

### SOMMAIRE

### **Actualités**

**P.2** Manioc : un remède pour la carence en vitamine B6.

Des tomates produisent des composés naturels bénéfiques.

Découverte d'un gène pour protéger l'orge de la sécheresse.

Billet d'humeur : Petit voyage en Absurdie.

### **Dossier**

P.3 Nouvelles Biotechnologies.

#### **Focus**

P.7 Les nouvelles Biotechnologies sont de grands réservoirs de progrès.

L'édition de gènes dans le blé confère une résistance à l'oïdium.

#### **Interview**

P.8 Philippe Lecouvey, Directeur général de l'ACTA.



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

Directeur de publication : Georges Pelletier Secrétaire de rédaction : Gil Kressmann ISSN 2273-6727 Prix de l'abonnement annuel : 27 euros

## Amélioration des plantes :

# Faudra-t-il renoncer aux nouvelles biotechnologies?

es premières semences issues de la transgénèse (OGM) ont été commercialisées il y a 20 ans. On connaît leur succès hors d'Europe. Depuis, les biotechnologies se sont enrichies de nouveaux outils regroupés sous le nom de NBT (New Breeding Techniques). Certaines de ces « nouvelles » techniques d'amélioration des plantes sont déjà utilisées par les semenciers. D'autres sont plus récentes comme « l'édition de gènes » ; elles ont l'avantage d'être beaucoup plus précises, peu onéreuses, faciles d'accès pour des PME semencières et permettent de raccourcir considérablement les délais de création des variétés.

Mais nos semenciers européens pourront-ils avoir accès à ces nouvelles techniques ? Tout va dépendre de la réglementation européenne. Si l'U.E. assimile les plantes issues de ces nouvelles techniques à des OGM, comme le demandent certaines ONG, les semenciers européens devront renoncer de fait à utiliser ces nouvelles techniques comme ils ont dû renoncer aux OGM : la réglementation européenne des OGM est tellement contraignante qu'elle induit des délais et des coûts de mise en marché insupportables pour nos PME semencières.

La filière semencière européenne sera alors dans l'incapacité de répondre technologiquement aux défis auxquels sont confrontés les agriculteurs : produire plus et mieux avec moins d'intrants pour gagner en compétitivité tout en préservant et s'adaptant à un environnement changeant. La filière semencière française, premier exportateur mondial, ne résisterait pas à sa mise à l'écart de cette nouvelle vague de progrès de la génétique et à cette distorsion de concurrence qui en résulterait. Et les consommateurs seront encore plus dépendants de productions issues de pays acceptant les innovations que nous rejetons sur notre territoire.

Gil Kressmann
Responsable de la rédaction



Suisse

# Manioc : un remède pour la carence en vitamine B6

Des scientifiques d'ETH Zurich et de l'Université de Genève ont mis au point une variété de manioc génétiquement modifié (GM) contenant des niveaux plus élevés en vitamine B6.

« En utilisant la variété améliorée, seuls 500 g de racines bouillies, ou 50 g de feuilles par jour, suffisent pour couvrir la dose quotidienne requise de vitamine B6 », a indiqué Wilhelm Gruissem, professeur de phytobiotechnologie à ETH Zurich.

L'équipe a introduit dans le manioc des gènes provenant de l'arabette de Thalius (Arabidopsis thaliana, plante servant de modèle biologique) et a produit de nouvelles lignées qui ont des niveaux accrus de la vitamine. Des essais en serre et au champ ont permis de constater que les lignées de manioc transgénique produisaient beaucoup plus de vitamine B6 au niveau des racines et des feuilles que le manioc normal. De surcroît, la vitamine B6 que contiennent ces nouvelles variétés est biodisponible, c'est-à-dire qu'elle reste efficace lors de son absorption par l'homme.

Mais la législation autorisera t'elle cette culture transgénique ? Les recherches de l'équipe ont été publiées dans la revue Nature Biotechnology.

Source : Nutrition Insight (13 octobre 2015)

#### Australie

# Découverte d'un gène pour protéger l'orge de la sécheresse

Des chercheurs de l'Université du Queensland, en Australie, ont identifié un gène clé de l'orge permettant à la plante d'accéder à l'eau stockée en profondeur dans le sol lors de sécheresses. Le gène, a expliqué le Dr Lee Hickey de Queensland Alliance for Agriculture and Food Innovation, favorise la croissance du système racinaire permettant à la plante d'aller chercher l'eau stockée en profondeur dans le sol.



« C'est peut-être là l'un des résultats de recherche les plus enthousiasmants jamais obtenu dans mon laboratoire », a-t-il déclaré. « Même au cours d'une sécheresse, il y a de l'eau en profondeur, et le fait de pouvoir obtenir des plantes dotées du type de système racinaire permettant d'accéder à cette eau signifie que les producteurs peuvent maintenir les rendements d'orge dans des conditions de séche-

Source: Université du Queensland (28 octobre 2015) https://www.uq.edu.au/news/article/2015/10/digging-deepdrought-proof-australian-barley

#### Royaume-Uni

# Des tomates produisent des composés naturels bénéfiques

Des scientifiques du John Innes Center, au Royaume-Uni, ont trouvé un moyen de produire en quantités industrielles des composés naturels utiles, appelés phénylpropanoïdes, en cultivant des tomates. Les chercheurs ont trouvé qu'une tomate modifiée peut contenir la même quantité de resvératrol que celle présente dans 50 bouteilles de vin rouge : ce composé que l'on trouve dans le vin prolongerait la durée de vie d'après des études menées sur des animaux

La protéine AtMYB12, présente chez Arabidopsis thaliana, une plante modèle utilisée pour les recherches scientifiques, active un vaste ensemble de gènes impliqués dans les voies métaboliques qui produisent des composés naturels utiles à la plante. L'introduction du gène codant cette protéine dans une plante de tomate, a augmenté la capacité de la plante à produire des composés naturels, et influencé la quantité d'énergie et de carbone qu'elle a consacré à leur production.

L'introduction du gène AtMYB12 et de gènes de plantes codant pour des enzymes spécifiques pour la fabrication de resvératrol dans les raisins a généré des tomates pouvant produire jusqu'à 80 milligrammes de ce composé par gramme de poids sec. « Les plantes médicinales de grande valeur sont parfois difficiles à cultiver et à gérer, et nécessitent des temps de culture très longs pour produire les composés recherchés. Ce travail offre une formidable plate-forme pour produire rapidement de précieux composés médicinaux dans des tomates. Les composés cibles pourraient être purifiés directement à partir du jus de tomate. Nous pensons que notre concept de départ pourrait également s'appliquer à d'autres composés tels que les terpénoïdes et les alcaloïdes, qui sont les principaux groupes de composés médicinaux d'origine végétale », a déclaré le Dr Yang Zhang, qui a mené la recherche.



# Billet d'humeur

### Petit voyage en Absurdie

La patate douce (Ipomea batatas) est une plante cultivée dans de nombreux pays tropicaux et intertropicaux, consommée aussi bien pour ses feuilles que ses tubercules. Elle présente de nombreuses vertus alimentaires, culinaires et a des effets positifs sur la santé. En fait toutes les variétés de cette plante sont transgéniques car elles contiennent dans leur génome plus d'une dizaine de gènes fonctionnels provenant de bactéries du genre Agrobacterium. Heureusement les Chefs étoilés qui aiment la cuisiner et les diététiciens qui recommandent sa consommation ne le savent pas.

Peu importe d'ailleurs car si cette plante est naturellement transgénique, ce n'est pas un OGM, car la bactérie n'a pas été « contrainte par la volonté

de l'Homme » pour introduire ses gènes! Cependant, c'est bien l'Homme qui a sélectionné cette espèce transgénique puisque les espèces sauvages proches comme poméa tabascana ou I. triloba ne portent pas ces gènes bactériens. Pour ceux que ces gènes gêneraient ou traumatiseraient, il serait possible avec les nouvelles techniques de sélection de les éliminer. Mais alors attention, car les autorités européennes sur recommandation de Greenpeace, s'apprêtent à légiférer pour qu'une telle manipulation conduise à les qualifier comme étant un OGM...

> Georges Pelletier Directeur Honoraire INRA





## Nouvelles Biotechnologies

# L'innovation en question

Depuis la création de la transgénèse (qui a permis de créer des OGM) il y a plus de 30 ans la boite à outils des biotechnologies s'est enrichie de nouvelles techniques d'amélioration des plantes dénommées NBT (New Breeding Techniques) : elles permettent de retoucher le génome de façon très précise. Elles sont plus rapides et moins onéreuses et donc très faciles d'accès pour toute entreprise semencière, y compris les petites. Elles permettent d'obtenir des plantes améliorées sans introduire de gènes étrangers à l'espèce et ne sont donc pas « transgéniques ». Les plantes issues de ces nouvelles techniques ne se distinguent pas des variétés obtenues par des méthodes de sélection classiques comme la mutagenèse. La Commission européenne doit statuer pour définir leur statut (OGM ou pas OGM ?) et donc leur règlementation. De sa décision dépend l'avenir des 73 entreprises de notre filière semencière française.

### Des enjeux considérables

La Commission Européenne a commencé en 2007 un travail, confié à des scientifiques et à des juristes, pour positionner les nouvelles techniques de sélection desplantes et les produits qui en sont issus. Ce processus devrait aboutir en 2016. Il est temps car les enjeux sont très importants.

La transgénèse végétale a conduit à créer des modifications génétiques valorisées agronomiquement depuis plus de vingt ans, sur des millions d'hectares (181 millions en 2014), par des millions d'agriculteurs et sur quelques grandes espèces (soja, maïs, colza, cotonnier, betterave). En Europe les plantes génétiquement modifiées (PGM) ont cependant un coût de développement exorbitant (le coût d'introduction d'un OGM sur le plan européen est évalué à 40 millions d'euros!) en grande partie lié aux multiples études réglementaires qui sont imposées par la directive européenne. Ce coût de la mise en marché des OGM associé aux disfonctionnements des procédures d'autorisation dressent une barrière à l'entrée qui empêche leur culture en Europe.

### Percée de ces nouvelles techniques

Les connaissances des mécanismes de réparation et de ciblage des ADN dans les organismes ont progressé dans les dernières années, conduisant à des percées remarquables et des possibilités d'application considérables dans le domaine du végétal (et aussi de l'animal). Ces techniques évoluent encore avec une utilisation parfois très facile. Un critère souvent commun aux produits de ces techniques est l'absence d'ADN introduit ou une origine strictement végétale. L'ADN est utilisé comme matrice mais non intégré. Ou bien le caractère est obtenu par une délétion d'ADN, ou bien la création du produit passe par un intermédiaire OGM. Mais le produit final ne contient pas d'ADN nouveau. Enfin le caractère provient d'une séquence strictement végétale, mimant un croisement lorsque les espèces sont compatibles.

### Des enjeux économiques multiples

Il reste un enjeu de taille pour l'avenir de ces nouvelles techniques : ne pas retomber dans le dédale réglementaire où sont entrés, bien malgré eux, les OGM, dédale qui s'étend encore chaque jour. Une certaine opinion publique s'est emparée du sujet avec l'expression « OGM cachés » destinée à entretenir cette notion de secret et d'inconnu pour faire peur. Laisser entrer ces nouvelles techniques et les produits à venir d'une manière automatique dans la catégorie des « OGM » aurait de nombreuses conséquences très négatives pour l'avenir de notre filière semencière : impossibilité de développer de nouvelles semences par de petites structures publiques ou privées, perte de rentabilité économique et aussi pertes pour le consommateur pour les petits marchés (caractères de qualité, espèces peu cultivées, potagères, etc.); création de barrières à la circulation des germplasms, nécessaires aux activités de sélection, entre des territoires qui ont des approches réglementaires différentes, etc.

Ces exemples montrent que la lourdeur du processus réglementaire ne doit pas être disproportionnée par rapport aux enjeux, aux développements possibles et aux risques prévisibles de ces nouvelles techniques.

#### Alain Toppan

Groupe Limagrain Directeur développement OGM

En savoir plus: http://www.isb.vt.edu/news/2015/Oct/Wolt.pdf

### La classification des nouvelles techniques en débat

Quel doit être le statut de ces nouvelles techniques d'amélioration des plantes ? Doit-on les soumettre à la même réglementation que les OGM issus de la transgénèse? Cela fait près de 10 ans que la question est posée. Les semenciers qui ont besoin de visibilité pour décider leurs investissements attendent une réponse sans ambigüité. Plusieurs grands pays européens et l'EFSA pensent d'ores et déjà que certaines de ces nouvelles techniques doivent être exclues de la réglementation des OGM car elles sont une forme de mutagénèse.

Au moment où un groupe de juristes traite la question pour la Commission (qui rendrait son avis en avril 2016), les autorités compétentes de l'Allemagne et de la Suède ont émis des avis officiels en novembre et décembre 2015 indiquant que des plantes obtenues par mutagénèse ciblée n'étaient pas des OGM.

Dans une lettre à la Commission datée du 15 octobre 2015, l'EFSA a elle aussi donné un avis sans ambiguïté : « Le département OGM de l'EFSA considère que les techniques nouvellement disponibles de la mutagénèse dirigée (ODM), ZFN-1 et ZFN-2 et les techniques similaires de nucléases ciblées à un site (SDN) créent des mutations ponctuelles semblables à celles obtenues par la mutagénèse naturelle ou induite, et donc peuvent être considérées une forme de mutagénèse. » (Lettre de l'EFSA à Dorothée André du 15 octobre 2015). Or la mutagénèse est spécifiquement exclue du champ d'application de la Directive 2001/18. Le Royaume Uni, l'Allemagne, la Suède, l'Espagne et l'Irlande partagent cet avis.

Le gouvernement français soutiendra-t'il le point de vue de l'EFSA et des pays leader en biotechnologies ?

Gil Kressmann





### Nouvelles Biotechnologies

### Faut-il changer la réglementation des OGM ?

Les scientifiques européens sont de plus en plus nombreux à prendre position pour changer la réglementation des OGM. Ils proposent d'évaluer le produit final plutôt que la technologie utilisée comme le pratiquent d'autres pays comme le Canada...

### Union européenne

Le Conseil scientifique des Académies européennes (EASAC) considère que le processus d'autorisation des cultures génétiquement modifiées dans l'UE est focalisé de manière inappropriée sur la technologie plutôt que sur le produit final, ce qui conduit à freiner l'innovation en matière de biotechnologies vertes. « La diversification actuelle des biotechnologies utilisées en amélioration des plantes, au delà de la transgénèse, pourrait rendre obsolète la réglementation actuelle mise en place pour encadrer les OGM en Europe au moment de l'émergence des plantes transgéniques il y a une vingtaine d'années ».

### Allemagne

Dans une publication de mars 2015, l'Académie nationale allemande des sciences, l'Académie allemande des sciences techniques et l'Union des académies des sciences allemandes ont remis en question l'approche réglementaire du droit sur le génie génétique lié directement à des procédures de modification spécifiques. Les organisations scientifiques recommandent de baser dorénavant l'évaluation des risques sur les propriétés spécifiques des plantes et non pas sur la méthode de fabrication.

#### Suisse

La Commission fédérale d'experts pour la sécurité biologique CFSB a également présenté un rapport en mai 2015 sur les nouvelles méthodes de sélection végétale et a évalué une série de procédures. Elle en tire des conclusions similaires à celles des organes spécialisés des pays européens : elle souligne que les produits de certaines nouvelles méthodes de sélection ne peuvent être distingués des produits obtenus par des méthodes conventionnelles. Dans ce cas, les nouvelles plantes devraient être évaluées de la même manière en ce qui concerne la sécurité pour les utilisateurs et les consommateurs. Cependant, elles sont toujours soumises aux réglementations restrictives de la loi suisse sur le génie génétique. La CFSB souhaite examiner si la transmission de la réglementation stricte sur les OGM, axée sur le processus, à de nouvelles méthodes de sélection végétale est encore justifiée, et si la définition d'OGM devrait être reconsidérée.

### La position des Etats-Unis sur l'ingénierie génétique « nouvelle génération »

La stratégie visant à modifier un ou des gènes déjà présents (édition de gènes) contraste fortement avec les technologies d'ingénierie agronomique « historiques » qui visent à insérer un gène d'une autre espèce au sein du génome (transgénèse ou OGM). Le Ministère de l'Agriculture américain a déjà indiqué que ce type de modification génétique chez des plantes cultivées, où il n'y a pas d'ajout d'un gène d'un autre organisme, et dont le produit final est similaire à des variétés obtenues par des méthodes classiques de croisements, mutagenèse et sélection, ne ferait a priori pas l'objet de régulation.

### Nouveau site web BIOTECHNOLOGIES VEGETALES

www.biotechnologies-vegetales.com

Notre site internet vient d'être refait : nouvelle présentation, nombreuses rubriques : C'est bon pour la planète, Actualités économiques et scientifiques, Vrai ou faux, Ils ont dit, C'est quoi les biotech etc.

Pour mieux connaître les applications croissantes des biotechnologies vertes (Il n'y a pas que les OGM) consultez notre site.



Point de vue

Alain **Deshayes**(1)

### Quel statut pour les plantes issues des nouvelles technologies ?

Le statut juridique des plantes issues des nouvelles technologies de sélection (dites parfois NBT) fait l'objet de discussions intenses. Ces débats sont d'autant plus intenses que les technologies évoluent rapidement et que les mécanismes de régulation sont lents à mettre en œuvre, particulièrement dans l'Union Européenne. Soit ces plantes n'ont pas d'équivalent naturel, soit elles sont non distinguables de plantes qui seraient issues de variations génétiques naturelles. Mais, dans les deux cas, certains estiment, a priori, qu'il faudrait leur appliquer les mêmes réglementations que celles actuellement imposées aux plantes génétiquement modifiées issues de la transgénèse (dites OGM) et qui possèdent un gène ajouté volontairement dans leur génome. Or il faut insister, en plus, sur le fait que, depuis 1996, date de leur première mise en marché, la culture et la consommation de ces OGM n'ont engendré aucun des scénarios catastrophes pour la santé et l'environnement qui avaient été envisagés par certains.

Au delà du fait que tous ces débats trainent en longueur, il serait assez paradoxal que l'on applique des réglementations contraignantes à des plantes qui ne présenteraient aucun risque avéré et qui, plus est, pourraient être non distinguables de plantes issues de variations génétiques naturelles. Cela, alors que des produits contenant des nanomatériaux, pour lesquels des risques avérés sont clairement identifiés par les scientifiques eux mêmes, sont, eux, légalement commercialisés. De plus, pour nombre de ces produits, aucune traçabilité de présence ou absence de nanomatériaux ne pouvant être faite, la réglementation se borne à demander au fabricant une « déclaration » à l'ANSES comme quoi le produit contient effectivement des nanomatériaux!

(1) Alain Deshayes, ancien directeur de recherche à l'INRA est co-auteur de la publication : » Nouvelles technologies : clé de notre avenir ou cause de notre perte ? »

Edition Fondation Jean Jaurès



# Biotechnologies Végétales

### Nouvelles Biotechnologies

### La biologie de synthèse : vers une nouvelle révolution industrielle ?

Depuis une soixantaine d'années, la connaissance des phénomènes biologiques a transformé tout à la fois le regard et le comportement de nos sociétés vis-à-vis de la nature. Il ne s'agit plus aujourd'hui seulement d'observer et de décrire le vivant, mais aussi d'intervenir sur les organismes vivants afin de leur conférer des propriétés nouvelles, et cela en utilisant diverses technologies dérivées de processus biologiques.

La Biologie de Synthèse, qui incarne à l'extrême cette évolution, ne s'identifie à aucune technologie de manière spécifique, pas plus qu'elle ne cible une application particulière. Conceptuellement, elle vise à modifier et/ou à concevoir de manière rationnelle des systèmes complexes, basés sur le vivant ou inspirés par le vivant, mais n'existant pas nécessairement dans la nature. Pour cela elle ambitionne de coupler les connaissances acquises dans les sciences biologiques, physiques, chimiques et mathématiques avec les avancées technologiques dans les domaines de l'informatique, des biotechnologies et des nanotechnologies.

### Une science de l'ingénieur

Par sa démarche, la Biologie de Synthèse fait ainsi de la biologie une science de l'ingénieur qui va bien au delà de la biotechnologie telle qu'on la concevait jusqu'à maintenant. Il ne s'agit plus seulement de l'ingénierie d'un gène, mais de l'ingénierie des génomes avec comme perspective l'optimisation des voies métaboliques et des processus biologiques, mais aussi de l'optimisation des cellules et des organismes, voire la création de nouveaux systèmes biologiques. La Biologie de Synthèse concerne de larges domaines d'application, tels que la médecine, la pharmacie, la cosmétique, l'agriculture, l'énergie, les matériaux, l'environnement etc.... Si elle est encore en devenir, elle a déjà conduit à des réalisations significatives, et certains pronostiquent qu'elle pourrait entrainer de nouvelles révolutions industrielles à l'égale de celles engendrées par l'émergence de la chimie de synthèse au regard de la chimie analytique.

**Alain Deshayes** 

### NBT : de quoi parle-t-on ?

Quelles sont ces 9 nouvelles techniques de biotechnologies sur lesquelles la Commission européenne doit donner une interprétation juridique pour savoir si elles rentrent ou non dans le champ d'application de la directive OGM (2001/18)?:

- Mutagénèse Dirigée par Oligonucleotide (ODM),
- · Cisgénèse,

- Intragénèse,
- Greffage,
- Mutagénèse/insertion Ciblée par Nucléase (SDN) comprenant SDN 1, 2 et 3,
- Agro-infiltration,
- Méthylation d'ADN dépendante d'ARN (RdDM),
- Sélection inverse,
- Génomique de synthèse.

# CRISPR/Cas9: un nouvel outil technologique très prometteur

Une nouvelle technique appelée CRISPR/ Cas9 fait sensation. On la considère parfois comme le « couteau suisse » des biotechnologies pour améliorer les plantes. Elle permet des modifications précises du génome du monde vivant: correction ponctuelle ou insertion ou délétion de l'ADN. Cela correspond donc a une mutagenèse ciblée du génome. Elle a déjà été appliquée aux plantes (riz, sorgho...) et au monde animal (porc, souris...).

Cette édition génomique va t'elle être considérée comme un OGM alors qu'en utilisant la technique CRISPR/Cas9, on peut créer une plante identique en tous points à une plante issue de la mutagénèse qui n'est pas considérée par la directive européenne comme étant un OGM?

# Is ont dit

Il faut libérer la recherche dans les biotechnologies 99



### **Nicolas Baverez Economiste**

« L'avance technologique française a disparu avec l'interdiction de facto des OGM et des biotech-

nologies, qui a contraint Limagrain à délocaliser 80 % de sa recherche... Il faut libérer la recherche dans les biotechnologies qui sont vitales pour la transition écologique et pour lutter contre les nouveaux risques sanitaires ».

Source : Le Point : 30/7/2015

#### 66 L'agriculture doit miser sur la recherche et l'innovation 99



### **Christiane Lambert** Vice-Présidente de la FNSEA

« L'agriculture doit relever de nombreux défis, alimentaires, climatiques, économiques. Rele-

ver ces défis suppose une maîtrise scientifique plus grande, particulièrement en sélection génétique et biotechnologies, pour créer des variétés résistantes aux maladies, aux insectes, des variétés productives, économes en eau et en azote... L'agriculture doit pouvoir bénéficier de l'intelligence scientifique et de l'innovation technologique : la priver des innovations pour répondre aux enjeux environnementaux et sanitaires de notre siècle disqualifierait la « Ferme France » dans la compétition mondiale ».

Source: Colloque AFBV 6/10/2015

### 6 L'anathème frappe la recherche sur les OGM 99



### **François Fillon Ancien Premier Ministre**

« L'anathème qui frappe la recherche sur les OGM renvoie notre pays dans les ornières de

l'histoire de la science. Le vent du progrès soufflera ailleurs. Soyons sûrs que d'autres pays se saisiront des chances que nous aurons abandonnées. Nous aurions pu être les premiers, nous serons les derniers ».

Source : Faire-Edition Albin Michel





### Nouvelles Biotechnologies

# Des plantes qui améliorent la santé bientôt sur le marché

Les nouvelles techniques d'édition des génomes se sont démocratisées au début des années 2010 et ont connu un essor sans précédent. L'application la plus simple à mettre en œuvre consiste à supprimer de façon extrêmement précise une fonction dans la plante. Aux Etats-Unis, des entreprises telles que la société Calyxt ont développé très tôt des outils performants d'édition des génomes, ce qui leur permet dès aujourd'hui de disposer de plantes améliorées pour des caractères en relation avec la santé humaine prêtes à être inscrites au catalogue officiel.

### Une pomme de terre améliorée

La première de ces plantes est une pomme de terre qui a été améliorée pour ne pas induire lors de sa cuisson de production d'acrylamide, un composé classé « cancérigène probable » pour l'homme par l'Agence Internationale de Recherche sur le Cancer.

L'acrylamide est un composé qui apparait quand les frites ou les chips brunissent lorsqu'elles sont cuites à haute température. Pour éviter cela, il faut que la pomme de terre ne produise plus un type particulier de sucre lorsqu'elle est stockée au froid, car ce sucre est à la base de la réaction conduisant à l'acrylamide. La modification ciblée a permis d'éteindre le gène responsable de la synthèse du sucre indésirable et a été réalisée grâce à ces nouvelles technologies. Dans le cas de cette pomme de terre, la modification a été accomplie sans aucune introduction d'ADN dans la plante, ce qui fait que la plante résultante n'est pas transgénique et ne l'a jamais été. Cette particularité a conduit très logiquement le législateur américain à classer cette pomme de terre comme non OGM. Les premiers essais en plein champ de cette toute nouvelle pomme de terre ont été réalisés aux Etats-Unis en 2015, en vue d'une inscription au catalogue et une commercialisation dans les années à venir.

### Un soja bénéfique pour le cœur

La seconde plante de grande culture à avoir été améliorée à l'aide de ces nouvelles biotechnologies est un soja présentant un profil d'acides gras intéressant pour la santé humaine. L'huile de soja conventionnelle présente un taux assez faible d'acides gras mono-insaturés (23%) et nécessite pour de nombreuses applications une hydrogénation, procédé qui conduit à la mention « huile végétale partiellement hydrogénée » sur les étiquettes. Ce procédé a l'inconvénient de générer des acides gras dits «trans » qui sont pour le système vasculaire. Le soja amélioré présente un taux d'acides gras mono-insaturés de 81% qui sont bénéfiques pour le cœur. Son huile ne nécessite pas d'hydrogénation, et est par conséquent exempte d'acide gras trans. Enfin, elle présente un taux d'acides gras saturés plus faible que l'huile de colza classique.

Contrairement à la pomme de terre, la modification a été réalisée en introduisant un transgène dans la plante, puis en le retirant par la suite, ce qui conduit à un soja non transgénique. Là encore, le législateur américain a considéré que l'absence de transgène conduisait à classer cette plante comme non OGM. Les essais en plein champ de cette nouvelle variété de soja non transgénique se poursuivent, ainsi que la production de semences, pour une commercialisation prévue dans les deux années à venir.

### Un blé pour limiter les intolérances au gluten

D'autres caractères liés à la santé humaine, comme par exemple la modification du gluten du blé pour limiter les intolérances, sont d'ores et déjà travaillés avec ces nouveaux outils.



Le développement de ces nouvelles variétés non OGM est deux fois plus rapide et vingt fois moins coûteux que pour des variétés OGM traditionnelles, ce qui laisse augurer un déploiement important de ces technologies dans les années à venir. Pour ce qui est de l'Europe le développement de ces nouvelles techniques dépendra du statut OGM ou non OGM qui leur sera attribué. La réponse est attendue pour le printemps 2016. ■

> Pierre Barret Ingénieur de recherche à l'INRA

Rovaume-Uni

## Des scientifiques utilisent la technologie CRISPR/Cas9 pour l'édition de gènes de l'orge

Des scientifiques du John Innes Center et de The Sainsbury Laboratory, au Royaume-Uni, ont montré qu'il est possible d'utiliser la technologie d'édition des gènes CRISPR/ Cas9 pour faire des changements ou des corrections ciblées dans deux cultures britanniques, l'orge et une brassicacée de type brocoli. Ils ont constaté que les corrections sont conservées dans les générations subséquentes. Ils ont également pu montrer qu'ils pouvaient retirer les transgènes utilisés au cours du processus d'édition afin que les gé-

nérations suivantes de plantes ne se distinguent pas de par leur constitution des plantes obtenues par des méthodes conventionnelles. Selon Wendy Harwood, une scientifique spécialisée en édition de gènes au John Innes Center, « Ce qui fait la beauté de la technique CRISPR c'est qu'elle peut créer de petits changements dans des gènes choisis provoquant l'arrêt de leur fonctionnement. Faire cesser le fonctionnement de gènes donnés est un moyen de développer des cultures résistantes aux maladies (Ex mildiou), ou de

produire des cultures sans composés indésirables, y compris les toxines. Il n'y a pas addition d'un ADN dans les plantes obtenues par cette méthode. Par conséquent ce sont essentiellement les mêmes que les plantes dont les gènes subissent des changements qui se produisent naturellement, ou les plantes qui ont été obtenues en utilisant des méthodes conventionnelles de sélection par mutation ».

> Source: Biotechnology and Biological Sciences Research Council (30/11/2015)





### Conseil d'Analyse Economique: "Les nouvelles biotechnologies sont de grands réservoirs de progrès"

Le Conseil d'Analyse Economique qui conseille le Premier Ministre a remis un rapport(1) intitulé « L'agriculture à l'heure des choix ». Il préconise 7 pistes d'actions pour améliorer la performance de l'agriculture française. Réalisé par 3 économistes<sup>(2)</sup> spécialistes des questions agricoles, le rapport souligne en particulier les risques de décrochage technologique de l'agriculture française. Ces économistes recommandent notamment de créer les conditions d'une agriculture innovante où les biotechnologies auraient un grand rôle à jouer. « Biologie synthétique et génétique moléculaire figurent parmi les grands réservoirs de progrès technique. De nouvelles technologies permettent une accélération de la sélection, avec des enjeux considérables en ce qui concerne l'efficience de la transformation de l'azote ou l'adaptation au changement climatique (new breeding technologies : sélection génomique, édition d'allèles qui ne relèvent pas de la transgénèse) ». Il faut relancer la recherche publique sur la génétique. Mais selon ces rapporteurs « Les obstacles réglementaires ne doivent pas condamner la France à regarder passer l'innovation, même si les risques doivent être encadrés par l'État ».

(1) Notes du Conseil d'analyse économique N°27 Décembre 2015 (2) Jean-Christophe Bureau (AgroParisTech et CEPII) ; Lionel Fontagné (PSE, Université Paris 1 et CEPII)-Sébastien Jean (CEPII et INRA)

Chine

### L'édition de gènes dans le blé confère une résistance à l'oïdium

Une équipe Chinoise a réussi pour la première fois à réaliser de l'édition de gènes simultanément sur trois homéoallèles du génome du blé permettant d'obtenir une résistance héritable stable à l'oïdium.

Il est connu que le gène mlo code pour une protéine qui réduit les défenses contre l'oïdium. Une perte de fonction de ces gènes entraine une résistance durable chez l'orge, la tomate et Arabidopsis. Les auteurs ont utilisé le système d'édition de gènes TALENs pour cibler les trois allèles *mlo* du blé hexaploïde. Une paire de TALENs a été produite ciblant une séquence conservée des trois allèles (TaMLO-A1, TaMLO-B1 et TaMLO-D1). Dans la descendance des plantes mutées au trois allèles ont été sélectionnées. Seules les plantes ayant les trois homéoallèles modifiés (tamlo-aabbdd) montrent une résistance à l'oïdium en comparaison au blé non modifié. Ce résultat ouvre la voie pour l'utilisation de cette technologie pour modifier, en une étape, des plantes polyploïdes.

Source: Yanpeng Wang, Xi Cheng, Qiwei Shan, Yi Zhang, Jinxing Liu, Caixia Gao & Jin-Long Qiu. Académie des Sciences Chinoise, Pékin. 2014, Nature Biotechnology



#### Chine

### Des scientifiques révèlent le projet de séquence du génome du haricot adzuki

Des scientifiques chinois ont annoncé qu'ils ont complété le séquençage du génome du haricot adzuki (ou haricot « petit rouge »), une plante consommée par au moins un milliard de personnes dans le monde. Le haricot a été domestiqué pour la première fois en Chine il y a 12 000 ans et il est actuellement cultivé dans plus de 30 pays à travers le monde.

> Source : Ministère de l'Agriculture de la République populaire de Chine (13 octobre 2015)



### Une série de plasmides pour faciliter l'édition du génome

L'équipe du Dr. Chen (China Agriculture University, Pékin) a développé un ensemble de plasmides pour faciliter l'édition du génome en utilisant le système CRISPR/Cas9.

Ce système permet de cibler de manière précise une modification de la séquence d'un génome pour, par exemple, déterminer la fonction d'un gène ou introduire une nouvelle fonctionnalité. Cet ensemble est constitué de deux types de plasmides : le premier pour l'expression de la nucléase Cas9 et le second pour le transfert du guide ARN (gRNA) qui va se fixer sur le génome au niveau de la séquence ciblée. Les plasmides produits pour l'expression de la Cas9 permettent un test aussi bien en transitoire qu'en stable, facilitant la validation des séquences ciblées. Les plasmides pour le ciblage peuvent porter une ou plusieurs séquences gRNA, permettant de réaliser plusieurs éditions en une seule opération. Cet ensemble a été validé dans Arabidopsis et le maïs.

> Source: Xing H.L. et al. (2014) A CRISPR/Cas9 toolkit for multiplex genome editing in plants. BMC Plant Biology 14:327-338.

#### Bangladesh

#### Essais du riz doré en vue

Des chercheurs en riz du Bangladesh prévoient de réaliser des essais en champ de « riz doré », un riz transgénique enrichi en caroténoïdes, précurseur de la vitamine A. Des essais en champ en milieu confiné commenceront dés que toutes les autorisations nécessaires auront été obtenues. Elles seront suivis d'essais en plein champ et multisites, a indiqué le ministre de l'Agriculture Matia Chowdhury. La dernière phase sera la diffusion des semences aux agriculteurs.

Selon l'organisation mondiale de la santé, au Bangladesh, un enfant d'âge préscolaire sur cinq souffre de carence en vitamine A. La consommation de riz doré pourrait procurer la moitié de l'apport quotidien de vitamine A recommandé pour l'adulte. Une fois qu'il sera diffusé pour la culture à des fins commerciales au Bangladesh, le nouveau riz sera au même prix que d'autres variétés de riz. De plus, les agriculteurs pourront partager et replanter les semences comme ils le souhaitent.

Source: http://www.thedailystar.net/frontpage/worlds-firstgolden-rice-ready-trial-153676



nterview



Philippe **LECOUVEY** (1), Directeur général de l'ACTA

### Les biotechnologies sont indispensables pour répondre aux enjeux de l'agro-écologie

🥸 Pourquoi ce rapport « Agriculture et innovation à l'horizon 2015 ? »

Mes trois collègues (1) et moi même, avons été questionnés par le Ministère de l'agriculture et celui de la recherche pour proposer les bases d'un plan « Agriculture-innovation à l'horizon 2025 ». Nous sommes partis de la constatation que la compétitivité de notre agriculture stagnait depuis plusieurs années et qu'il fallait mettre l'innovation au cœur de notre réflexion pour développer une agriculture agro-écologique qui soit multi-performante, c'est à dire à la fois productive, environnementale, sanitaire et sociale. Nous avons voulu être pragmatiques en proposant 30 projets concrets au service des filières agricoles.



#### Quelles sont les priorités que vous avez dégagées ?

Il y en a trois. Tout d'abord, développer une approche système et faire de l'agriculture un fournisseur de solutions pour lutter contre le dérèglement climatique.

Ensuite, permettre le plein développement des nouvelles technologies : numérique, biocontrôle, robotique, génétique et biotechnologies. Enfin il s'agit de mettre en place une organisation nouvelle, décloisonnée, qui fédère tous les acteurs de la recherche publique, professionnelle et privée et de l'expérimentation.



#### Quel serait le rôle des biotechnologies ?

En réfléchissant sur le rôle des biotechnologies, nous avions conscience d'appréhender un sujet extrêmement sensible et pourtant incontournable. Bien que les biotechnologies aient été reconnues comme un levier clef pour améliorer la performance économique et environnementale des exploitations agricoles et des filières, leur développement prend du retard chez nous par rapport à d'autres pays. Les biotechnologies sont une science noble indispensable pour tous les types agricultures. Sans progrès dans la génétique il n'y a plus d'agriculture. C'est une évidence totale.



#### Qu'en attendez vous plus précisément ?

Les améliorations des plantes grâce aux biotechnologies apportent des solutions en termes de résistances aux maladies, d'efficience alimentaire, d'optimisation de l'utilisation des intrants ou encore de tolérance face à des environnements difficiles. Elles permettent de remédier à la stagnation des rendements liés aux changements climatiques. Les biotechnologies sont indispensables pour réussir à répondre aux enjeux de l'agro-écologie mais aussi pour développer la bio-économie qui permet de mieux valoriser la biomasse dans des secteurs tels que la chimie verte, les énergies renouvelables,... Toutes les parties prenantes, les pouvoirs publics, les professionnels sont d'accord pour dire qu'il existe un vrai intérêt pour l'avenir de notre agriculture à soutenir le développement de la recherche dans les biotechnologies, notamment par le biais des investissements d'avenir.

#### Etes-vous optimiste sur l'avenir des biotechnologies ?

Oui, je suis confiant. Je ne peux pas penser une minute que notre agriculture puisse se passer du levier de la recherche et de la technique pour valoriser son capital qui est unique au monde. Mais les biotechnologies ne se limitent pas aux OGM dont on débat depuis plus de 20 ans. Il ne faudrait pas qu'une règlementation trop restrictive limite nos perspectives et laisse la place libre à nos concurrents. Je m'inquiète de constater que la réglementation est très en retard par rapport aux évolutions techniques développées entre autres par des start-up. Notre réglementation ne doit pas être un frein à l'innovation au service de la compétitivité. Au contraire, elle doit permettre aux chercheurs de faire leur travail.

(1) Co-auteur du rapport « Agriculture et innovations 2025 » avec Jean-Marie Bournigal (Président de l'Irstea), François Houillier (Président de l'INRA), Pierre Pringuet (Vice-Président de Pernod Ricard)

### Demande d'adhésion à l'AFBV

### comprenant l'abonnement à :

### « Biotechnologies végétales infos »

		des Biotechnologies Végétales
Nom :	Prénom :	
Adresse postale:		
Adresse mail :		
☐ Demande son adhésion à l'AFBV	☐ Offre un don (défiscalisation	1):
Ci-joint : chéque		
		00.04

Pour adhérer : envoyer votre bulletin d'adhésion et la somme de 30 euros à AFBV - 23-24, rue Jean-Jacques Rousseau-75 001 Paris