolérantes à la sécheresse nommée Ecowheat®.

Du fait de sa nature, le blé HB4® a dû passer une évaluation sécuritaire officielle complète, pays par pays, avant d'être cultivé et consommé. Les blés Ecowheat® sont actuellement autorisés à la culture dans trois pays (Argentine, Brésil, Paraguay) et à



la consommation humaine et animale dans neuf pays répartis sur trois continents. Des demandes d'autorisation sont en cours dans douze autres pays. ■

Pierre Devaux

Directeur recherche et innovation, Groupe Florimond Desprez

Pour en savoir plus :

Devaux P : Amélioration de la résistance génétique à la sécheresse : L'exemple du blé. In : Acte du colloque scientifique de la SNHF - Édition 2022 « L'eau et la plante »

Des sapins de Noël génétiquement améliorés poussent plus vite

À la fin des années 1990, le *Christmas Tree Genetics Program* a évalué et testé des milliers de sapins de Fraser, l'une des espèces de sapins de Noël les plus populaires aux États-Unis, afin d'identifier ceux qui présentaient les meilleures caractéristiques génétiques.

Leurs arbres génétiquement améliorés ont atteint une hauteur moyenne d'environ un pied (30 cm) de plus que les sapins disponibles sur le marché aujourd'hui. Ainsi, au lieu de devoir attendre 7 à 8 ans pour

qu'un sapin atteigne la hauteur commerciale habituelle, les producteurs pourraient n'avoir à attendre que 6 à 7 ans.

Des aiguilles qui durent plus longtemps

Les sapins de Fraser génétiquement améliorés conservent également leurs aiguilles plus longtemps après la récolte. Ils devraient perdre moins de 1 à 2 % de leurs aiguilles, même en l'absence de températures plus fraîches. ■

Source : [NC State News <https://news.ncsu.edu/2023/12/3-benefits-of-genetically-improved-christmas-trees/>](https://news.ncsu.edu/2023/12/3-benefits-of-genetically-improved-christmas-trees/)

Argentine

La première pomme de terre améliorée par CRISPR

Des scientifiques argentins (*INTA*), sont sur le point de mettre sur le marché la première pomme de terre génétiquement éditée d'Amérique latine. Grâce à la technique d'édition de gènes CRISPR-Cas9, ils ont réussi à désactiver le gène qui contrôle le noircissement de la pomme de terre après avoir été coupée, pelée ou heurtée pendant le processus de récolte et de transport. Ce noircissement, dû à l'oxydation, altère le goût, la texture et la couleur de la pomme de terre. Il affecte ainsi ses propriétés nutritionnelles et la qualité du produit.

La pomme de terre modifiée a déjà fait l'objet d'une consultation préalable auprès de l'autorité réglementaire d'Argentine, qui a conclu que le produit était considéré comme conventionnel parce qu'il ne contient pas de gènes provenant d'organismes éloignés, ce qui signifie que la pomme de terre génétiquement éditée ne doit pas suivre le processus réglementaire prévu pour les cultures transgéniques. ■

Source : *Papa editada con CRISPR hecha en Latinoamérica Agro-Bio (agrobio.org)*



Lettres ouvertes des scientifiques aux eurodéputés

Trente quatre Prix Nobel et plus de mille scientifiques implorant le parlement européen d'adopter les nouvelles techniques génomiques (NGT) au nom de l'urgence climatique. « L'utilisation responsable des NGT pourrait contribuer de manière significative à notre quête collective d'un avenir plus résilient, plus respectueux de l'environnement et plus sûr sur le plan alimentaire ».

Les nouvelles techniques génomiques (NGT) sont essentielles pour contribuer à une plus grande durabilité de l'agriculture et à la souveraineté alimentaire de l'Europe » déclarent de leur côté 500 personnalités scientifiques dans une lettre ouverte aux euro députés initiée par trois organisations européennes : l'AFBV (Association Française des Biotechnologies

Végétales), EU-SAGE (European Sustainable Agriculture Through Genome Editing) et le WGG (Wissenschaftskreis Genomik und Gentechnik). Ils demandent l'adoption rapide du projet de règlement des NGT. ■

Gil Kressmann
AFBV

Riz Doré : enfin cultivé aux Philippines



Grâce au génie génétique, des gènes du maïs et d'une bactérie commune du sol ont été exploités pour produire du bêta-carotène dans le grain de riz. Ce bêta-carotène converti en vitamine A par l'organisme est le même type de bêta-carotène que celui que l'on trouve dans les légumes à feuilles vertes et de couleur jaune, dans les fruits de couleur orange, ainsi que dans les compléments vitaminés et les ingrédients alimentaires. Le Riz Doré a été approuvé pour la **plantation en 2021 aux Philippines**, après que le

Bureau de l'Industrie Végétale a prouvé qu'il était aussi sûr que les variétés de riz conventionnelle.

Une première récolte de 100 tonnes

La première récolte de riz doré Malusog provenant de 17 sites de production a produit plus de 100 tonnes de riz paddy enrichi en bêta-carotène. Aux Philippines, environ deux millions d'enfants de moins de cinq ans risquent d'avoir des problèmes de vue et un système immunitaire affaibli. Ces symptômes sont les conséquences d'une alimentation pauvre en vitamine A. Ce chiffre équivaut à un enfant philippin sur cinq issu des communautés les moins favorisées du pays et souffrant d'une **carence en vitamine A (VAD - vitamin A deficiency)**. Ce problème nutritionnel évitable touche les Philippines et environ 190 millions d'enfants dans le monde. ■

Source : From potential to progress: Latest developments in Golden Rice deployment in the Philippines - Alliance for Science

Ils ont dit :

“ Les semenciers sont en première ligne pour répondre aux enjeux de productivité et de transition climatique de l'agriculture et ils auront besoin des NGT mais aussi d'investissements dans la recherche ”



Anne Sander
Députée européenne

*Source : Journée UFS du 7 nov 2023
Photo : © European Union 2019 - Source : EP*

“ Les NGT ne présentent pas plus de risques que la sélection classique ”



Fabien Nogué
Directeur de recherche à l'Inrae

*Source : Le betteravier français du 27 nov 2023
Photo : © researchgate.net | INRAE*

Une innovation qui va de soi !

La soie d'araignée est une microfibre naturelle, biodégradable, dix fois plus mince qu'un cheveu et composée de protéines. Un tel fil de soie entourant la Terre pèserait moins qu'un savon. Elle est de plus d'une solidité remarquable : cinq fois plus résistante que l'acier mais six fois plus légère et d'une ténacité exceptionnelle (six fois plus que le Kevlar, utilisé dans les gilets pare-balles). Sa production industrielle est limitée par les possibilités d'élevage bien moins faciles que pour le vers à soie.

L'édition du génome pourrait changer la donne. Pour filer la soie d'araignée à partir de vers à soie, des chercheurs Chinois ont

introduit les gènes de protéines de soie d'araignée dans l'ADN des vers à soie en combinant la technologie CRISPR-Cas9 avec des micro injections dans des œufs de vers à soie fécondés. Cette innovation permet de produire directement la soie plutôt que de faire produire les protéines constitutives (qu'il faudra filer ultérieurement) par des organismes modifiés comme des bactéries, des plantes ou même des chèvres ! ■

Source : L'article est évidemment disponible sur la toile : DOI:https://doi.org/10.1016/j.matt.2023.08.013

Thierry Hardy

Membre du Conseil scientifique de l'AFBV



**BIOTECHNOLOGIES
VÉGÉTALES
EN LIGNE**

www.biotechnologies-vegetales.com

Biotechnologies et biodiversité

Au sens large, la biodiversité représente la diversité du monde vivant et de ses écosystèmes. Pour les plantes cultivées, du point de vue génétique, elle représente la diversité des espèces et de leurs variétés cultivées. Comment a évolué cette diversité depuis le début de l'agriculture ? Les biotechnologies végétales peuvent-elles permettre d'augmenter la diversité génétique cultivée ? Tels sont les sujets qui ont été abordés lors du dernier colloque de l'AFBV. Nous présentons dans ce dossier les principales conclusions des communications faites à ce colloque.

Évolution de la diversité génétique des variétés des plantes cultivées

Avec la domestication des plantes cultivées, la diversité génétique dans le champ de l'agriculteur a d'abord diminué par le choix d'un nombre limité d'espèces. Puis, cette réduction de la diversité génétique a continué avec le développement de la sélection artificielle et d'une agriculture plus productive. Au niveau du champ de l'agriculteur, aujourd'hui, ce sont le plus souvent des variétés homogènes, lignées pures ou hybrides, qui sont cultivées. Cette homogénéisation est la conséquence de l'adaptation des plantes aux objectifs de sélection. Mais, les variétés modernes homogènes cumulent dans leur génome des gènes d'adaptation à différents milieux, ce qui leur permet de concilier stabilité de performances et productivité.

Augmentation du nombre de variétés à la disposition des agriculteurs

En 70 ans, le nombre de variétés à la disposition de l'agriculteur a considérablement augmenté avec parallèlement une diversification des

variétés pour leurs caractères. L'inscription au catalogue officiel des variétés est un moyen de gestion de la diversité utile. De plus, il y a eu augmentation du nombre de bonnes variétés d'origines différentes et diminution de leur durée de vie entraînant une augmentation de la diversité temporelle.

Différentes études tendent à montrer une diminution de la diversité génétique totale en passant des variétés-populations aux variétés lignées ou aux hybrides simples. Mais depuis le développement des variétés à base étroite, il n'y a pas de diminution nette de la diversité génétique des variétés. Cela résulte d'une introduction continue de nouvelle variabilité génétique, issue des ressources génétiques à la disposition des sélectionneurs, encore très larges. ■

André Gallais

Professeur honoraire de Génétique et d'Amélioration des Plantes à AgroParisTech

Brèves

Nigéria

Le Nigéria a approuvé la commercialisation de quatre variétés de maïs transgéniques résistantes aux insectes et à la sécheresse (maïs TELA). Ces variétés donnent un avantage de rendement allant jusqu'à 10 tonnes par hectare. ■

Rwanda

Le Rwanda autorise l'utilisation, le traitement, la commercialisation, l'importation et l'exportation d'organismes génétiquement modifiés (OGM). ■

Kenya-Ouganda-Nigeria

Un projet de recherche conjoint Kenya-Ouganda-Nigeria sur les OGM développe des pommes de terre résistantes au mildiou et à plus haut rendement. ■

L'auberge espagnole de la biodiversité

La biodiversité, ce n'est pas la diversité biologique. C'est une expression issue des mouvements de conservation de la nature. Dans sa forme radicale, elle entretient l'idée que la belle nature est une nature vierge d'activités humaines.

Biodiversité n'est pas un terme scientifique, c'est un élément de langage en matière de communication. La convention sur la diversité biologique (1992) déclinaît trois objectifs principaux : la conservation de la diversité biologique, son utilisation durable, ainsi que le partage juste et équitable des avantages découlant des utilisations des ressources génétiques animales et végétales.

Cette vision utilitariste et relativement pragmatique de la biodiversité, qui donnait des raisons de la protéger, a progressivement basculé vers une démarche anxigène portée par les grandes ONG de protection de la nature, selon laquelle l'homme détruit la nature. Ce discours fait implicitement référence à une nature fictive, immuable, qui aurait existé si l'homme ne l'avait pas dégradée.

Or, l'image de la nature vierge est une fiction. Toutes les espèces, y compris l'homme, ont nécessairement un impact sur leur environnement. Et surtout, la réciproque est également vraie. Il suffit de considérer les maladies virales et bactériennes qui déciment, aujourd'hui encore, les populations humaines, animales et végétales. Notre nature est en réalité une co-construction entre processus spontanés et activités humaines dont les objectifs sont d'assurer la sécurité alimentaire et physique de notre espèce.



L'image d'une nature vierge est une fiction

Dans ce contexte, une des questions préoccupantes à l'heure actuelle réside dans la mondialisation. Alors qu'elle a permis l'amélioration du fonds alimentaire sur tous les continents, la circulation des pathogènes dans le cadre des échanges commerciaux est à l'origine d'épidémies et de nombreux dégâts en agriculture et dans le domaine de la santé humaine et animale. C'est le visage beaucoup moins amène de la biodiversité, un phénomène qui est entretenu par les changements globaux.

Les moyens de prévention et de lutte sont limités et discutés, souvent au nom de la préservation de la biodiversité. Ce qui nous met à la merci de nouvelles pandémies. On compte beaucoup sur la sélection génétique et la création de variétés résistantes afin de lutter contre ces pathogènes et d'en limiter les conséquences. ■

Christian Lévêque

Ecologue,
membre de l'Académie d'agriculture de France)



Les biotechnologies à la lutte contre les maladies

Le développement de résistances génétiques aux pathogènes permet de limiter les traitements chimiques, ce qui contribue à une agriculture respectueuse de son environnement ainsi qu'à la diversité des espèces et variétés cultivées.

Les mécanismes de résistances génétiques peuvent être absents chez certaines espèces ; les biotechnologies peuvent alors pallier cette absence. L'approche par transgénèse (par l'introduction dans le génome de la plante d'un ADN étranger à l'espèce) peut fournir des résistances efficaces : une telle approche a permis de sauver la production de la papaye hawaïenne du virus dit « PRSV » ou de proposer des résistances au mildiou chez la pomme de terre.

Depuis une dizaine d'années, les approches dites d'édition du génome, avec l'utilisation des ciseaux moléculaires CRISPR-Cas, ont permis de révolutionner la mise en place de résistances aux pathogènes. Ces outils permettent d'induire des mutations qui pourraient apparaître de manière naturelle. Le

génomique de la plante résistante ne possède donc pas d'ADN étranger.

De multiples exemples

Les exemples les plus répandus de développement de résistances génétiques par l'édition du génome consistent en la modification de facteurs de sensibilité aux pathogènes (les facteurs de la plante hôte que le pathogène détourne pour infecter la plante). On compte déjà de nombreux exemples où l'inactivation d'un gène de la plante, ou une modification légère de son expression, entraîne une résistance efficace de la plante vis-à-vis de pathogènes (virus, bactéries...). On peut citer l'inactivation des gènes *MLO* qui entraîne une résistance de plantes (des tomates par exemple) au mildiou, la modulation de l'expression des gènes *SWEET* qui permet une résistance au feu bactérien chez le riz ou des mutations apportées aux gènes *elf4E* pour développer une résistance à des virus chez de nombreuses espèces (concombre, tomate, pomme de terre, manioc). ■

Jean-Luc Gallois

Directeur de Recherches, INRAE Avignon



Paléogénomique : évolution passée de la biodiversité végétale et applications en amélioration des plantes

La paléogénomique consiste en l'étude de l'évolution des espèces modernes par le décryptage du génome de leurs ancêtres fondateurs disparus, soit par une approche synchronique (c'est-à-dire indirecte, par la modélisation informatique de leur évolution par la comparaison des génomes d'espèces modernes) ou allochronique (c'est-à-dire directe par l'étude de l'ADN ancien de restes fossiles). Ces approches permettent une meilleure compréhension des forces qui ont contribué à l'évolution des espèces depuis leurs origines et par là même à leur adaptation sur des centaines, milliers voire millions d'années. Elles délivrent également des informations sur les gènes et les allèles d'intérêt pour la sélection moderne afin de répondre aux enjeux actuels de l'Agriculture, le changement climatique et la transition agroécologique.

Des résultats probants

Plus précisément de telles études nous ont permis, par exemple :

- De construire l'évolution des plantes à fleurs depuis leur origine. Les angiospermes modernes sont issues d'un ancêtre datant de 214 millions d'années dont le génome a été constamment restructuré au cours du temps pour donner naissance à des espèces nouvelles.
- D'identifier le foyer d'origine et des voies d'expansion de la culture du blé. Le blé a été domestiqué il y a 10 000 ans au Proche-Orient et s'est propagé à l'ouest via deux voies suivant le Danube et le long de la côte méditerranéenne pour arriver en France il y a 5 000 ans.
- De proposer des gènes d'intérêt pour la sélection variétale moderne. La connaissance de la fonction d'un gène chez une espèce en lien avec un caractère agronomique d'intérêt peut être exploitée en sélection sur l'ensemble des espèces pour lesquelles ce gène a été conservé au cours de l'évolution. ■

De nouvelles techniques pour lutter contre les dégâts d'insectes

Tout au long de leur évolution les plantes ont développé des mécanismes de défense contre les agressions des insectes phytophages qui en parallèle ont mis au point des stratégies de contournement. Cette coévolution est permanente.

Ces mécanismes reposent :

- soit sur les défenses directes : composés spécialisés bioactifs, protéines de défense inductibles ou diverses caractéristiques morphologiques,
- soit sur des défenses indirectes, utilisées par la plante pour attirer, nourrir ou héberger les prédateurs susceptibles de réduire les phytophages

Afin de protéger les plantes d'intérêt agronomique, la sélection variétale a favorisé ces mécanismes. Toutefois les applications restent encore rares et les dégâts d'insectes en cultures demeurent une préoccupation constante.

Effets sur la biodiversité

Aujourd'hui, les technologies modernes (ARN interférent, NBT) offrent des pistes d'investigation pour limiter les dégâts d'insectes. Ces nouvelles techniques doivent faire l'objet d'évaluation notamment sur les effets potentiels sur la biodiversité.

Dans le cadre de la lutte contre les insectes ravageurs des cultures, il est en effet, inévitable de répondre aux questions : quels sont les impacts sur les insectes pollinisateurs ? Sur les arthropodes auxiliaires ? Et plus généralement sur des organismes fréquentant les milieux concernés ? Ces questions s'inscrivent dans le thème général des effets potentiels des pratiques agricoles sur la biodiversité dans un cadre de réduction des usages d'insecticides.

Les biotechnologies porteuses d'espoir

Le potentiel des nouvelles technologies génomiques vis-à-vis de la protection contre les insectes est remarquable. Il serait dommage de ne pas pouvoir utiliser ces procédés tout à fait compatibles avec les aspirations des sociétés occidentales en matière de santé, de sécurité de l'alimentation et de respect de l'environnement.

Les défis que posent les ravageurs des cultures restent nombreux. Pour y répondre toutes les pistes doivent être explorées. Les biotechnologies végétales en font partie et sont porteuses d'espoir pour résoudre les impasses auxquelles nos agriculteurs sont confrontés par suite du retrait de nombreuses solutions insecticides. ■

André Fougeroux

Membre de l'Académie d'agriculture de France

Jérôme Salse

INRAE

Perte de biodiversité cultivée : les solutions agronomiques pour y remédier

Après la guerre de 1939-1945, la recherche d'une meilleure productivité dans les systèmes de culture s'est traduite par une spécialisation et une simplification des assolements avec une forte mobilisation des facteurs de production, notamment des intrants chimiques de synthèse pour fertiliser et protéger les plantes. On a assisté en parallèle à une certaine érosion de la diversité intra spécifique cultivée liée en partie à des demandes qualitatives de l'aval. Les impacts négatifs de ces agricultures sur l'environnement ont alors été considérés par la mise au point de solutions ou d'outils techniques capables de mieux garantir l'efficacité des interventions et de limiter des transferts d'intrants dans l'environnement.

L'agroécologie en marche

Cette évolution s'est prolongée depuis quelques années par une orientation davantage agroécologique de l'agriculture basée sur une contribution de plus en plus

effective des régulations biologiques au sein des agrosystèmes. Cela se traduit par une diversification et un allongement des rotations, avec plus d'espèces cultivées dont un recours plus important aux légumineuses en monoculture ou en association (ex association blé x pois), des pratiques plus variées (dont les associations d'espèces et de variétés, le semis sous couvert, l'interculture), et le développement de l'agriculture biologique, de l'agriculture de conservation des sols et de l'agroforesterie... ce qui entraîne ou entraînera une augmentation de la biodiversité cultivée.

Cette évolution permet aussi une adaptation au changement climatique, pour en limiter les impacts négatifs. Elle doit mobiliser à la fois des leviers agronomiques systémiques adaptés aux systèmes de culture, mais aussi des innovations dans le domaine de la génétique, de la chimie et des technologies. ■

Philippe Gate

ex-Directeur Scientifique d'Arvalis



Chine

En 2024, les plantations de maïs OGM vont doubler

Les sélectionneurs de maïs chinois se préparent à semer en 2024 plus du double de la quantité de maïs génétiquement modifié par rapport à 2023. Le maïs OGM sera cultivé sur environ 670 000 hectares. Malgré cette augmentation, la nouvelle quantité ne représenterait que 1,5 % des près de 44 millions d'hectares qui devraient être semés en maïs ce printemps.

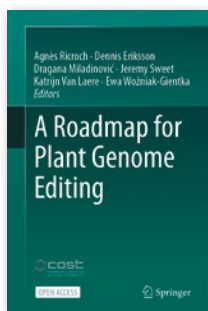
Cependant, les tensions persistantes avec les États-Unis, principal exportateur de maïs, et, plus récemment, la guerre en Ukraine, un producteur clé, poussent Pékin à se concentrer davantage sur l'autosuffisance, notamment en semant à l'avenir des cultures OGM à plus haut rendement.

La Chine a approuvé plus d'une douzaine d'« événements » ou de modifications génétiques du maïs depuis 2019 et a approuvé 37 variétés de maïs OGM et 14 variétés de soja OGM en octobre. ■

Source : Agropages-25 Décembre 2023

Conseils de lecture

UNE FEUILLE DE ROUTE POUR L'ÉDITION DU GÉNOME VÉGÉTAL



Cet ouvrage est écrit par un collectif multidisciplinaire et multisectoriel de scientifiques appartenant au réseau COST Action PlantEd :

A. Ricroch, D. Eriksson, D. Miladinović, J. Sweet, K. Van Laere, E. Woźniak-Gientka.

Éditeur : Springer Cham. Livre aussi disponible en libre accès.

- Techniques d'édition génétique pour l'amélioration des cultures
- Applications d'édition génétique dans une gamme de cultures annuelles et pérennes
- Perception du public et réglementations prises en compte dans l'UE et au-delà.



LES BIOTECHNOLOGIES VÉGÉTALES - ENTRE CONTROVERSES SCIENTIFIQUES ET CONTROVERSES SOCIÉTALES 1973-2023

Alain Deshayes

Éditeur : L'Harmattan - 282 pages

Cet ouvrage présente une narration de l'émergence et du déroulement des controverses générées par le développement des biotechnologies végétales. L'auteur est ingénieur agronome, généticien et directeur de recherche honoraire de l'INRA.

BIOTECH CHALLENGES

Catherine Regnault-Roger

Éditeur : Springer Nature-Prix



L'ouvrage s'interroge sur ce que sont les OGM, les produits d'édition du génome et la place des transformations génomiques aujourd'hui et demain dans nos sociétés. Il tente de donner quelques repères géostratégiques et réglementaires sur les produits biotechnologiques afin de mieux comprendre les enjeux actuels.

L'auteure est Diplômée de la Faculté de Pharmacie, membre de l'Académie d'Agriculture de France.

Le transfert latéral de gènes ou le génie génétique naturel

Une nouvelle étude réalisée par des chercheurs de l'Université de Sheffield (UK) confirme l'importance du transfert horizontal de gènes chez les graminées.

Le transfert horizontal de gènes (TLG) est le transfert d'ADN entre organismes sans reproduction sexuelle. Cette équipe a séquencé le génome de cinq espèces de graminées. La comparaison des séquences a montré que 168 gènes ont été acquis par le processus TLG indiquant une fréquence importante de transfert dans cette famille. Sur ce total de 168 gènes acquis latéralement, seulement deux sont partagés par les cinq génomes analysés.

Ce taux de transfert élevé crée une variation du contenu des gènes des cinq espèces étudiées. Ces gènes contribuent à la variation génétique des espèces et ont contribué aux adaptations locales.

Bien que les mécanismes précis à l'origine des transferts soient inconnus, les hypothèses actuelles sont que les mécanismes les plus probables impliquent un transfert au niveau du tube pollinique au moment de la fécondation ; ce sont donc des exemples de transgénèse naturelle qui ont contribué à l'évolution des espèces. ■

Source : Raimondeau et al., 2023. doi: 10.1111/nph.19272

Un grand acteur de la Révolution verte nous a quittés

Un des acteurs majeurs de la « Révolution verte », Mankombu S. Swaminathan (1925-2023), vient de nous quitter. Cet agronome et généticien indien formé sur la pomme de terre aux Pays-Bas, puis au Royaume-Uni et aux USA, rentré en Inde en 1953, y rencontra Norman Borlaug, Nobel de la Paix 1970.

Il commença en 1954 à tester les blés demi-nains, sélectionnés au Mexique par ce dernier, puis à les recombiner avec des blés indiens. A partir des années 1970, leur travail d'équipe fit de l'Inde un producteur mondial important de cette céréale sauvant des millions de personnes de la famine. Il a fait de l'Inde une superpuissance alimentaire et formé des chercheurs dans de très nombreux pays.

Par ailleurs, M.S. Swaminathan n'a jamais cessé de promouvoir l'innovation en recherche et été un promoteur engagé de la mutagenèse et des biotechnologies au service de l'agriculture et de la lutte contre la faim durant toute son existence, contribuant notamment à la mise en marché de coton transgénique *Bt* en Inde. ■

Alain Bonjean
Administrateur AFBV

Les ciseaux moléculaires améliorent la conservation de la tomate

Des chercheurs de l'Université Davis (Californie) ont éliminé, à l'aide du système CRISPR, le fonctionnement (knock-out) de deux gènes codant pour des enzymes (polygalacturonase et pectate lyase) qui dégradent la pectine chez la tomate. La pectine étant conservée plus longtemps la

tomate mûre reste plus longtemps ferme tout en gardant ses qualités gustatives. La durée de conservation est augmentée.

Ce résultat montre le potentiel de l'édition génomique pour lutter contre le gaspillage après récolte. ■

Source : Ortega-Salazar et al., 2023. DOI: 10.1002/ppp3.10445

Une vigne éditée résiste au mildiou

La technologie CRISPR-Cas9 permet de modifier les gènes des plantes et de développer une plante résistante à des maladies. Une étude réalisée par des chercheurs de l'INRAE et publiée dans le *Journal of Experimental Botany* a examiné le rôle de *Downy mildew resistant 6 (DMR6)*, un régulateur négatif de l'immunité des plantes, dans la résistance de la vigne au mildiou. En effet, chez *Arabidopsis*, la perte de fonction de *DMR6* entraîne une résistance au mildiou.

L'étude s'est concentrée sur *Vitis vinifera*, une espèce de vigne qui possède deux copies du gène *DMR6 (VvDMR6-1 et VvDMR6-2)*. Les chercheurs ont utilisé CRISPR-Cas9 pour modifier le gène *VvDMR6-1* dans les plants de vigne. Les plantes modifiées présentaient une résistance accrue au mildiou. ■

Source : Gene-edited Grapevine Shows Resistance to Downy Mildew - Crop Biotech Update (December 14, 2023) | Gene Editing Supplement - ISAAA.org



En juillet 2023, la Commission européenne a proposé d'autoriser l'usage des « ciseaux génétiques » pour l'amélioration des plantes sans considérer leurs produits comme des organismes génétiquement modifiés (OGM). Des voix s'élèvent contre cette proposition.

De quoi parle-t-on ?

Contrairement aux technologies de production des OGM, les ciseaux génétiques coupent de façon précise l'ADN et permettent de le modifier précisément sans laisser la moindre trace artificielle dans le reste du génome. Cette technique est appelée l'édition génomique. L'absence de trace ou de tout remaniement accidentel est vérifiée par le séquençage du génome de la plante éditée. On peut de la sorte modifier les caractéristiques d'un gène, introduire ou supprimer un gène et ainsi changer les propriétés d'une plante. Cela offre la possibilité de sélectionner une plante rapidement là où les agriculteurs ont recouru à des croisements successifs pendant de longues périodes pour essayer d'obtenir un même résultat. C'est pourquoi la Commission européenne, sur recommandation des experts, n'a pas retenu la qualification d'OGM et donc n'a pas jugé pertinent d'y associer la réglementation stricte en vigueur pour ces derniers.

Face aux inquiétudes et questionnements compréhensibles, suscités par ces prises de positions hostiles, l'Académie des sciences, consciente de l'importance d'une information venant des scientifiques, tient à rappeler les points suivants, largement partagés avec les académies des sciences étrangères.

1 - Les ciseaux génétiques constituent une avancée scientifique majeure. Sa portée va bien au-delà de la question de savoir ce qui est ou n'est pas un OGM. Elle permet de mettre au service de l'homme et de la planète une grande partie du savoir scientifique acquis depuis plusieurs décennies grâce à la génétique moléculaire.

2 - L'édition génétique des génomes, pratiquée grâce à ce nouvel instrument, a déjà permis des avancées dans le domaine de la santé humaine comme le traitement d'anémies d'origine génétique.

3 - S'agissant des plantes, leur usage conduit notamment à accélérer des procédés de « sélection naturelle » utilisés par l'homme depuis des millénaires pour améliorer les plantes comestibles, notamment leur valeur nutritive. Il permet de le faire en connaissance de cause donc de façon rapide et sûre, plutôt qu'au hasard des mutations et des croisements conventionnels, dont les risques, comme l'introduction de gènes délétères ne sont généralement pas évalués.

4 - L'innocuité des OGM pour la santé humaine et animale, auxquels ses détracteurs assimilent l'édition génétique, a été démontrée. Ils sont en effet utilisés depuis de nombreuses années dans plus de la moitié du monde.

5 - Il est parfaitement légitime de s'interroger sur les problèmes soulevés par l'agriculture intensive et l'agro-industrie, mais ceux-ci se posent indépendamment des plantes génétiquement éditées. Il existait une industrie et un commerce des semences bien avant que l'édition du génome soit mise au point.

6 - Il paraît plus judicieux d'analyser la pertinence de telles ou telles applications de l'édition du génome des plantes que de se priver de cette technologie. On peut à juste titre considérer que la production d'espèces végétales résistantes aux herbicides n'est pas un progrès. En revanche, développer des plantes adaptées à des conditions plus sévères de température ou de sécheresse contribuera à limiter les conséquences du réchauffement climatique (même s'il faut aussi agir sur ses causes). Ce seront les populations plus démunies, les plus vulnérables en ce qui concerne l'accès à l'alimentation qui en seront les premiers bénéficiaires. Développer des plantes d'intérêt pour la santé humaine comme le riz doré utilisé aux Philippines pour combattre les carences en vitamine A et ce sans but lucratif ou demain des tomates sources de vitamine D représente un autre domaine d'application prometteur.

7 - Le blocage systématique des cultures OGM et celui, maintenant réclamé par les 7 détracteurs de l'édition génétique, est de ce fait plus que discutable lorsqu'il s'agit de propositions de progrès scientifiques utiles à l'humanité. Il convient de faire en sorte que les conditions d'utilisation des plantes éditées respectent ce principe mais pas d'interdire de facto leur utilisation raisonnée. Leur usage doit être bien sûr réglementé.

8 - L'invocation perpétuelle de conflits d'intérêt qui biaiserait le jugement de scientifiques compétents ne peut être généralisée, même si la communauté scientifique doit être attentive à cette question.

9 - Le principe de précaution n'est pas un principe d'abstention, mais de rationalisation des risques irréversibles.

10 - Nous avons besoin et aurons besoin de beaucoup de science (et de moins d'idéologie), si nous voulons léguer à nos successeurs une planète plus habitable.

Source : Communiqué de presse du 10 novembre 2023
presse@academie-sciences.fr

*Édition du génome est un terme impropre, un anglicisme consacré par l'usage

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 **35 euros** à
AFBV - 23-25, rue Jean-Jacques Rousseau - 75001 Paris