1er trimestre 2018

Biotechnologies Végétales infos

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

N° 14

SOMMAIRE

Actualités

P.2 Les biotechnologies vertes, un enjeu stratégique

300 millions de dollars pour la recherche et la sélection de semences

Dossier

P.3 *Maïs et biotechnologies*

Les maïs Bt : un marché en maturité

P.4 Les biotechnologies au service de l'amélioration du maïs

Les maïs Bt toujours bons pour le service en Espagne et au Portugal

P.5 Bon démarrage du maïs résistant à la sécheresse

En modifiant l'expression d'un seul gène on augmente le rendement

P.6 Moins de revenus et moins verts

Espagne : une coexistence pacifique et bénéfique

Des aliments préservés des mycotoxines

Focus

P.7 Un brocoli tolérant à des températures élevées

Une pomme de terre résistante génétiquement au mildiou

Tulipe : le plus gros génome jamais séquencé

Tomate : une résistance à l'oïdium en moins d'un an

AFBV
Association Française des Biotechnologies Végétales

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

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

2018 : l'année des décisions ?

Afin d'élaborer une position sur le statut juridique des plantes issues des technologies d'édition du génome, la Commission Européenne, depuis 2010, a organisé des débats, consulté des comités… Dernièrement elle a activé le « *Scientific Advisory Mechanism* » qui a rendu son rapport en avril 2017. Nous espérions que 2017 serait enfin l'année des décisions. Mais, le processus a, de fait, été suspendu par le recours auprès du Conseil d'Etat d'ONG françaises. Celles-ci voudraient en effet, au nom du principe de précaution, que toutes les plantes issues de la mutagenèse - qui, selon elles, devrait inclure les plantes issues des technologies d'édition du génome - soient considérées comme des « *organismes génétiquement modifiés* ». Le Conseil d'Etat, saisi en octobre 2016, a renvoyé la question à la Cour de Justice de l'Union Européenne qui a différé son avis à la mi-janvier 2018. La Commission Européenne a donc fait savoir qu'elle ne ferait connaître ses propositions qu'en fin du premier semestre 2018 ! Que de temps perdu.

Nous espérions également que les Etats Généraux de l'Alimentation constitueraient une opportunité pour que soit clairement affirmé, outre la nécessaire coexistence des différents types d'agricultures, la nécessité de la prise en compte, sans exclusive a priori, des aspects scientifiques et technologiques dans la résolution des questions agricoles et alimentaires. De ce point de vue, nous regrettons que, ni le Président de la République dans sa déclaration du 11 octobre, ni le Premier Ministre dans son discours de clôture du 20 novembre, n'aient évoqué clairement que les innovations techniques pourraient également constituer des éléments positifs pour atteindre les objectifs fixés.

Souhaitons que l'année 2018 nous apportera éclaircissements et satisfactions pour que structures publiques et privées de recherche puissent utiliser ces technologies d'édition du génome sans appréhension de blocage.

Alain Deshayes
Président de l'AFBV

Biotechnologies Végétales infos
1er trimestre 2018 N° 14

Les biotechnologies vertes, un enjeu stratégique

Après avoir mené une enquête auprès de 80 centres français de sélection des plantes, un groupe d'experts de l'Académie d'Agriculture de France a publié un rapport sur l'avenir des biotechnologies vertes. Ces dernières, qualifiées de « stratégiques », doivent permettre à la France de conforter sa position de leader dans le domaine des semences, à condition de bénéficier d'un cadre réglementaire adéquat.

ACADÉMIE d'AGRICULTURE de FRANCE
AGRICULTURE ■ ALIMENTATION ■ ENVIRONNEMENT

Les experts de l'Académie d'Agriculture rappellent le poids de la filière semences en France. En 2016-2017, le chiffre d'affaires atteint 3,3 milliards d'euros, dont la moitié à l'exportation pour un excédent de 960 millions d'euros. La France est ainsi le premier exportateur mondial de semences et de plants et le troisième producteur mondial de semences, derrière les États-Unis et la Chine. Cette réussite s'explique notamment par la place accordée à la R&D (13% du chiffre d'affaires).

Des innovations avec les nouvelles technologies d'amélioration génétique des plantes

Dans les dix ans à venir, ces experts de l'Académie d'Agriculture estiment que les nouvelles technologies d'amélioration génétique des plantes (édition de gènes…) pourraient générer une vague d'innovations variétales aidant l'agriculture à relever trois défis majeurs : produire plus et mieux (amélioration des qualités nutritionnelles), respecter l'environnement (réduction de l'usage de produits phytosanitaires) et s'adapter au changement climatique (extension et/ou émergence de pathogènes qui engendrent des maladies, des prédateurs et une meilleure tolérance à la sécheresse). De plus, selon ce rapport, ces technologies devraient permettre l'amélioration de certaines espèces dont le marché , de trop petite taille, ne permet pas les lourds investissements requis par les méthodes classiques.

Toutefois, pour rester un acteur de premier plan dans le secteur semencier, notre pays doit pouvoir bénéficier des innovations qu'offrent ces nouvelles technologies, et pour cela, il doit œuvrer au niveau européen pour que celles-ci bénéficient d'un cadre réglementaire favorable. Dans le cas contraire, il est à craindre une augmentation importante des importations de semences et de produits alimentaires. ■

Pays en développement

300 millions de dollars pour la recherche et la sélection de semences

La Fondation Bill Gates, la Commission européenne et des pays comme la France ont annoncé un programme de financement de 650 millions de dollars pour accélérer le transfert de l'innovation agronomique dans les pays en développement. L'essentiel de ce financement incombe à la fondation Bill Gates qui a promis 315 millions de dollars pour soutenir la recherche en agriculture, afin d'aider les plus pauvres des agriculteurs, notamment en Afrique, à s'adapter au changement climatique.

Entre 2018 et 2020, 300 millions de dollars seront investis, notamment pour aider à sélectionner de nouvelles variétés de riz, de maïs ou de haricots leur permettant de mieux résister aux stress abiotiques (sécheresse, températures élevées) et aux stress biotiques (pathogènes ou ravageurs). ■

Brèves

Une pomme inoxydable sur le marché

Une entreprise canadienne commercialise depuis novembre 2016, aux Etats-Unis, Artic, une pomme génétiquement modifiée qui ne s'oxyde pas à l'air libre.

Pour obtenir cette variété inédite, les chercheurs ont supprimé un gène libérant une enzyme responsable du brunissement du fruit. But recherché : réduire les pertes et les gâchis alimentaires.

Billet d'humeur

Esprit es-tu là ?

Qui n'a pas son ADN ? C'est la nouvelle mode qui veut qu'une marque d'automobile, une compagnie d'assurance, un club de foot, un parti politique…que sais-je encore, revendiquent chacun « leur ADN ». Ces ADN, sans doute d'essences très particulières, sont une curieuse matérialisation de ce que l'on qualifiait auparavant plus familièrement, mais au fond tout aussi mystérieusement, d'âmes ou d'esprits.

Certains n'hésitent pas à inverser en quelque sorte la métaphore pour nous convaincre que loin de toute référence à la génétique, les arbres ont des intentions et éprouvent des sentiments, et que l'on peut avec un peu de patience apprendre à des tomates à se passer d'eau pour pousser dans le désert. Autrement dit que la plante n'est pas dépourvue « d'un esprit » aux performances extraordinaires. Nos chaînes de télévision publiques, entre autres, ne sont pas les dernières à relayer de telles sornettes. Leur « ADN » aurait- il perdu « l'esprit » de service public ?

Georges Pelletier
Directeur honoraire de recherche INRA

Biotechnologies Végétales infos
1er trimestre 2018 N° 14

MAÏS ET BIOTECHNOLOGIES

Le maïs est la première céréale cultivée au monde. L'arrivée sur le marché, il y a plus de 20 ans, de maïs génétiquement modifiés (GM) a constitué une véritable révolution. *En effet on a transféré aux variétés de maïs GM un gène codant une protéine toxique pour certains insectes. Dans la plupart des cas il s'agit de la toxine Cry1Ab, qui est produite par la bactérie* Bacillus thuringiensis (Bt)*. Cette dernière permet de lutter, sans insecticide chimique de synthèse, contre des insectes nuisibles (la pyrale, la sésamie, ...).*

Pour certains maïs GM, on a également transféré un gène qui les rend tolérants à un herbicide total, le glyphosate. Ces deux caractères sont souvent associés au sein d'une même variété de maïs. Ces variétés portant les deux caractères représentent de 60 à 75 % des surfaces de maïs selon les pays qui autorisent leur culture. Aux Etats-Unis les maïs GM représentent plus de 90 % des surfaces.

Pour des raisons politiques, sans aucune base scientifique, la France s'est interdit, depuis 2008, de cultiver ces maïs Bt pourtant autorisés en Europe. Mais de très nombreux pays ne sont pas passés à côté de cette innovation dont les bénéfices agronomiques, économiques et écologiques ne se discutent plus. (Voir bilan en Espagne). Les nouvelles technologies d'édition du génome devraient permettre la création de variétés de maïs très attendues comme celles résistantes à la sécheresse. La France les acceptera-t-elle ?

Monde

Les maïs Bt : un marché en maturité

En 2016 quatre pays de l'UE ont semé des maïs Bt résistants aux insectes. Avec plus de 95% des surfaces, l'Espagne en a cultivé 129 081 hectares. Puis viennent loin derrière, le Portugal (7 069 hectares), la Slovaquie (138 hectares) et la République Tchèque (75 hectares). Au total ce sont 136 363 hectares qui ont été cultivés avec des maïs Bt, soit une augmentation de 17 % par rapport à 2015.

En Espagne, l'augmentation des surfaces en maïs Bt est due à la nécessité de lutter contre l'infestation dévastatrice de la pyrale dans certaines régions. Au Portugal, le faible prix sur le marché, et les épisodes de sécheresse dans la région la plus productrice, l'Alentejo, ont entraîné une baisse de la superficie totale du maïs et, par conséquent, de la superficie consacrée au maïs Bt.

Soixante millions d'hectares de maïs Bt dans le monde

Les maïs Bt ont été cultivés en 2016 sur plus de 60 millions d'hectares dans le monde. Le maïs Bt est le deuxième type de plante génétiquement modifié le plus cultivé derrière le soja tolérant au glyphosate. En 2016, 26% du maïs cultivé dans le monde était transgénique. On dénombre 17 pays qui cultivent du maïs Bt dont cinq pays qui cultivent plus de 1 million ha : les USA (35 millions ha) le Brésil (15,7 millions ha), l'Argentine (4,7 millions ha), l'Afrique du Sud (1,8 million ha) et le Canada (1, 5 million ha). Pour la période allant de 1996 à 2014 on estime que la culture de maïs GM a permis aux agriculteurs une économie de moyens estimée à 50,6 milliards de dollars. ■

Gil Kressmann

Des nouveaux marchés en perspectives

Les forts taux d'adoption des maïs Bt actuels (plusieurs centaines de variétés de maïs bénéficient de ce caractère) laissent peu de place pour l'expansion dans les marchés matures des principaux pays ayant des plantes GM. Cependant, il reste un potentiel important de développement pour le maïs GM dans certains pays. Par exemple, en Asie, il y a environ 60 millions d'hectares de maïs GM potentiels, avec 35 millions d'hectares pour la Chine seule. Il y a un potentiel similaire de 35 millions ha en Afrique.

De plus des variétés de maïs GM plus tolérantes à la sécheresse ont aussi été développées et sont commercialisées depuis 2012 : elles étaient cultivées aux Etats-Unis sur plus de 1 million ha en 2016.

Découvrez notre nouveau site BIOTECHNOLOGIES VEGETALES

www.biotechnologies-vegetales.com

› Nouvelle présentation
› Nouvelles rubriques
› Biotechnologies végétales *infos* en ligne

Biotechnologies Végétales infos
1er trimestre 2018 N° 14

Les biotechnologies au service de l'amélioration du maïs

Jusqu'en 1930, seules des variétés populations étaient cultivées aux Etats-Unis. Puis les variétés hybrides entre lignées se sont développées faisant du maïs une « espèce de grande culture ». En France et en Europe, ce n'est qu'à partir des années 1950, avec l'apport de la base génétique nord américaine, que ces variétés hybrides ont été développées.

Depuis, l'amélioration du maïs a bénéficié de différentes biotechnologies : l'haplodiploïdisation, la culture d'embryons immatures, la sélection assistée par marqueurs et la sélection génomique. Puis les technologies de transgénèse, et plus récemment celles d'édition du génome, sont venues enrichir puissamment la panoplie des outils disponibles.

L'**haplodiploïdisation** est une technique apparue dans les années 1960. Elle consiste à obtenir des plantes haploïdes à partir des cellules reproductrices (gamètes) et ensuite de doubler leur nombre chromosomique. Cette technique permet donc d'obtenir très rapidement des lignées pures à partir du croisement de deux lignées. Aujourd'hui, la technique la plus couramment utilisée est celle du croisement avec un génotype inducteur d'haploïdes. Afin d'atteindre le même objectif, raccourcir la durée de développement des lignées, la **culture d'embryons immatures** est parfois utilisée pour accélérer les générations de fixation.

Depuis les années 1990, **la sélection assistée par marqueurs moléculaires** (SAM) s'est largement développée, du fait de la mise en évidence de différents types de marqueurs moléculaires du génome. Elle est utilisée pour repérer dans la descendance d'un croisement les plantes qui contiennent les gènes d'intérêt, mais aussi celles qui contiennent les zones chromosomiques impliquées dans la variation de caractères quantitatifs, les QTL (Quantitative Trait Loci). Ces technologies permettent donc de sélectionner les plantes qui possèdent les « bonnes » combinaisons génétiques avant même d'avoir observé leur phénotype et permettent donc un gain de temps et de moyens appréciables.

La **sélection génomique** est en plein développement depuis les années 2000, surtout suite au développement extraordinaire des marqueurs moléculaires de type SNP (Single Nucleotid Polymorphism) en très grand nombre, pour un coût très faible. Par rapport à la SAM, qui, pour les caractères quantitatifs, ne permet de n'utiliser que la variation des QTL à effets forts, cette sélection génomique permet d'utiliser la variation de tous les QTL, y compris ceux à faibles effets.

La **transgénèse** est une biotechnologie apparue en 1972 (Berg et al) pour les bactéries et en 1983 (Van Montagu et al.) pour les plantes. Depuis 1995 elle a largement été utilisée hors Europe par les sélectionneurs de maïs. Il s'agit d'une technologie qui peut apporter rapidement des caractères nouveaux à des plantes (résistance à un insecte, tolérance à un herbicide, tolérance à la sécheresse) et importants pour les agriculteurs surtout dans un contexte de changement climatique.

Le développement des **technologies d'édition du génome**, surtout la technique dite « CRISPR », ouvre de nouvelles perspectives d'actions comme de rendre les maïs tolérants à la sécheresse.

Tous ces outils permettent de gagner du temps dans la création variétale, permettant ainsi à l'agriculteur de bénéficier plus rapidement du progrès génétique. Il en résulte aussi une meilleure utilisation de la variabilité génétique, ce qui préserve le progrès génétique à long terme et induit une nouvelle variabilité génétique, avec des caractères nouveaux dans les cas de la transgénèse et de l'édition du génome. ■

André Gallais
Professeur honoraire de génétique et d'amélioration des plantes

Les maïs Bt toujours bons pour le service en Espagne et au Portugal

L'EFSA a évalué le rapport annuel 2015 de Monsanto portant sur le suivi environnemental du maïs Bt (MON 810). Son avis a été adopté le 5 avril 2017. *« Les données de surveillance au Portugal et en Espagne fournies par Monsanto à l'EFSA n'indiquent pas une diminution de la sensibilité des ravageurs du maïs à la protéine Cry1Ab durant la saison 2015 »*, conclut l'agence sanitaire européenne. Autrement dit, les pyrales n'ont pas réussi à contourner la résistance due à cette protéine.

Par ailleurs aucun effet indésirable n'a été observé chez l'homme ou l'animal. Au final, l'EFSA estime qu'il n'y a aucune preuve qui pourrait invalider les évaluations précédentes sur la sécurité du maïs MON 810.

Cette étude vient confirmer que les arguments développés par la France et l'Italie pour justifier un moratoire de la culture des maïs Bt ne reposaient pas sur une base scientifique. ■

Biotechnologies Végétales infos
1er trimestre 2018 N° 14

Bon démarrage du maïs résistant à la sécheresse

La demande mondiale pour le maïs devrait augmenter de 60 pour cent d'ici 2050. Comment répondre à ce marché en croissance ? Cela, alors que les dérèglements climatiques, qui se caractériseront, selon les régions du globe, par une rareté des ressources en eau, par des variations de températures, par le développement de nouveaux ravageurs ou de nouvelles maladies, pourront limiter cette croissance. S'agissant spécifiquement du maïs, qui a besoin d'eau quand elle peut se faire rare, la nécessité de développer des maïs non irrigués et tolérants à la sécheresse devient prioritaire. La superficie cultivée avec du maïs GM Drought-Gard™ semé pour la première fois en 2013 aux USA sur 50 000 ha et s'élève à 1 million d'ha en 2016.

De grandes perspectives en Afrique

Pour développer des maïs tolérants à la sécheresse de nombreux programmes de recherche sont mis en œuvre en Afrique par le Centre international d'amélioration du maïs et du blé (CIMMYT) avec le soutien de la Fondation de Bill Gates. Des essais ont montré que des variétés de maïs résilientes à la sécheresse ont un rendement doublé dans des environnements de stress aigüs (comme El Niño de 2015/16) par rapport à des variétés conventionnelles.

Au Malawi, en Zambie et au Zimbabwe des variétés de maïs tolérantes à la sécheresse sont maintenant sur le marché. Certaines d'entre elles sont également améliorées sur le plan nutritionnel : richesse en vitamine A pour prévenir la cécité chez les enfants et richesse en zinc.

De nouvelles perspectives sont ouvertes avec l'application de la technologie CRISPR. Ainsi Shi et al (2016) ont modifié le promoteur du gène ARGOS8 avec une séquence issue d'un autre promoteur du maïs pour diminuer la sensibilité à l'éthylène qui intervient dans la sensibilité au stress. Il en est résulté un gain de 3-4 q/ha (soit environ 4 %) en conditions de sécheresse, sans effet défavorable en conditions irriguées. Une amélioration du rendement de 4 % semble peu, mais cela a été obtenu en un an et s'ajoute au progrès par les autres méthodes et d'autres cibles sont possibles. ■

Maïs transgénique

En modifiant l'expression d'un seul gène on augmente le rendement

Le gène *Pla1* est impliqué dans l'accumulation des auxines, qui sont des hormones de croissance végétales. Une équipe du VIB (Gand, Belgique) a produit des maïs transgéniques en remplaçant le promoteur du gène *ZmPla1* par celui de la GA2-oxydase. Le nouveau gène *Pla1* s'exprime alors principalement à un moment précis du développement qui se situe après la division cellulaire et avant la phase de différenciation et d'expansion de la cellule. La conséquence directe est une production accrue de biomasse par augmentation de la taille des feuilles. Testés dans les conditions du plein champ ces maïs montrent un rendement accru par rapport au témoin non transgénique. A noter que les maïs transgéniques contenant un gène *Pla1* qui s'exprime de façon continue ont au contraire un développement lent et ne fleurissent pas.■

Source : Sun et al., Nature Communications (2017) DOI:10.1038/ncomms14752

Ils ont dit :

« Contestation de la science : opposons la raison à l'émotion »

Françoise Grossetête
Députée européenne

« Je constate avec inquiétude, chez nos concitoyens et parmi les décideurs politiques, la montée grandissante d'une contestation de la science, au service de l'idéologie et des théories du complot qui se répandent à travers internet et sur les réseaux sociaux. La constante fabrique du doute dans l'opinion constitue un danger majeur pour nos sociétés, entrées dans l'ère des « faits alternatifs ». La science, si elle n'est pas toujours exacte, devrait pourtant être largement incontestable. Il revient certes aux politiques d'avoir le courage de dépasser les idéologies pour tenir un langage de vérité. Mais il est aussi de la responsabilité des scientifiques, des experts, des techniciens, qui sont avant tout des citoyens, d'aller déranger ce confortable entre soi dans lequel se déroule souvent la contestation de la science ».

Source : France agricole 24/11/2017

« Les OGM deuxième génération, c'est l'avenir »

Louis Bodin
Monsieur Météo TF1

« Aujourd'hui, dès qu'on prononce ce mot diabolique OGM, la discussion est bloquée. La transformation chimique, évidemment c'est non. Mais les OGM deuxième génération, plus en accord avec la nature, c'est l'avenir. Il faut arrêter. On sera bientôt 10 milliards d'habitants sur la planète. L'enjeu c'est de donner à manger à tout le monde ».

Source : « Life and Farms » Août 2017

« Les biotechnologies sont des parties prenantes »

Frédérique Vidal
Ministre de la recherche

« La génétique végétale sera probablement largement sollicitée pour façonner les plantes de demain. Il s'agit de cultiver une plus grande diversité d'espèces mais également de privilégier des variétés efficientes dans la transformation des intrants, plus adaptées aux contraintes environnementales et plus résistantes aux pathogènes, permettant ainsi de s'affranchir au moins en partie du recours aux phytosanitaires. Les biotechnologies sont des parties prenantes naturelles de ces évolutions ».

Source : discours à l'Académie des technologies, novembre 2017

Biotechnologies Végétales infos
1er trimestre 2018 N° 14

Des pionniers s'expriment sur l'interdiction des maïs Bt

Moins de revenus et moins verts

Claude Menara
Producteur de maïs Bt de 1998 à 2007

« Les maïs Bt respectent la biodiversité (lutte exclusive contre les insectes foreurs), la conservation des sols et l'agro-écologie (pas de perturbation de la faune auxiliaire). Les maïs Bt améliorent la qualité (moins de mycotoxines) et surtout évitent de grosses pertes aux champs.

Les maïs Bt constituent la seule vraie alternative efficace à la suppression des insecticides : *économie de 100 000 litres/an sur environ 400 000 ha. Ils diminuent également les émissions de gaz à effets de serre (CO_2) consécutives à la fabrication, au transport et à l'épandage des insecticides et aux économies d'énergie dues au séchage des grains récoltés plus secs grâce à un état sanitaire exceptionnel des plantes. Les maïsiculteurs militent pour une agriculture économiquement viable, socialement responsable et écologiquement saine».*

Jacques Beauville
Producteur de maïs Bt en 2006-2007

« Depuis 2008, la culture des maïs Bt est interdite en France, d'où une perte importante de rendement qui se chiffre entre 10 et 12 quintaux/hectare. Considérant le prix moyen du maïs de ces dix dernières années, cela fait un manque à gagner de chiffre d'affaire de 170 € à 200 €/ha. Comme les maïs Bt auraient leur place sur environ 400 000 ha, les maïsiculteurs français auront perdu chaque année, au minimum, 68 millions d'euros de chiffre d'affaires (CA) ; ***soit une perte cumulée de 680 millions d'euros de CA consécutive aux 10 ans d'interdiction de culture de maïs Bt****.*

Je ressens comme une grande injustice le traitement que la France a réservé aux maïs Bt : absence de l'analyse bénéfices/risques, ignorance de l'avis des agences sanitaires (Anses, Efsa entre autres). L'interdiction française de cultiver des maïs Bt constitue une distorsion de concurrence vis à vis des autres producteurs mondiaux. Mes maïs Bt vendus en Espagne en 2006 et 2007 ont permis de produire : +5% de foies gras avec 7% de mortalité en moins (retour d'expérience des gaveurs espagnols). Surtout on nous prive de l'accès à l'innovation. Dans ce contexte, va-ton autoriser l'utilisation des nouvelles méthodes de sélection des plantes ? »

Espagne : une coexistence pacifique et bénéfique

En Espagne, la coexistence pacifique entre cultures de maïs conventionnel et de maïs génétiquement modifié (Bt) existe depuis 1998. Les maïs Bt couvrent 129 000 hectares, soit 30 % des surfaces totales de maïs. Cette part, en augmentation régulière, ne devrait guère croître beaucoup plus dans l'avenir. En effet les maïs Bt sont cultivés uniquement dans les régions espagnoles où sévissent la pyrale et la sésamie, puisque la caractéristique des maïs Bt est de pouvoir se défendre, sans insecticide chimique de synthèse, contre les attaques de ces insectes nuisibles pour la culture.

Pourquoi les producteurs espagnols choisissent le maïs Bt ?

L'augmentation du rendement est la première raison. En moyenne, sur 18 ans, les augmentations de rendement sont de l'ordre de 5 à 13 quintaux/ha dans les zones à faible pression parasitaire et jusqu'à 12 à 19 q/ha dans la région de Saragosse par exemple. Pour les maïsiculteurs espagnols, le plus grand rendement du maïs Bt et la diminution des usages d'insecticides se traduit par un supplément de la marge brute par rapport à celle qui est générée par du maïs conventionnel. Cette différence de marge brute oscille entre +3 et + 147 euros/ha en fonction des zones d'implantation. ■

Des aliments préservés des mycotoxines

Les mycotoxines sont produites pas certains champignons pathogènes des cultures. On en trouve en particulier dans le maïs. Elles présentent un risque toxicologique important en alimentation (risque cancérigène). Des doses maximales sans effet ont été définies. Il est important de réduire ces mycotoxines en contrôlant les champignons qui sont responsables de leur production. De plus, avec la réduction d'emploi des produits chimiques de protection (et notamment des fongicides et insecticides), les approches génétiques doivent prendre le relais.

Deux approches sont utilisées :

- une approche directe avec des plantes résistantes aux champignons producteurs de mycotoxines ou en inhibant la production de mycotoxines par ces champignons (Ex : maïs empêchant Aspergillus de produire l'aflatoxine, substance hautement cancérigène) ;
- une approche indirecte issue de l'utilisation de plantes telles le maïs Bt résistant aux insectes.

Les biotechnologies peuvent faire une différence majeure en Afrique où il existe un problème récurrent avec les mycotoxines. En 2003, 120 Kenyans sont mort après avoir mangé du maïs contenant de forts taux de mycotoxines.

Le maïs étant plus sain du fait de cette résistance, les champignons, qui entrent dans la plante par une blessure, se développent moins et les teneurs en mycotoxines sont beaucoup plus faibles (réduites d'environ 90%) dans les maïs Bt que dans les maïs non-Bt. ■

Philippe Joudrier
Ex directeur de recherche INRA

Biotechnologies Végétales infos
1er trimestre 2018 N° 14

Un brocoli tolérant à des températures élevées

Des chercheurs américains de l'Agricultural Research Service ont développé et caractérisé des sources génétiques de tolérance à des températures élevées chez le brocoli.

« Nous avons identifié des marqueurs génétiques associés à la résistance aux dommages causés par des températures excessives dans cette espèce » explique Mark Farnham, phytogénéticien. *« Nous avons découvert que la résistance est un caractère complexe contrôlé par de nombreux gènes, ce qui le rend assez difficile à travailler. Néanmoins, ces marqueurs présentent un grand intérêt pour les sélectionneurs de brocoli qui disposent ainsi d'outils complémentaires pour accélérer le développement de variétés tolérantes à de fortes températures ».*

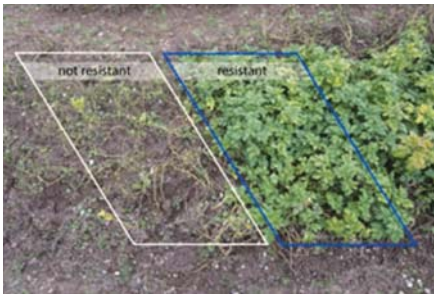
Le brocoli est un légume exigeant. Des températures excessives peuvent affecter le rendement et la qualité. Avec ces variétés tolérantes à des températures élevées, les brocolis seraient plus résilients, leur zone de culture pourrait être étendue et la saison de production se trouver allongée. Un réseau d'universités teste ce brocoli en culture pour vérifier son comportement en situations variées de stress environnementaux. ■

Source : https: //phys.org/news/2017-09-heat-tolerant-broccoli-future.html

Royaume-Uni

Une pomme de terre résistante génétiquement au mildiou

Une équipe de recherche menée par le professeur Jonathan Jones au laboratoire Sainsbury (Norwich, Royaume Uni) a modifié avec succès une pomme de terre (de la variété Maris Piper) pour qu'elle résiste aux ravages du mildiou, en introduisant un gène de résistance provenant d'une pomme de terre sauvage. *« La première année d'essai au champ de Maris Piper a été excellente »*, dit le Pr Jones. *« Nous avons observé la résistance au mildiou dans toutes les lignes ».*



Essai de pomme de terre résistante au mildiou
The Sainsbury Laboratory - © Steve Adams

Ce nouveau gène introduit dans la variété Maris Piper offre la double promesse de sa résistance renforcée au mildiou (une maladie qui peut anéantir une culture dans le champ en une dizaine de jours ou au stockage), et même de la possibilité de la cultiver sans recours à des fongicides chimiques.

Les essais au champ se poursuivent à Norwich. L'an prochain l'équipe va explorer les traits génétiques pouvant améliorer la qualité des tubercules. L'équipe espère obtenir une pomme de terre moins vulnérable aux chocs après récolte et contribuer à améliorer la qualité et la durabilité de cette culture au Royaume Uni. ■

Source : *Biotechnology and Biological Sciences Research Council website*

Son propre génome pour 100 euros

Il a fallu 13 ans, de 1990 à 2003, et 3 milliards de dollars pour déterminer l'ordre des 3 milliards de paires de nucléotides qui composent l'ADN humain ("Human Genome Project", Craig Venters). Aujourd'hui il suffit de quelques jours pour se faire séquencer son propre génome.

En 2016, on pouvait se faire séquencer son propre génome pour 1 000 dollars…(par Véritas Génétique). Des chiffres sont avancés de 100 dollars actuellement.

Antoine Costa, chercheur au CNRS à Toulouse, travaille sur un projet de séquençage du génome (humain) en une dizaine de minutes !

Tulipe : le plus gros génome jamais séquencé

Le génome de la tulipe *(Tulipa gesneriana)* a été séquencé par des scientifiques de trois organisations néerlandaises. Ce décryptage va aider à sélectionner des tulipes améliorées, de les produire plus rapidement et de manière plus durable.

Le génome de la tulipe est le plus gros jamais séquencé. Sa taille est estimée à environ 34 giga paires de bases, soit près de 11 fois le génome humain. *« A côté de celui de la tulipe, le génome humain semble tout petit : il tient tout entier dans un seul chromosome de tulipe »*, commente Hans Van den Heuvel, directeur R&D de Dümmen Orange.

Le séquençage de cet énorme génome, qui n'a commencé qu'en mai 2017, a été accompli en un temps record. Cela montre combien les technologies modernes accélèrent le séquençage, qui habituellement aurait pris plusieurs années. ■

Tomate : une résistance à l'oïdium en moins d'un an

Comme démontré chez l'orge et le blé, la résistance à l'oïdium chez les plantes est conférée par la mutation d'un gène (Mlo) nécessaire au champignon pour sa propagation. En moins de dix mois, des chercheurs ont obtenu une variété de tomate, «Tomelo» qui résiste à cet agent pathogène, en utilisant la technologie CRISPR / Cas9 de réécriture du génome. Le séquençage complet des plantes obtenues montre qu'elles présentent une délétion de ce gène, qu'on ne peut pas discerner d'une mutation naturelle et qu'elles sont dépourvues de mutations hors cible. De telles mutations du gène Mlo induites par cette technique représentent un investissement relativement minime et pourront facilement être introduites dans des variétés élites de tomates. ■

Source : *Nekrasov V. et al. 2017. Scientific Reports | 7: 482 | DOI:10.1038/s41598-017-00578-*

Interview

Daniel Peyraube, *Président de l'AGPM* [1]

"Les nouvelles biotechnologies sont prometteuses"

Qu'attendez vous de la génétique pour exercer votre métier de maïsiculteur ?

La maïsiculture fait face à de nombreux défis, défi climatique d'abord : le réchauffement est une réalité avec son lot d'aléas climatiques de plus en plus fréquents. En matière d'environnement, si nos pratiques ne cessent d'évoluer depuis 20 ans, la pression sociétale est de plus en plus prégnante. Le dernier défi - le plus important - est le revenu du producteur de grains, soumis aux cours mondiaux… au plus bas depuis 3 ans. Dans certaines zones de production la maïsiculture régresse alors que les besoins en maïs ne cessent d'augmenter (aux niveaux européen et mondial). La génétique a toujours su accompagner le développement de maïsiculture. Elle a plus que jamais un rôle à jouer en France pour offrir des solutions et contribuer à l'attractivité de la culture et son acceptabilité par le citoyen.

Pensez vous que les Etats Généraux de l'Alimentation ont suffisamment pris en compte le rôle de la génétique pour développer une alimentation durable ?

Non, ce sujet a été pratiquement absent des débats. Nos dirigeants sont beaucoup plus à l'aise pour parler de numérique et de robotique que de génomique. Et pourtant le rapport agriculture innovation 2025 remis au précédent gouvernement en 2015 soulignait le nécessaire développement de la génétique et des biotechnologies.

Etes-vous personnellement favorable à l'utilisation des biotechnologies pour améliorer les variétés de maïs ?

Et plus précisément pourra-t-on se passer des biotechnologies alors que la société demande une réduction de l'usage des intrants (phytos, eau…) ? Les enjeux de l'agriculture sont tels que chaque vecteur de progrès doit être expertisé. Les nouvelles biotechnologies sont prometteuses car plus précises, plus accessibles financièrement, plus rapides et faciles à mettre en œuvre. Il est donc important que les entreprises semencières françaises puissent y accéder. Pour autant les biotechnologies ne remplaceront pas tous les intrants. Une plante a besoin d'eau et d'engrais pour se développer et doit être protégée des ravageurs et des maladies : l'eau, les engrais et les produits phytosanitaires demeurent et demeureront essentiels.

La transgénèse (OGM) a été condamnée à mort à cause d'une règlementation européenne trop contraignante. Pensez-vous qu'il en sera de même avec les nouvelles méthodes d'amélioration des plantes (édition de gènes) ?

Non je ne le pense pas. Ces nouvelles biotechnologies sont différentes. Les deux principaux reproches faits aux OGM sont, d'une part, le fait de passer la barrière des espèces et d'autre part, un accès couteux à cette technologie et par conséquent l'hégémonie de grands groupes. Mais ces techniques apportent des solutions à des défis bien réels et, malgré ce que certains voudraient faire croire, elles seront bien-sûr encadrées réglementairement.

Ces nouvelles méthodes finiront donc bien par être adoptées, y compris en France, mais la question est de savoir quand. L'Europe ne peut se payer le luxe de tergiverser pendant des années alors que le reste du monde avance.

Et quelles seraient les conséquences pour la filière maïs d'une interdiction de fait des biotechnologies pour les semenciers ?

Cela représenterait encore plus de distorsion de concurrence. La situation risquerait d'être catastrophique pour la production de semences de maïs qui est pourtant un modèle et un fleuron de l'économie française. Cette situation ne saurait perdurer bien longtemps si les semenciers n'avaient plus les moyens de proposer une génétique performante ou si les multiplicateurs français ne pouvaient plus développer les variétés attendues dans l'ensemble des zones de production du monde. Les semenciers, comme les agriculteurs, doivent pouvoir accéder aux meilleurs outils pour relever ensemble les nombreux défis de la maïsiculture.

Propos recueillis par **Gil KRESSMANN**

(1) Association générale des producteurs de maïs

Demande d'adhésion à l'AFBV

comprenant l'abonnement à :

« Biotechnologies végétales infos »

AFBV
Association Française des Biotechnologies Végétales

Nom : ..... Prénom : .....

Adresse postale : .....

Adresse mail : .....

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

Ci-joint : chéque

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