

# Biotechnologies Végétales



# infos

N° 2

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

## SOMMAIRE

### Focus

**P.2** Catalogne : La culture du maïs génétiquement modifié, un succès qui ne se dément pas.

**P.3** Enfin ! Un nouveau prunier résistant au virus de la Sharka.

Des plants de pommes de terre résistant aux virus.

Le Brésil se prépare à lutter contre le réchauffement climatique avec l'aide des biotechnologies.

### Dossier blé

**P.4** Les blés génétiquement modifiés se mettent au vert.

**P.5** Le séquençage complet du blé est en route.

### Actualités

**P.6** Les technologies de modification ciblée des gènes de plante.

Une recherche collective pour améliorer le rendement de la betterave.

**P.7** Les dessous et les enjeux de la bataille du riz doré.

1 800 études confirment l'innocuité des OGM.

### Point de vue

**P.8** Marc Van Montagu



23-25, rue Jean-Jacques Rousseau  
75001 PARIS  
afbv.secretariat@gmail.com

Directeur de publication : Marc Fellous  
Secrétaire de rédaction : Gil Kressmann  
Numéro : en attente  
Prix de l'abonnement annuel : 27 euros

## La science absente dans la loi d'avenir pour l'agriculture

Le ministre de l'Agriculture ambitionne avec sa loi d'avenir pour l'agriculture de faire de la France à la fois « une puissance agricole et agroalimentaire » et « un modèle de l'agroécologie ». C'est un projet ambitieux qui annonce de grandes mutations.

Mais peut-on imaginer ces changements sans innovation ? Et pense-t-on être capable d'innover sans continuer à investir dans la recherche ? Ce facteur de succès pour tous les secteurs de notre économie a été longtemps prôné pour notre agriculture. Nous avons ainsi créé l'INRA. Mais n' assiste-t-on à un changement des mentalités sous l'influence d'une remise en cause du progrès et de la montée en puissance d'un état d'esprit régressif et passéiste sur notre modèle de développement agricole ?

La recherche est en effet la grande absente de la « loi d'avenir » sur l'agriculture. Comment envisager un futur à une activité productive confrontée à une concurrence mondiale sans investir dans la recherche et l'innovation ? Comment justifier un tel mépris pour la recherche alors que notre pays dispose d'un potentiel de compétences exceptionnel mais pour combien de temps encore ?

Par ailleurs nos gouvernements successifs ont stoppé le développement de la recherche publique dans les biotechnologies végétales. Pourtant de très nombreux pays agricoles « développés » comme des pays dits « émergents » ont fait, à l'inverse de notre pays, le choix de mettre en œuvre des programmes de Recherche et Développement extrêmement ambitieux dans le domaine des biotechnologies végétales. Même le Royaume-Uni vient de décider un ambitieux programme de recherche dans les « agritech » dans lequel la génétique et la génomique des cultures tiennent une place de choix.

Refuser les outils modernes de la recherche pour développer notre agriculture serait condamner notre pays à devenir ainsi un « petit pays » agricole, sans puissance et sans influence.

Marc Fellous  
Président de l'AFBV

# La culture du maïs génétiquement modifié en Catalogne : un succès qui ne se dément pas

La surface totale cultivée de maïs en Espagne a été de 432 700 ha en 2013, et est en augmentation de 11% par rapport à la campagne précédente. Le maïs modifié génétiquement (maïs Bt) a occupé une surface estimée de 136 962 ha, ce qui représente plus de 30% de la sole totale de maïs. Après des années de culture, quel bilan peut-on tirer de cette exception européenne ? Lors du colloque de l'AFBV/SAF le 1<sup>er</sup> octobre 2013, Joan Serra Gironella, agronome et chercheur du Centre IRTA, a apporté des éléments de réponse instructifs.

La Catalogne est la quatrième région espagnole de production de maïs (en surface), après la Castilla y León, l'Aragon, l'Extremadura et l'Andalousie ; mais elle se situe deuxième, après l'Aragon, en hectares semés avec du maïs génétiquement modifié (GM).

## Plus de 50 % des surfaces de maïs sont GM en Catalogne

45 210 ha de maïs ont été cultivés en Catalogne dont plus de la moitié (52,8%) en maïs GM avec une surface estimée de 23 871 ha. L'utilisation des variétés GM est récurrente, soit 50% des surfaces cultivées en maïs ces cinq dernières années. Par contre, la surface de maïs biologique reste encore marginale, avec uniquement 31 ha.

La demande espagnole de maïs grain par l'industrie de transformation, pour l'alimentation animale ou humaine, est normalement de 2 100 000 tonnes. Près de 80% du maïs cultivé sont destinés à l'alimentation animale, principalement pour l'alimentation des porcs. La demande en maïs biologique est de 5 000 tonnes (0,2% du total). La production de maïs grain en Catalogne, proche de 375 000 tonnes, permet de répondre à seulement 15-20% des besoins de l'industrie qui doit importer du maïs des autres régions de l'Espagne et d'autres pays, principalement de la France.

## Un étiquetage tout OGM

La plupart des agriculteurs espagnols vendent leur production à l'industrie pour l'alimentation animale. Il n'y a pas de différence de prix payé aux agriculteurs pour le maïs conventionnel ou pour le maïs GM. L'indus-



trie des aliments pour animaux utilise plusieurs matières premières pour l'élaboration de ses produits dont certaines sont génétiquement modifiées comme le tourteau de soja ou le maïs. Quel que soit le maïs utilisé, conventionnel ou GM, le producteur d'aliments pour animaux étiquètent comme « OGM » tous ses produits.

## Un maïs GM proposé par la plupart des entreprises semencières

En Europe et par conséquent en Espagne, il n'y a qu'une modification génétique autorisée à la culture pour la production de maïs, le MON810, qui offre une résistance totale à la pyrale et à la sésamie. Cette modification a été initialement développée par Monsanto. Mais maintenant presque toutes les autres sociétés de semences proposent elles aussi des variétés de maïs avec cette modification. Cependant les agriculteurs espagnols et européens ne bénéficient pas des autres modifications génétiques disponibles dans les autres pays producteurs de maïs (USA, Argentine, etc.) et qui cumulent des résistances à d'autres ravageurs et une tolérance à des herbicides.

Le coût de la semence des variétés GM est plus élevé (de l'ordre de 50 euros /ha) ; mais il suffit d'une augmentation du rendement du maïs de l'ordre de 2% pour compenser ce surcoût, ce qui est largement le cas.

## Des rendements et une rentabilité supérieurs

Dans les régions où les attaques de sésamie et pyrale sont dommageables, c'est-à-dire supé-

rieures à 1 larve/tige, le maïs GM donne généralement des rendements supérieurs (de 5 à 15 %) au maïs conventionnel isogénique. Les maïs GM ont des grains plus lourds et un nombre d'épis plus élevé. Ils montrent aussi une meilleure résistance à la pourriture et à la rupture des tiges. De ce fait, la plupart des variétés GM sont plus productives et leur rentabilité est clairement supérieure à celle des variétés conventionnelles.

## Une assurance contre les attaques éventuelles des insectes

La culture des variétés Bt, qui ont couvert plus de 30% du total du maïs cultivé en Espagne au cours des dix dernières campagnes, a conduit à une réduction drastique des populations de sésamie et de pyrale. L'attaque de ces ravageurs est devenue inférieure à 0,1 larves/tige dans la plupart des parcelles de maïs conventionnel. Avec cette faible pression d'insectes, les rendements des variétés GM et conventionnelles sont similaires (Serra et al., 2012). Les caractéristiques agronomiques de l'hybride deviennent alors plus importantes que la contribution apportée par la modification génétique MON810. L'utilisation des variétés GM est ainsi devenue une assurance pour l'agriculteur.

## Maïs GM : des teneurs en fumonisines inférieures aux variétés de maïs conventionnelles

La teneur en mycotoxines est l'un des facteurs les plus importants qui conditionne la qualité du maïs grain. En Catalogne, le principal risque est la présence de fumonisines produites par *Fusarium verticilloides* (Sacc.) Nirenberg. Les attaques de sésamie et pyrale peuvent causer des blessures dans les grains qui favorisent l'attaque de ce champignon et la contamination par les fumonisines (toxines hautement cancérigènes). La modification MON810 protège contre les dégâts que provoquent ces ravageurs et indirectement permet de diminuer la teneur en ces toxines. Les variétés GM présentent donc des teneurs en fumonisines inférieures aux variétés isogéniques conventionnelles (Serra et al., 2008). ■

## Un nouveau prunier résistant au virus de la Sharka

La maladie de la Sharka est présente un peu partout dans le monde, en particulier en Europe. Le développement de cette maladie est la cause d'une réduction dramatique de notre verger dans les Pyrénées-Orientales et dans la vallée du Rhône. Ce virus infecte la plupart des arbres fruitiers à noyau : cerisier, pêcher, abricotier, amandier et prunier.

La maladie de la Sharka se traduit par la chute des fruits avant maturité, ce qui affecte sérieusement la production fruitière. Les symptômes de cette maladie sur les fruits les rendent également impropres à la commercialisation. C'est pourquoi l'annonce de la conception d'un prunier résistant à la Sharka est une bonne nouvelle pour les arboriculteurs du monde entier.

HoneySweet est un nouveau prunier transgénique hautement résistant au virus de la

Sharka. Cette découverte est le fruit de 15 ans de recherche et d'essais par la recherche publique européenne (INRA...) et américaine. HoneySweet a été développé à l'aide d'un système semblable à la vaccination sur l'homme. En intégrant un fragment d'ADN correspondant à une partie complémentaire de l'ARN du virus de la Sharka dans HoneySweet, le système naturel de défense des plantes s'enclenche. Ce système de protection reconnaît tout ou partie de l'ARN du virus de la Sharka afin de le détruire.

Deux gènes ont été rajoutés pour développer HoneySweet. Il s'agit des gènes GUS et NPTII utilisés depuis vingt ans pour les PGM. Leur sécurité alimentaire et environnementale a été évaluée et démontrée par toutes les autorités compétentes aux Etats-Unis. Mais ce prunier transgénique sera-t-il autorisé en Europe ? ■

## Argentine : des plants de pommes de terre GM résistant à un virus

Des chercheurs argentins ont développé des plants de pommes de terre résistant au virus Y (PVY), une maladie qui touche 50% des cultures de pommes de terre de ce pays et en réduit les rendements de 20 à 80%. Ces chercheurs du CONICET et de l'INGEBI ont testé 2 000 plants en provenance de différentes régions d'Argentine. Les résultats de leur recherche sont spectaculaires : les plants

de pommes de terre GM n'étaient pas infectés tandis que les taux d'infection étaient de 60 à 80% pour les plants non GM. Les analyses ne font apparaître aucune différence significative entre les plants GM et non GM sur le plan de la composition chimique, de la valeur nutritionnelle et du rendement. ■

Source : Agro- Bio Argentine

## Le Brésil se prépare à lutter contre le réchauffement climatique avec l'aide des biotechnologies.

Au Brésil, l'agence nationale de recherche agricole EMBRAPA, organisme équivalent à l'INRA en France, utilise l'innovation et la technologie depuis sa création en 1973, pour améliorer les performances agricoles. Selon le président de l'agence Mauricio Lopes, « Le Brésil est une grande nation agricole, et nous ne pouvons pas tout simplement dire non à la technologie et à l'innovation. Dans un pays tropical comme le nôtre, il y a plus de ravageurs, plus de maladies, et par-dessus tout, nous sommes confrontés au changement climatique et nous devons accroître notre rendement agricole. Il n'y a pas moyen d'avoir de l'agriculture au Brésil sans

la science ». (Financial Times du 22 octobre 2013).

Ainsi l'EMBRAPA travaille tant par la sélection conventionnelle que par transgénèse pour aider des espèces, notamment les cultures vulnérables comme le café, à résister à des températures plus élevées.

« Nous pensons que certaines cultures au Brésil pourraient être déplacées dans un proche avenir, en fonction des changements de température, et nous avons donc 400 chercheurs qui s'emploient à trouver comment adapter l'agriculture au changement climatique », a déclaré Mauricio Lopes, le Président de l'EMBRAPA. ■

### Interview d'Henri Nallet (1)

“Produire autrement suppose une maîtrise scientifique plus grande”



→ Les débats, voire les polémiques, sur les progrès techniques en agriculture ne sont-ils pas devenus un obstacle pour le développement de l'agriculture ?

*Produire autrement suppose une maîtrise scientifique encore plus grande ; il faut plus de recherche pour une plus grande maîtrise des processus biologiques. Nous devons donc fournir un effort scientifique plus important que celui auquel nous nous sommes habitués. Cela suppose en particulier que nous ne fermions aucune porte, y compris celle des modifications génétiques.*

→ Que pensez-vous des réticences à l'égard de la recherche en biotechnologies ?

*Je pense que c'est un risque réel et qu'il est en train de se réaliser. Je connais certaines grandes entreprises qui ont replié leur centre de recherche ou, quand elles le peuvent, l'ont déplacé ailleurs. On ne fabriquera pas de nouveaux chercheurs en quelques mois, ni même en quelques années. Tout ceci est le résultat d'une lecture de ces sujets insuffisamment courageuse et réfléchie. Nous avons plié le genou devant des prises de position non fondées scientifiquement qui ont conduit à des attitudes radicales pour satisfaire la rumeur. J'ai toujours défendu une attitude qui sauvegarde la possibilité de poursuivre nos recherches et de former des chercheurs dans ces domaines. Or nous avons détruit des laboratoires dépendants de la recherche publique.*

Extraits des propos recueillis par Benoît Jullien pour Semences et Progrès

(1) Henri Nallet, ancien ministre de l'Agriculture

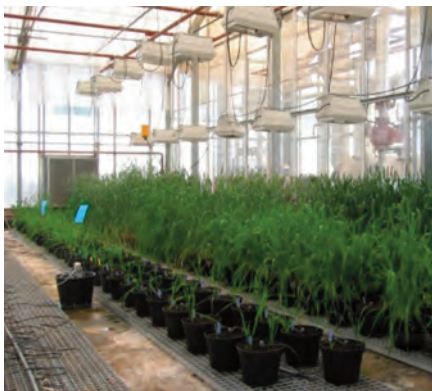


## Les blés génétiquement modifiés se mettent au vert

Depuis l'obtention de la première plante de blé transgénique il y a une vingtaine d'années, des recherches intensives ont été menées à l'aide de ces nouvelles technologies pour chercher à améliorer les caractéristiques agronomiques de cette plante cultivée de toute première importance qui occupe 17% des surfaces cultivées mondiales. Les améliorations recherchées concernent des résistances aux maladies et aux insectes, la tolérance à la sécheresse et à la salinité des sols, l'augmentation du rendement et l'amélioration de la qualité du grain.

En Europe, le climat de suspicion vis-à-vis des plantes génétiquement modifiées fait que l'immense majorité de ces recherches, voire la totalité pour ce qui est de la France, n'ont été conduites que dans des serres confinées, ce qui n'est pas sans conséquences comme nous allons le voir pour la pertinence des résultats obtenus.

Des chercheurs Européens appartenant à des instituts publics continuent néanmoins à mettre en place des expérimentations en plein champ et à démontrer leur pertinence, comme nous allons le voir dans les deux exemples suivants.



Des blés génétiquement modifiés cultivés dans une serre confinée de l'INRA de Clermont-Ferrand (France).

### Pourquoi les expérimentations en plein champ sont-elles nécessaires ? : le cas des recherches menées sur les résistances aux maladies à l'Université de Zurich

De nombreuses recherches sont menées au sein de l'Université de Zurich sur les résistances aux maladies chez les plantes en général, dont le blé en particulier. Le but de ces recherches est de comprendre comment fonctionnent les résistances aux maladies présentes naturellement chez le blé afin



Expérimentation en plein champ de blés génétiquement modifiés pour la résistance aux maladies à l'Université de Zurich (Suisse).

d'améliorer leur efficacité et de gérer leur utilisation de façon plus durable, tout en diminuant la quantité de pesticides utilisés pour protéger les cultures.

Une question préalable au développement de projets de recherches ambitieux était de savoir s'il était possible d'obtenir des résultats pertinents en réalisant des expérimentations sur cette thématique en milieu confiné (serres). Les résultats obtenus sur une première série d'expérimentations <sup>(1)</sup> montrent que dans un certain nombre de cas, les résultats obtenus en serre sont diamétralement opposés à ceux obtenus en plein champ. En effet seules des expérimentations en milieu ouvert peuvent permettre d'obtenir des résultats qui seront par la suite utilisables en agriculture. En se basant sur ces résultats, les projets de recherche suivants ont inclus une demande d'expérimentation en milieu ouvert pour des blés génétiquement modifiés, demande qui a été acceptée. Les résultats obtenus <sup>(2)</sup> ont entre autres permis de démontrer que l'association de plusieurs gènes de résistance dans une même parcelle introduits par transgénèse dans un même fond génétique permet d'obtenir une résistance supérieure à la somme des deux résistances prises individuellement.

### Angleterre : des essais en plein champ pour valider une nouvelle stratégie pour la résistance aux pucerons

Les pucerons piquent les plantes et les affaiblissent en se nourrissant de leur sève. De plus, ils transmettent lors des piqûres

des maladies, notamment virales. Les pucerons sont donc doublement pathogènes pour les plantes. Une nouvelle stratégie très élégante a été développée par les chercheurs du Rothamsted Research Institute en Angleterre dans le but d'augmenter la résistance aux pucerons du blé tendre. Ils ont réussi à faire produire par le blé une molécule identique à celle qu'émettent les pucerons pour signaler un danger. De plus, cette molécule joue dans la nature un rôle attractif pour les pathogènes des pucerons, par exemple les coccinelles. Les blés génétiquement modifiés sont ainsi doublement protégés des pucerons car ils les repoussent et attirent leurs prédateurs. Dans le but de tester l'efficacité du système en milieu ouvert, les chercheurs de cet institut ont demandé et obtenu une autorisation d'expérimentation qui est actuellement en cours en se basant sur le fait qu'il était impossible de reproduire en serre les conditions de développement et d'interactions des pucerons et de leurs prédateurs.

### D'autres essais sont régulièrement mis en place dans le monde

Sur la période 1993-2010, 34 essais en plein champ de blés génétiquement modifiés ont été mis en place dans l'ensemble de l'Union Européenne, contre 419 aux Etats-Unis. Des projets importants en cours de développement en Chine ont d'ores et déjà conduit à la mise en place de quatre essais en milieu ouvert. Ces essais sont mis en place dans le strict respect de la réglementation, qui prévoit entre autres une évaluation des risques et la définition de distances d'isolement des parcelles. Dans cette réglementation est pris notamment en compte le fait que le blé tendre est une espèce autogame. Plus de 99 % des fécondations ont lieu à l'intérieur de la fleur limitant considérablement une dissémination éventuelle.

La mise en place de ces essais permettra aux chercheurs des pays concernés d'acquérir une excellence dans leur domaine de recherche, comme c'est le cas pour la résistance aux maladies à l'Université de Zurich, ou bien de tester l'efficacité des innovations les plus récentes, comme c'est le cas au Rothamsted Institute. ■

Pierre Barret,  
Ingénieur de recherche à l'INRA

(1) Zeller et coll. (2010) *PLoS one* 5(7) s11405.

(2) Brunner et coll. (2011) *Plant Biotechnology Journal* 10:398-409

## Le séquençage complet du blé est en route

L'amélioration de la production, de la qualité et de l'adaptation aux contraintes environnementales du blé tendre (*Triticum aestivum L.*) est devenue un enjeu mondial dans un contexte de stagnation des rendements depuis 10 ans, de demandes sociétales accrues d'une production de qualité et réalisée dans un meilleur respect de l'environnement, de compétition croissante entre l'utilisation pour la nourriture ou les biocarburants et de changements climatiques majeurs. Pour relever les nouveaux défis de l'amélioration du blé, il devient donc urgent de décrypter la séquence de son génome, à l'instar de ce qui existe pour le riz, le sorgho ou le maïs. Cependant, comparativement à ces trois espèces, le génome du blé est particulièrement difficile d'accès.

La France, au travers de l'INRA et de l'Unité Génétique, Diversité et Ecophysiologie des Céréales de Clermont-Ferrand, a été pionnière dans ce domaine en réalisant la première carte physique du plus grand chromosome du blé (le chromosome 3B, près de trois fois le génome du riz à lui seul). Forte de cette réussite, l'Unité a récemment décidé d'aller au-delà en établissant la première séquence complète et ordonnée de ce chromosome (projet 3B-SEQ financé par l'ANR et France Agrimer, débuté en avril 2010). Emboîtant le pas, d'autres pays ont réussi à obtenir des financements pour débiter le même travail sur les autres chromosomes.

### Des outils de séquençage plus performants et moins chers

Parallèlement, une révolution s'opère depuis quelques années dans les techniques de séquençage, les rendant beaucoup moins chères, plus rapides et capables de générer des quantités de séquence gigantesques (de l'ordre de plusieurs milliards de bases en une seule fois). Cependant, l'assemblage de novo de très grands génomes complexes reste un énorme défi que ces technologies n'ont pas encore complètement résolu et un travail substantiel reste donc à accomplir pour séquencer le génome du blé tendre avec les technologies actuelles.

Dans ce contexte, des équipes anglaises (Universités de Liverpool et de Bristol,

John Innes Centre à Norwich) ont généré un jeu de séquences courtes représentant en nombre de bases l'équivalent de cinq fois le génome complet du blé. Ces séquences brutes complètent les approches antérieures de séquençage des parties exprimées du génome (EST) et sont particulièrement adaptées et utiles au développement de nouveaux marqueurs utilisables à haut débit et couvrant l'intégralité du génome.

Cependant, et au contraire de ce qui a été annoncé dans une partie de la presse internationale, il ne s'agit en rien d'une séquence assemblée et ordonnée équivalente à celle obtenues chez le riz, le sorgho ou le maïs. Seul ce type de séquence permet de relier précisément l'information de séquence à celle des phénotypes pour les caractères d'intérêt agronomiques travaillés par les sélectionneurs afin d'améliorer les variétés de blé. Ainsi, les séquences actuellement mises à disposition par les équipes anglaises sont l'équivalent d'un ensemble de mots qu'on aurait tirés sans ordre d'une encyclopédie en plusieurs volumes, et donc très éloignées d'une séquence continue et complète exploitable par les sélectionneurs.

### Des efforts supplémentaires pour investir dans un secteur stratégique

Il est donc clair que des efforts supplémentaires, très supérieurs à ceux engagés à l'heure actuelle au niveau international, sont encore nécessaires dans les prochaines années pour atteindre l'objectif de la séquence complète du génome de blé tendre. Des efforts tels que ceux développés en France par l'INRA, soutenue par l'ANR et ses tutelles, depuis 5 ans pour l'obtention d'une séquence de référence du chromosome 3B, ouvrent la voie au reste du génome. Reste à persuader les bailleurs de fonds de l'importance d'investir dans ce domaine si stratégique pour l'agriculture de demain. ■

Catherine Feuillet\*, Pierre Sourdille, Etienne Paux, INRA Clermont-Ferrand

\* Nouvellement Directrice recherche génétique Bayer CropScience

## Brèves

### Bientôt un blé transgénique tolérant à la sécheresse et la salinité

Après le soja, le maïs, ou encore le cotonnier, c'est au tour du blé de subir une modification génétique destinée à améliorer son rendement. Les laboratoires argentins Bioceres engagent un partenariat avec le semencier français Florimond Desprez pour donner naissance à une variété tolérante à la sécheresse et à la salinité, grâce à l'incorporation d'un gène de tournesol. Baptisée Trigall Genetics, la coentreprise espère réaliser la mise sur le marché du premier blé GM au monde. Cette nouvelle semence promet une amélioration du rendement comprise entre 10 et 15 %. Elle devrait être disponible au cours de l'année 2017. Une fois la période d'essai terminée, ce blé transgénique sera commercialisé au sein du marché commun sud-américain, le MERCOSUR. Aucune date n'est envisagée pour un lancement en Europe ou en France : « En Europe, les perspectives du déblocage du développement des OGM sont nulles dans le contexte politique actuel », déplore François Desprez, Président de Florimond Desprez.

### SUISSE : feu vert de l'OFEV à une culture expérimentale de blé OGM

L'Office fédéral de l'environnement (OFEV) a autorisé l'Université de Zurich à cultiver à titre expérimental en plein champ du blé génétiquement modifié. Le but de l'expérience est d'examiner le comportement d'un blé génétiquement modifié pour résister à l'oidium, une maladie fongique, et d'étudier les effets de cette résistance. Les essais auront lieu entre 2014 et 2018 sur le nouveau site protégé de la Station fédérale de recherche agricole Agroscope à Reckenholz.

## Les technologies de modification ciblée des gènes de plante

Fin 2011, la revue scientifique *Nature Methods* a élu comme méthode de l'année « l'ingénierie des génomes par des nucléases ». Cette même technologie a été distinguée comme « rupture technologique de l'année » par le magazine *Science*. Une véritable révolution scientifique ? En quoi concerne-t-elle les agriculteurs ?

Cette technologie, initialement découverte par Bernard Dujon de l'Institut Pasteur, a été adoptée très largement par les scientifiques, du monde académique et de l'industrie. Elle pourrait changer radicalement la manière de développer des nouveaux traits en biotechnologie végétale, parfois sans même l'ajout de séquences géniques étrangères, ce qui pose évidemment de nombreuses questions réglementaires.

### Un mécanisme naturel

Une simple enzyme (nommée « nucléase ») est utilisée, dont le substrat est une séquence d'ADN spécifique choisie à l'avance, par exemple un gène permettant une amélioration agronomique. La nucléase, agissant dans les cellules vivantes, va trouver sa séquence cible et la couper. Cette coupure va induire les mécanismes naturels de réparation de l'ADN. Les ingénieurs vont alors exploiter cette propriété pour modifier de manière choisie et permanente le génome de cellules vivantes, et en particulier celui des cellules végétales. Ce processus, qui correspond à une réécriture choisie du message contenu dans le génome, ressemble à l'édition d'un texte par le logiciel « Word », d'où l'appellation de « édition de gènes » donnée à cette technologie.

Les technologies d'édition de gènes, découvertes par des groupes universitaires, sont nommées par des acronymes tels que ZFN, TALEN ou CRISPR, et sont commercialisées par des groupes de distribution d'outils de recherche incluant Sigma Aldrich, Life Technologies ou Collectis BioResearch.

**Illustration:** Mécanisme d'action ciblé d'une nucléase TALEN sur un gène. La coupure de l'ADN induit des mécanismes naturels de réparation qui permettent d'introduire des modifications choisies. La mutagenèse normale est donc accélérée et ciblée au gène choisi afin de créer une caractéristique à valeur ajoutée.

### Des applications nouvelles pour les agriculteurs

Cette technique nouvelle permet de créer des traits agronomiques bénéfiques pour l'amélioration des variétés. Parmi les applications, nous notons : la résistance à des maladies, l'élimination de substances nocives/allergènes des plantes, l'amélioration du contenu nutritif des graines et des végétaux. La capacité à réécrire localement l'information génétique des plantes permet en particulier de développer des variétés non transgéniques par un mécanisme de mutagenèse ciblée.

En France, le leader est la société Collectis, qui s'est associé au sein du projet Genius, avec 15 partenaires dont l'INRA, le CIRAD, Limagrain et Germicopa. Ce projet d'un coût total de 21 millions d'euros sur 7 ans permettra de créer de nouvelles variétés d'intérêt. Dans le monde, les plus grands semenciers tels que Monsanto, Bayer, Dow ou Pioneer ont aussi adopté la technologie.

### Débats sur la réglementation

La caractéristique qui suscite le plus d'intérêt est la capacité de créer des variétés qui ne présentent que des modifications ciblées, qu'on peut trouver dans la nature mais dont le développement est accéléré par rapport aux approches habituelles. Les instances réglementaires planchent sur la manière de traiter les produits issus de ces méthodes

gées nouvelles qui semblent plus proches de la mutagenèse naturelle que des OGM classiques. Ainsi le USDA a produit des lettres d'opinion, indiquant que certains produits issus de cette méthode ne seraient pas considérés comme des articles régulés par la législation américaine. De nombreux pays semblent suivre la même approche, incluant l'Europe, d'autant que l'absence de transgène rend virtuellement impossible la détection de ces produits de l'agriculture lors de l'import/export.

### Vers de nouveaux modèles économiques

Le développement de cette nouvelle technologie suscite autant d'espoirs que de questions. Nous sommes en passe de voir changer de manière durable le paysage des produits agricoles issus de la biotechnologie, ainsi que leur acceptation par le grand public. La mise en place d'une réglementation plus allégée semble se dessiner, rendant économiquement plus facile le développement de nouvelles variétés. L'abaissement de la barrière à l'entrée liée aux coûts réglementaires de développement de variétés améliorées devrait permettre à des groupes universitaires ou des PME de faire profiter les agriculteurs de leurs innovations. Cette approche semble compatible avec un changement des règles du jeu par le développement de modèles économiques plus proches des souhaits et besoins des agriculteurs.■

Luc Mathis,

Directeur Général de Collectis plant sciences  
New Brighton, Minnesota, USA

## Une recherche collective pour améliorer le rendement de la betterave

Le programme AKER vise à améliorer la compétitivité de la betterave en France à l'horizon 2020 pour faire face à la concurrence de la canne à sucre. L'objectif est de doubler le rythme de croissance annuelle de son rendement en sucre/hectare : 4 % contre 2 %. Onze organismes, partenaires publics et opérateurs privés de la filière betterave sucrière française participent à ce programme qui s'étale sur la période

2012/2020 et dispose d'un budget de 18,5 millions d'euros. Ce programme consiste d'abord à élargir la variabilité génétique de la betterave en constituant une collection de gènes. Ensuite, AKER valorisera le matériel génétique obtenu en le croisant avec le matériel élite, de manière à produire de nouvelles variétés à haut potentiel, qui seront mises à disposition de la filière.■



## Les enjeux cachés de la bataille du riz doré

Le premier riz génétiquement modifié pourrait être produit aux Philippines d'ici 2016. L'Institut international de recherche sur le riz (IRRI) et le département de l'agriculture du gouvernement philippin affirment que le « riz doré » a terminé sa phase d'essais au champ. Rappelons que le riz doré, créé il y a près de 15 ans par le professeur Ingo Potrykus<sup>(1)</sup>, a été génétiquement modifié pour produire du bêta carotène, précurseur de la vitamine A. Or le déficit en vitamine A est la cause de la cécité et de la mort de millions d'enfants tous les ans dans les pays en développement.

C'est pourquoi il est important de défendre ce riz doré qui aurait dû être mis en marché

depuis 10 ans. Plus de 6 000 scientifiques du monde entier ont dénoncé la destruction récente aux Philippines d'un champ d'essais de ce riz. Des scientifiques chinois ont dégusté du riz doré en présence des médias. L'un des fondateurs de Greenpeace, le Dr Patrick Moore, vient de prendre la tête de la défense de cette innovation génétique et accuse son ancienne association, qui se mobilise contre la production de cette plante, de « crime contre l'humanité ».

Pourquoi les opposants aux plantes génétiquement modifiées comme Greenpeace exercent-ils autant de pression pour interdire cette plante ? Si ce riz doré est mis en marché et consommé, on pourra alors

constater les progrès de la santé de millions d'enfants grâce à une plante transgénique. Des millions de vies seront sauvées. Le riz doré sera alors la preuve qu'une plante génétiquement modifiée peut apporter un bénéfice aux consommateurs et la si efficace dialectique de l'amalgame, « OGM tous nocifs », ne fonctionnera plus. Ainsi, derrière l'enjeu humanitaire du riz doré, il y a non seulement un enjeu scientifique, mais aussi un enjeu politique et un enjeu de crédibilité pour la communication de Greenpeace. ■

Gil Kressmann

(1) Voir *Biotechnologies végétales infos* N°1. Nous profitons de cette note pour demander au Pr Ingo Potrykus de nous excuser pour avoir mal orthographié son nom dans ce numéro.

## 1 800 études confirment la non dangerosité des OGM

Une équipe de scientifiques italiens a publié dans *Critical Review of Biotechnology* une méta-analyse de 1 783 études sur les organismes génétiquement modifiés (OGM), publiées entre 2002 et 2012, et ont conclu que « jusqu'à présent, on n'a détecté aucun danger significatif lié aux cultures transgéniques ».

Le travail de compilation, dirigé par le biologiste Alessandro Nicolai de l'Université de Pérouse, a permis une évaluation des interactions des cultures transgéniques avec l'environnement et des conséquences de leur consommation par les animaux et les êtres

humains. Cette analyse conclut à l'absence de risque lié à la culture et à la consommation des plantes transgéniques.

Seule une des affirmations habituelles des écologistes trouvent confirmation dans la littérature scientifique, à savoir que **les gènes incorporés dans une plante donnée peuvent se retrouver dans une plante sauvage étroitement apparentée et peut-être même à des micro-organismes**. Mais bien que l'analyse confirme que « la formation d'hybrides entre plantes génétiquement modifiées et leurs variantes sauvages est possible et est documentée », **cela se passe aussi et**

**constamment avec les plantes non génétiquement modifiées (GM) sans que cela soit nécessairement nuisible.** ■

Source : Daniel Rodriguez Herrera : *Libertad Digital* du 6 octobre 2013.

Découvrez notre site web  
**BIOTECHNOLOGIES VÉGÉTALES**  
[www.biotechnologies-vegetales.com](http://www.biotechnologies-vegetales.com)

Pour en savoir plus sur les biotechnologies végétales, taper AFBV et consultez notre site. Vous pourrez y trouver des actualités, des témoignages, des statistiques, nos communiqués de presse, un glossaire, des applications très nombreuses des biotechnologies.

## Nouvelles publications

### OGM : LA PEUR FRANÇAISE DE L'INNOVATION

Par Gérard Kafadaroff - Edition Baudelaire - Préface du Professeur Maurice Tubiana - Format : 15 x 21 cm - 232 pages - Prix de vente public : 20,00 €

Ce livre bien documenté s'appuie sur des informations factuelles ou validées par la science :

- pour comprendre la vraie réalité des OGM,
- pour décrypter le débat passionnel et le refus par la société française d'une technologie innovante en agriculture,
- pour mesurer l'enjeu des OGM face aux défis alimentaires, nutritionnels, énergétiques et environnementaux du XXI<sup>ème</sup> siècle.



### POURRONS NOUS VIVRE SANS OGM ?

#### 60 clefs pour comprendre les biotechnologies végétales

Ouvrage collectif : Yvette Dattée et Georges Pelletier coordinateurs - Editions Quae - Format - 144 pages - 20,00 €

Comment créer rapidement des nouvelles variétés de plantes pour répondre aux nouveaux défis de l'agriculture ? : augmentation de la population mondiale, changements climatiques...

Aucun moyen technique ne doit être négligé. Les biotechnologies font partie de cette boîte à outils. Elles posent cependant de nombreuses questions scientifiques mais aussi d'acceptabilité par la société auxquelles cet ouvrage apporte des réponses concrètes





Marc Van Montagu<sup>(1)</sup>, Créateur du premier OGM

## La peur irrationnelle des aliments contenant des OGM.

*Nourrir 2 milliards de personnes supplémentaires d'ici 2050, avec l'évolution climatique annoncée, sera l'un des plus importants défis de l'histoire des hommes. Pour le réussir nous devons adopter une approche de l'agriculture qui combine les meilleures techniques agricoles traditionnelles avec les technologies les plus récentes.*

*Les opposants aux plantes génétiquement modifiées ont été extrêmement efficaces dans la désinformation. Les cultures OGM ne provoquent pas de cancers ou d'autres maladies, comme le prétendait récemment une étude discréditée. Le cotonnier génétiquement modifié n'est pas responsable des suicides d'agriculteurs indiens. Une étude de 2008 réalisée par l'association de 64 organisations gouvernementales et non gouvernementales a complètement démystifié cette croyance. Et les cultures de plantes génétiquement modifiées ne sont pas nocives ni pour les abeilles, ni pour les papillons Monarque.*

**Les plantes génétiquement modifiées sont à la fois saines pour les humains et positives pour l'environnement**

*En fait, les gens ont consommé des milliards d'aliments issus de plantes génétiquement modifiées au cours des 17 dernières années depuis qu'ils ont été commercialisés et aucun problème n'a été observé. Ce n'est pas une surprise. Toutes les organisations scientifiques respectables qui ont étudié les plantes génétiquement modifiées, l'association médicale américaine, l'académie nationale des sciences et l'organisation mondiale de la santé, entre autres, ont trouvé que les plantes génétiquement modifiées étaient à la fois saines pour les humains et positives pour l'environnement.*

*En tant que scientifiques du végétal, ni moi ni mes collègues lauréats du prix mondial de l'alimentation 2013, le Dr Mary Dell Chilton et le Dr Robert T. Fraley, n'avions anticipé la résistance aux modifications génétiques et aux biotechnologies. Après tout, presque*

*tout ce que les humains ont mangé au cours des siècles a été génétiquement changé par l'intervention de l'homme. L'humanité a sélectionné les plantes et par là même les a transformées génétiquement depuis que l'agriculture existe. Les techniques actuelles pour modifier les plantes sont simplement des méthodes nouvelles de haute précision pour faire la même chose. Il me semble qu'une grande part de la résistance aux aliments génétiquement modifiés n'est pas fondée sur la science, mais se situe au niveau idéologique et politique, basée sur les peurs de « groupes de nantis » et d'un « colonialisme occidental ».*

**Les petites entreprises semencières sont les plus pénalisées**

*Une ironie à noter : l'extrême opposition aux modifications génétiques a conduit à l'hyper réglementation des cultures génétiquement modifiées, ce qui a fait augmenter le coût de leur mise sur le marché. Maintenant, seules les entreprises multinationales et les grandes entités de recherche ont les moyens de respecter les réglementations. Les entreprises plus petites des pays en développement sont en fin de compte beaucoup plus pénalisées que les grands conglomérats.*

*Ceux qui se préoccupent de réduire la faim et de protéger l'environnement doivent travailler rapidement pour supprimer le parti-pris contre les plantes génétiquement modifiées. Un bon premier pas sera d'éviter aux personnes éduquées et cultivées scientifiquement d'être contaminées par les mythes concernant les aliments génétiquement modifiés. Ces innovations présentent trop de potentiel pour nourrir le monde et il ne faut pas laisser des individus les contrecarrer par de fausses informations et la peur de leur commercialisation.*

(1) Dr Marc Van Montagu est créateur du premier OGM, fondateur et Président de l'Institut de biotechnologie végétale (IBV) à l'Université de Gand en Belgique.

**Pour développer une agriculture compétitive et durable**

**Soutenez les biotechnologies végétales**

**Comment ?** En devenant adhérent  
ou en faisant un don à l'AFBV



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 - 23-24, rue Jean-Jacques Rousseau-75 001 Paris