

Biotechnologies Végétales



infos

N° 16

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

SOMMAIRE

Actualités

P.2 Les études invalident les conclusions de G.E. Seralini sur les maïs GM

Cotonnier Bt au Burkina Faso : le retour ?
Lettre collective au Président Juncker

P.3 Bilan des plantes génétiquement modifiées

Les maïs GM, meilleurs pour la santé !
Réchauffement climatique :
pertes de rendement en vue

Dossier

P.4 Viticulture et biotechnologies

Programme Inra de création de variétés de vigne à résistance durable

P.5 Le potentiel de l'édition des génomes pour la filière vigne et vin

La viticulture peut-elle se passer du cuivre ?

P.6 Ressources génétiques et génomiques dans l'amélioration de la vigne

Protection de la vigne contre les virus :
les perspectives des biotechnologies

Focus

P.7 Des pommes de terre "dorées" plus riches en vitamines

L'histoire du rosier décrypté à travers son génome

Contre l'anémie, du riz enrichi en fer et en zinc

Le code génétique du blé tendre enfin décrypté



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

Clarification en 2018 : continuons le combat...

La CJUE a donc rendu sa décision après avoir été sollicitée par le Conseil d'État suite à un recours de groupes écologistes, menés par la Confédération Paysanne. L'arrêt de la Cour, confirme ce que dit la Directive 2001/18, à savoir que « les organismes obtenus par mutagenèse sont des organismes génétiquement modifiés ». Mais, alors que la Directive stipulait que les organismes issus de la mutagenèse étaient à exclure de son champ d'application, la Cour donne raison aux écologistes et conclut que « ces organismes relèvent, en principe... de la Directive... et sont soumis aux obligations prévues par cette dernière ».

De plus, la Cour assimile les technologies d'édition des génomes à celles de mutagenèse, et affirme que « les risques liés à l'emploi de ces nouvelles technologies pourraient s'avérer analogues à ceux résultant de la production et de la diffusion d'OGM par voie de transgénèse... ». C'est donc logiquement qu'elle conclut que « la Directive sur les OGM s'applique également aux organismes obtenus par des techniques de mutagenèse apparues postérieurement à son adoption ».

Satisfaits, les groupes écologistes se sont empressés de faucher des variétés de tournesol issues de mutagenèse, et ont adressé une lettre aux producteurs de colza pour les « inciter » à ne plus cultiver les variétés issues de mutagenèse.

Plus surprenante est la réaction du Gouvernement qui « salue la clarification attendue » et entérine l'arrêt de la Cour en reconnaissant que « les produits issus de ces nouvelles techniques répondent à la définition européenne des OGM, et doivent être encadrés au même titre ».

Par contre, c'est la consternation qui s'exprime parmi les scientifiques du public comme du privé. Car c'est l'avenir de la recherche européenne qui est menacée, de même que sa capacité à créer les variétés dont agriculteurs, industriels et consommateurs vont avoir besoin dans les décennies à venir.

Que faire pour contrer les conséquences de l'arrêt de la CJUE ? Plutôt que de demander une révision complète de la Directive sur les OGM (action à long terme) l'AFBV contribuera à dégager les compromis nécessaires, comme l'ont déjà fait un certain nombre de pays, pour permettre le développement des technologies d'édition des génomes, et de toute autre technologie qui émergerait, tout en respectant les demandes sociétales de transparence et de sécurité.

Alain Deshayes
Président de l'AFBV

Les études invalident les conclusions de G.E. Seralini sur les maïs GM

Deux nouvelles expertises européennes réfutent les conclusions de l'étude du Professeur G.E. Seralini sur la nocivité des maïs génétiquement modifiés (GM).

En septembre 2012, le professeur Gilles-Eric Seralini publie un article qui fait sensation en affirmant qu'un maïs génétiquement modifié NK 603 induisait des tumeurs. Face à la contestation de cette étude par la communauté scientifique internationale, GE Seralini se défend en affirmant que les études à 90 jours exigées par l'Union Européenne sont bien trop courtes pour révéler des effets qui se manifestent à plus long terme comme la cancérogenèse. Pour trancher le débat les autorités françaises et européennes décident alors de lancer trois programmes de recherche pour confirmer ou

infirmer les résultats des analyses de GE Seralini : programmes GRACE et G-TwYST au plan européen (et GMO90+ en France) pour un coût total de 15 millions d'euros. Les conclusions en sont maintenant connues :

- Les résultats de ces programmes de recherche européens confirment l'absence d'effets sur la santé des maïs porteurs de MON 810 et NK 603 dans les études à 90 jours.
- Les études à long terme (un an et deux ans), ne mettent en évidence aucun effet toxique des maïs analysés et n'apportent rien de plus que les études à 90 jours comme le disaient depuis longtemps les toxicologues.

Les consommateurs en seront ils informés officiellement ? ■

Gil KRESSMANN

Cotonnier Bt au Burkina Faso : le retour ?

L'industrie cotonnière du Burkina Faso veut revenir aux variétés génétiquement modifiées éliminées en 2015 à la suite d'un problème de qualité au niveau de la fibre.

Le retour des semences de cotonnier Bt est demandé par les agriculteurs locaux, selon Wilfried A. Yameogo, directeur général de SOFITEX, qui achète environ 80 pour cent de tout le coton produit dans ce pays.

Le cotonnier a été génétiquement modifié pour lui apporter une résistance inhérente aux vers de la capsule. Celui-ci peut détruire jusqu'à 90 pour cent de la production d'un agriculteur. « Introduit au Burkina Faso en 2008 », le nouveau cultivar a contribué à la lutte contre les ravageurs dans les plantations de cotonnier et a permis de réduire

le recours à certains insecticides de 70 pour cent. Une étude nationale a montré que l'introduction de cultivars Bt au Burkina Faso a entraîné une augmentation de 22 % du rendement par rapport aux cultivars conventionnels, et que les ménages ont enregistré un gain de revenu moyen de 51 %.

Mais l'émergence d'une fibre plus courte a conduit les autorités burkinabé à stopper la culture de la variété en 2015 - au grand dam des paysans qui réclament depuis lors son retour.

« Tous les agriculteurs qui ont l'expérience du cotonnier Bt regrettent le retour au cotonnier conventionnel [...] mais ils sont impuissants et espèrent que le gouvernement écoutera leur demande », a déclaré François Traoré, Président de l'Union Nationale des Producteurs de Coton du Burkina dans une interview. La filière compte sur de nouvelles variétés Bt aux fibres plus longues. ■

Source : <https://allianceforscience.cornell.edu/blog/2018/02/burkina-faso-cotton-industry-wants-bring-back-gmo-seeds/>



Lettre collective au Président Juncker



Plus de 75 organisations (Centres de recherche publics et privés, Universités, Académies, Instituts techniques, organisations professionnelles agricoles...) et personnalités scientifiques de différents pays de l'UE⁽¹⁾ et de la Suisse se sont rassemblées, à l'initiative de l'AFBV, au sein d'un Collectif dénommé « *Initiative européenne pour l'édition génomique des plantes* ». Ce Collectif a adressé le 18 Juillet 2018 une lettre ouverte au Président Jean-Claude Juncker présentant trois propositions d'actions pour insister sur le fait que l'Union Européenne ne doit pas laisser échapper les opportunités offertes par l'édition génomique des plantes. Voir ce courrier sur le site de l'AFBV : <http://www.biotechnologies-vegetales.com/lettre-ouverte-au-president-de-la-commission-juncker> ■

(1) Allemagne, Autriche, France, Royaume Uni, Suède, Belgique, Italie, Espagne, Finlande, Pologne, Roumanie,

Ils ont dit :

“ **Aucun effet des maïs GM sur la santé** ”

Ministère de l'Agriculture

Dans une réponse à une question écrite posée au Gouvernement par le sénateur Daniel Gremillet, le Ministère de l'Agriculture a confirmé la non nocivité des maïs génétiquement modifiés (GM).

« *Aucun effet des maïs MON810 et N 603 sur la santé n'a été mis en évidence par les études de toxicité sur les rats conduites dans le cadre de ces projets* » (G-Twist et Grace).

Source : JO Sénat du 13/09/2018 - page 4673

Erratum

L'article « Des pommes de terre résistantes à des maladies » (Biotechnologies végétales infos n° 15) a été rédigé par Frédérique Rousseau, secrétaire de l'ACVNPT et Jean-Eric Chauvin de l'IGEP-INRA.

Bilan des plantes génétiquement modifiées

Avec 189,8 millions d'hectares en 2017 contre 185,1 en 2016, la superficie mondiale des plantes génétiquement modifiées (PGM) a de nouveau augmenté en 2017 de 4,7 millions ha, soit plus 3%.

En 2017, 67 pays utilisent des PGM. Parmi eux : les 24 pays qui en cultivent, (dont 19 en

développement et 5 industrialisés) et les 43 pays qui n'en cultivent pas et règlementent formellement l'importation et l'utilisation des OGM pour l'alimentation humaine, animale et la transformation industrielle. Lire le bilan complet dans le site : biotechnologies-vegetales.com ■

Source : ISAAA

Les maïs GM, meilleurs pour la santé !

Une méta analyse portant sur 6 000 publications et sur 21 ans (de 1996 à 2016) de culture du maïs génétiquement modifié (GM), montre l'impact positif sur l'agronomie, l'environnement et la qualité de ce type de culture.

Les chercheurs ont notamment analysé le problème des mycotoxines contaminant le maïs. (Ces substances sont cancérigènes pour les animaux mais aussi pour les êtres humains). Les chercheurs dévoilent que le maïs GM contient 28,8 % de mycotoxines en moins par rapport aux lignées non-GM. Les concentrations sont également plus faibles en fumonisine (-30,6%) et trichothécènes (-36,5%). De plus ils ont constaté que les organismes non cibles analysés n'ont pas été affectés par le maïs GM.

Ces résultats confirment l'intérêt de la culture du maïs GM, principalement en raison de l'amélioration du rendement et de la qualité des grains suite à la réduction des



mycotoxines. Nos maïsiculteurs français qui n'ont pas le droit de les cultiver doivent envier leurs concurrents espagnols qui les cultivent pour leur plus grand profit et celui de l'environnement. ■

Source : Pellegrino et al., (2018) Impact of genetically engineered maize on agronomic, environmental and toxicological traits: a meta-analysis of 21 years of field data. *Scientific Reports*: DOI/10.1038/s41598 Scientific Reports :

Réchauffement climatique : chute des rendements en vue

Une étude états-unienne, publiée dans la revue *Science*, montre que les changements climatiques auront un impact sur les rendements des principales céréales (blé, riz et maïs). Certes, on savait déjà que les augmentations de température engendreront des pertes de rendement, mais ce que montre cette étude, est que ces pertes pourraient être amplifiées par les insectes. En effet, l'élévation des températures devrait conduire les insectes à être plus nombreux par augmentation du nombre de générations et donc au total plus consommateurs. Alors qu'actuelle-

ment ils consomment déjà de 5 à 20 % des récoltes, leur consommation pourrait augmenter de 10 à 25 % par degré d'élévation de la température terrestre.

Les auteurs de l'étude estiment que, d'ici 2050, les pertes de production pourraient augmenter de 50 à 100 % pour le blé européen et de 30 à 40 % pour le maïs nord américain. Quant à la Chine, qui produit un tiers du riz mondial, elle pourrait accuser des pertes de production de 15 à 20%. Ces trois céréales assurent environ 40 % des besoins en calories au niveau mondial, l'impact sur

Brièves

Les Italiens dans les nouvelles biotechnologies

Bien que fortement opposée aux produits du génie génétique, l'Italie soutient les biotechnologies innovantes telles que la cisgénèse et l'édition de gènes. En octobre 2017, le ministère de l'Agriculture a décrété une allocation de 21 millions d'euros dans un plan triennal de recherche pour une agriculture durable, mené par le Conseil italien pour la recherche agricole et l'analyse de l'économie agricole (CREA). La recherche porte sur l'édition de gènes et la cisgénèse en vigne, olive, pomme, citron, abricot, pêche, cerise, fraise, kiwi, aubergine, tomate, basilic, artichaut, blé, riz, et peuplier.

Source : USDA

La Chine en pôle position

La Chine est en train de devenir la première puissance mondiale dans le secteur des biotechnologies végétales et de l'amélioration des plantes. Cette volonté de se trouver en pôle position dans les biotechnologies est inscrite dans son plan dit « Made in China 2025 ». La Chine s'est notamment engagée dans le décriptage du génome de milliers de plantes. Elle utilise déjà massivement l'édition de gènes, technologie qui est en train de révolutionner l'amélioration des plantes mais qui est mise en question en Europe.



les besoins alimentaires sera donc important. Face à de telles estimations, il est clair qu'il est stupide de se priver des techniques issues des biotechnologies qui apportent des solutions pour atténuer les effets des changements climatiques sur les rendements des plantes. ■

Source : Increase in crop losses to insect pests in a warming climate, *Science* 31 Aug 2018, Vol 361, pp. 916-919.

Viticulture et biotechnologies

Pour une viticulture durable

La vigne, autrefois cantonnée au pourtour de la Méditerranée, concerne désormais le monde entier et le commerce du vin a un poids croissant dans les échanges commerciaux (183 milliards de dollars en 2017, dans le monde). Les vignobles de l'UE assurent aujourd'hui la moitié de la production de vin dans le monde.

Des enjeux économiques considérables

En France, la vigne occupe un espace cultivable assez faible, 3% de la SAU soit 785 milliers d'ha mais ces 3% de SAU représentent 15% en valeur. L'exportation du vin est le deuxième poste excédentaire de la balance commerciale française (derrière l'aéronautique) avec 11,51 milliards d'euros d'excédents en 2017 et le premier pour les produits agroalimentaires.

L'activité viticole exige encore le recours à des produits phytosanitaires. La viticulture « bio » elle-même ne peut actuellement se passer du recours au sulfate de cuivre dont l'usage est, à son tour, fortement remis en question au sein de l'UE.

Les enjeux écologiques : l'espoir des biotechnologies.

De nombreuses menaces pèsent toujours sur cette culture : des maladies et des ravageurs (court noué, mildiou, oïdium...) mais aussi le développement de très inquiétantes maladies du bois de la vigne (esca) contre lesquelles il sera très difficile de lutter sans avoir recours à toutes les techniques disponibles, souvent combinées.

Pour améliorer la protection sanitaire de la vigne tout en diminuant l'utilisation de produits chimiques, les nouvelles techniques d'édition de gènes seront utiles. Elles pourront aussi apporter plus rapidement des solutions à l'adaptation des cépages au dérèglement climatique.

Les progrès des sciences et techniques biotechnologiques représentent un espoir important pour les viticulteurs. Il faudra démontrer, par la preuve et le raisonnement scientifique, qu'il est possible de faire converger les objectifs de production avec les enjeux écologiques dans le cadre d'un développement vitivinicole durable.

Brigitte Laquieze, Académie d'agriculture

Programme Inra de création de variétés de vigne à résistance durable

La protection contre les maladies des parties aériennes les plus menaçantes pour le vignoble que sont le mildiou et l'oïdium est essentiellement réalisée par l'application massive de fongicides : la viticulture consomme environ un quart des fongicides agricoles pour moins de 3% de la surface agricole utile. De ce fait, une contrainte majeure pèse sur le monde viticole : réduire l'usage des fongicides et, ainsi, limiter leur impact négatif sur l'environnement, les utilisateurs, le revenu des viticulteurs et l'image de marque de la viticulture. La création de variétés de vigne résistantes constitue la voie majeure pour répondre à cet enjeu.

Les variétés traditionnelles de vigne cultivée d'origine européenne (*Vitis vinifera*) sont, dans leur grande majorité, sensibles au mildiou et à l'oïdium. En revanche, plusieurs sources présentant une résistance naturelle au mildiou et à l'oïdium ont été identifiées dans des espèces apparentées de *Vitis* d'origine américaine et asiatique. Cependant, le premier cas de contournement d'un fac-

teur de résistance au mildiou a été décrit en Europe (Peressotti et al., 2010). De même, le contournement d'un locus de résistance à l'oïdium a été observé aux Etats-Unis.

Pour assurer la pérennité de ce patrimoine génétique précieux mais fragile, il est donc essentiel de mettre en œuvre les principes de gestion durable des résistances, sur le plan génétique, à travers la stratégie de pyramidage consistant à associer dans une même variété plusieurs facteurs de résistance vis à vis d'un même pathogène.

Quatre variétés résistantes et 18 ans de recherches

Sur ce principe, l'INRA s'est engagé en 2000 dans un programme, appelé Inra-ResDur, visant à créer des variétés de vigne, d'une part, possédant une résistance au mildiou et à l'oïdium efficace et durable et, d'autre part, adaptées à la production de vins de qualité. La stratégie utilisée repose principalement sur l'association par hybridation de plusieurs sources de résistance



introgressées (*V. rotundifolia*, autres *Vitis* américaines et *V. amurensis*) et la mise en œuvre d'un schéma de sélection associant génotypage et évaluation multi-locale des obtentions créées. A ce jour, le programme Inra-ResDur a permis l'inscription de quatre variétés résistantes, Artaban, Floréal, Vidoc et Voltis. L'inscription d'une vingtaine d'autres est prévue d'ici 2024. ■

Didier MERDINOGLU et
Christophe SCHNEIDER
INRA -Colmar

Le potentiel de l'édition des génomes pour la filière vigne et vin

La filière viticole française réputée dans le monde entier pour la qualité de ses productions repose fortement sur la renommée de quelques grands cépages. Dans le futur, elle va devoir répondre à de nombreux défis : réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires, adaptation au changement climatique, en plus du maintien d'une biodiversité de la vigne suffisante.

L'innovation variétale est un des leviers qui permettra de répondre à ces défis mais elle ne permet pas le maintien à l'identique des variétés. Pour cela, la technique d'édition des génomes CRISPR/CAS9 aurait un potentiel d'utilisation considérable. Elle permet des modifications ciblées et très précises de gènes sans laisser aucune autre signature dans le génome, des mutations dans différentes cibles mais également dans des régions distinctes du même gène.

La limite majeure de la technique est que l'on ne peut éditer que ce que l'on connaît. Ainsi

les cibles potentielles pour l'édition du génome de la vigne sont encore limitées à ce jour : ingénierie de résistance aux maladies fongiques par introduction/édition de gènes de résistance ou inactivation de gènes de sensibilité à l'oïdium de type MLO, modification de caractères liés à la qualité (couleur de la baie, présence d'arôme muscaté, absence de pépins pour les raisins de table).

L'innovation variétale condamnée en Europe ?

De nombreux pays se sont lancés dans la course à l'édition chez la vigne (France, USA, Italie, Afrique du Sud, Chine...). L'arrêt de la Cour de justice de l'union européenne considérant les plantes éditées comme des OGM va probablement bloquer l'utilisation de l'édition en innovation variétale en Europe. ■

Patrice THIS

INRA/UMR Amélioration génétique et Adaptation des plantes

La viticulture peut-elle se passer du cuivre ?



Le cuivre est une matière active utilisée en agriculture conventionnelle (AC) comme en agriculture biologique (AB), pour contrôler diverses maladies des plantes en particulier sur la vigne (mildiou). Mais l'application répétée de pesticides à base de cuivre a des effets environnementaux négatifs bien connus (le cuivre ne se dégrade pas). Le cuivre affecte les communautés microbiennes. Il a des effets délétères sur la dynamique des populations des vers de terre. C'est pourquoi la dose maximale de cuivre autorisée a été fixée à 6 kg/ha/an. Il est de plus en plus question d'interdire cette utilisation du cuivre. Certains pays l'ont déjà fait. Mais peut-on s'en passer ? Selon l'INRA⁽¹⁾, si on veut supprimer complètement l'utilisation du cuivre dans le système de protection des plantes, l'utilisation de variétés résistantes à ces maladies devient indispensable. Cela est vrai pour l'AB comme pour l'AC. ■

Gil KRESSMANN

(1) Peut-on se passer du cuivre en agriculture biologique ?
INRA janvier 2018

Brevés

Réchauffement climatique : le vin évolue

Avec le réchauffement climatique, la vigne pourrait connaître des bouleversements majeurs pour sa production, mais aussi et surtout la composition du produit final récolté (les raisins). Certains cépages, comme le merlot pour la région Aquitaine, ne sont pas adaptés au climat qui s'annonce.

Augmentation de la teneur en sucre, baisse d'acidité, composés phénoliques altérés, arômes affectés : les effets du dérèglement climatique sont déjà à l'œuvre et les recherches pour les contrer sont nombreuses (sur les levures, les tailles, les cépages).



Interview

François MITJAVILE,
viticulteur à Saint-Émilion

“ La lutte intégrée passe aussi par la génétique ”

Qu'attendez-vous des progrès de la génétique ?

La génétique fait partie de la boîte à outils utilisée par la lutte intégrée. Par exemple, contre le mildiou il y a des perspectives merveilleuses avec l'édition de gènes. Celle-ci nous permettrait de nous passer de l'utilisation de produits naturels, bios, notamment du cuivre, un produit polluant les sols, et qui devrait être interdit. Mais, même s'il s'agit de favoriser la sélection naturelle de gènes de résistance, cela ne risque-t-il pas d'être assimilé à la transgénèse, mal perçue par la société ?

Outre la lutte contre le court-noué (recherches malheureusement arrêtées par l'INRA suite aux destructions des essais), j'attends beaucoup de l'étude du génome pour l'amélioration variétale. Par exemple, le merlot, variété obtenue par des millénaires de sélection par les vigneronnes,

évolue de façon très lente avec les méthodes traditionnelles. Grâce aux biotechnologies, cette même sélection va 10 fois plus vite. L'amélioration variétale sur la saveur des fruits sera un progrès énorme.

Le monde viticole est-il ouvert aux perspectives offertes par les biotechnologies ?

Non et cela m'attriste. Car si nous avons de très grands vins aujourd'hui, c'est parce que notre pays a eu des vigneronnes leaders dans le progrès. Nous avons été au sommet de la connaissance dans le domaine viticole. Aujourd'hui, ce n'est plus le cas. Maintenant, les viticulteurs ont trop souvent peur du progrès, comme c'est le cas d'une grande partie de la société française. Il faut changer d'état d'esprit, croire en l'avenir et retrouver un esprit de conquête.

Ressources génétiques et génomiques dans l'amélioration de la vigne

L'utilisation conjointe de collections de ressources génétiques et d'approches génomiques pour les caractériser a permis d'élargir le socle de connaissances et d'outils mobilisables pour l'amélioration de la vigne.

Ainsi, l'étude de collections de ressources génétiques incluant parfois des mutants naturels de vigne extrêmes pour les caractères étudiés et de populations issues de croisements entre clones a fait progresser la compréhension des bases génétiques et moléculaires de ces caractères. Globalement l'étude des collections européennes de ressources génétiques vigne a permis de mieux comprendre la structuration de la diversité disponible chez cette espèce et de développer des hypothèses sur son proces-

sus de domestication, éclairant ainsi le choix des parents de croisements mais également des lieux de prospection de nouvelles ressources.

Les travaux de génétique et de génomique ont permis d'identifier des marqueurs moléculaires liés aux allèles favorables pour différents caractères. Ils sont maintenant utilisés dans des programmes de sélection d'une part pour prédire les meilleurs parents à croiser afin de réunir dans un même individu plusieurs gènes de résistance (oïdium et mildiou) et d'autre part pour sélectionner dans les descendance des croisements les meilleurs individus sans attendre l'expression du caractère qui peut demander plusieurs années (par exemple pour les caractères de la baie). Un mutant naturel nain et à cycle court (de 3 à 9 mois) est main-

tenant utilisé pour accélérer les études génétiques et peut-être dans le futur des programmes de sélection classique.

Enfin, les technologies génomiques permettant de développer des cartes très denses de marqueurs moléculaires à l'échelle des génomes entiers sont actuellement explorées. Elles permettront la mise en œuvre de la sélection génomique par le développement de modèles statistiques de prédiction de la valeur des différents caractères sélectionnés par les marqueurs. ■

Anne Françoise ADAM-BLONDON
Directeur de Recherches INRA,
Département "biologie et Amélioration
des Plantes", Royo et al (2018)
<https://doi.org/10.1104/pp.18.00259>

Protection de la vigne contre les virus : les perspectives des biotechnologies

Les maladies virales réduisent la longévité des ceps de vigne, leur potentiel de production et la qualité des raisins. A titre d'exemple on peut citer les maladies du court noué et de l'enroulement qui affectent la majorité des vignobles. Nulle protection chimique de la vigne contre les virus qui sont, au demeurant, incurables au vignoble.

Seules des mesures prophylactiques telles que l'arrachage des ceps infectés, la sélection de plants sains et la lutte contre les insectes vecteurs permettent de réduire la quantité d'inoculum viral et d'éviter des épidémies. Ces mesures sont coûteuses, d'une efficacité

aléatoire et leur impact environnemental est avéré, notamment la désinfection des sols.

L'emploi de variétés résistantes aux virus serait souhaitable pour, entre autres, limiter l'utilisation des produits phytosanitaires pour lutter contre les insectes vecteurs. Toutefois, aucune variété répertoriée de vigne ou d'espèces sauvages apparentées n'est résistante ; la protection du vignoble contre les virus reste donc un enjeu majeur.

Les biotechnologies offrent des perspectives inespérées de développement de vignes résistantes en activant génétiquement un système naturel de défense. En effet, l'insertion et

l'expression dans la vigne d'un fragment d'un gène viral déclenche des réactions de défense antivirale et protège les ceps vis-à-vis d'une infection. Cette approche biotechnologique est appliquée contre les virus du court noué et de l'enroulement, et les résultats préliminaires de protection sont fort encourageants. ■

Marc FUCHS - Université de Cornell

**Découvrez notre nouveau site
BIOTECHNOLOGIES
VEGETALES**

www.biotechnologies-vegetales.com

> Nouvelle présentation

> Nouvelles rubriques

> Biotechnologies végétales infos en ligne



Billet d'humour

Ne rien faire peut provoquer de grands bouleversements dans les génomes !

Un phénomène appelé « *chromothérapies* » littéralement « *des chromosomes qui volent en éclats* » est à l'origine du récent cépage « *Empaille Blanco* », sélectionné à partir d'un rameau à raisins blancs, apparu en 1987 en Espagne sur un plant du traditionnel cépage « *Empaille* », à raisins rouges*.

Ce phénomène est déjà connu chez l'homme comme étant à l'origine de certains cancers, la « *chromothripsis* » conduisant à une amplification d'oncogènes et à la perte de gènes suppresseurs de tumeurs.

Il est scandaleux que les autorités européennes aient laissé se multiplier

un tel mutant, au mépris de « *la santé humaine et du respect de l'environnement* », du moins si l'on en croit la Cours de Justice de l'Union Européenne qui, dans le confort que lui procure ses croyances dignes de l'Inquisition, vient de stigmatiser les nouvelles méthodes de modifications ponctuelles et ciblées du génome pour l'amélioration des variétés. Mais, vive les vignobles de la Rioja, et à votre santé avec modération !

Georges Pelletier
Directeur honoraire de recherches INRA

* Pablo Carbonell-Bejerano et al. *Plant Physiology*, 2017, Vol. 175, pp. 786-801

Santé

Des pommes de terre “dorées” plus riches en vitamines

Des scientifiques de l'Université de l'Ohio et de l'Agence nationale italienne pour les nouvelles technologies ont développé une pomme de terre « dorée » améliorée en teneur en vitamines A et E.

La pomme de terre est l'un des principaux aliments végétaux consommés par les humains, mais elle présente de faibles niveaux de nutriments essentiels comme le beta-carotène (provitamine A) et la vitamine E. Ainsi, les chercheurs ont fait appel au génie génétique pour y stimuler la synthèse de provitamine A

et de xanthophylles, puis ont étudié la bio-accessibilité de ces nutriments dans des tubercules cuits de type sauvage et doré (jaune orange) dans un système digestif simulé.

Les résultats montrent que la consommation de pomme de terre dorée peut procurer jusqu'à 42% de la dose journalière recommandée de vitamine A chez l'enfant et 34% pour la vitamine E. En consommant 150 grammes, les femmes en âge de procréer reçoivent 15% de leur dose recommandée de vitamine A et 17% de la vitamine E. ■

Source : PLOS ONE.

Santé

Contre l'anémie, du riz enrichi en fer et en zinc



Des plantes de riz capables de stocker plus de fer et de zinc dans leurs grains, c'est ce qu'a accompli une équipe, dirigée par Madame N. Bhullar, de l'Université des sciences ETH de Zürich.

Les chercheurs ont travaillé sur les mécanismes du transport cellulaire de ces micronutriments dans les plantes. En introduisant une construction génétique de trois gènes dans une variété de riz très cultivée, la partie consommée (blanche) des grains se trouve considérablement enrichie. Dans les derniers travaux, des lignées contiennent plus de 90% de la concentration en fer recommandée par le CGIAR* dans les grains de riz, nécessaire pour couvrir 30% des besoins nutritionnels, et 170% de la concentration en zinc !

Or, le riz est l'aliment de base de la moitié de la population mondiale et malheureusement, les riz les plus cultivés ne contiennent qu'une fraction, voire manquent, des nombreux nutriments essentiels. Ainsi, la plupart des riz courants ne contiennent que 2 µg/g de fer dans les grains, quand il en est recommandé 15 µg/g.

Il reste une étape importante : valider ces résultats obtenus au laboratoire. « Nous devons d'abord confirmer qu'au champ, les plantes accumulent des niveaux équivalents en fer et en zinc dans leurs grains. Ensuite, nous devrions évaluer la disponibilité de ces nutriments pour les humains. Cela peut prendre des années avant que ces variétés modifiées atteignent le consommateur » projette N. Bhullar. ■

*CGIAR: Consultative Group on International Agricultural Research

Source : <https://www.ethz.ch/en/news-and-events/eth-news/news/2018/06/transporting-micronutrients-more-efficiently.html>

Horticulture

L'histoire du rosier décrypté à travers son génome



Apprécié pour la beauté de sa fleur, pour ses valeurs cosmétiques et thérapeutiques, le rosier fait partie des plantes ornementales les plus cultivées au monde. Grâce à un consortium international piloté par l'INRA, l'ENS de Lyon, le CEA, le CNRS et l'UCBL, le génome du rosier vient d'être décrypté : une étape essentielle pour comprendre sa biologie, sa domestication et l'origine de sa diversité.

Ce génome de référence de très grande qualité a permis d'identifier les principaux gènes impliqués dans la floraison, le développement de la fleur, la reproduction, et de reconstruire les voies de biosynthèses du parfum et de pigments à l'origine de la couleur.

Une référence qui éclaire l'origine des rosiers modernes.

En reséquençant le génome de variétés de rosiers originaires d'Europe, du Moyen-Orient et de Chine, qui ont contribué à la domestication du rosier ainsi que le génome d'un des premiers rosiers hybrides (“La France”, obtenu dans la

région lyonnaise en 1867), ce travail a identifié l'origine (plutôt chinoise) des gènes impliqués pour les caractères les plus appréciés chez le rosier moderne, comme la floraison multiple.

La comparaison du génome du rosier avec ceux d'autres plantes de la famille des Rosacées (fraisier, framboisier, pommier, poirier, pêcher, prunier...) a montré que le rosier, le fraisier et le framboisier sont évolutivement très proches et a permis de reconstituer l'histoire de la rose au sein de la famille des Rosacées.

Ces travaux publiés dans la revue *Nature Genetics* (30 avril 2018) constituent une base solide pour démêler les mécanismes moléculaires et génétiques qui régissent les caractères du rosier et leur diversité. À terme, ils contribueront à accélérer la sélection et l'amélioration de la qualité de la reine des fleurs. Ces connaissances seront également très utiles pour étudier d'autres espèces de la famille des Rosacées d'intérêt agronomique et d'autres plantes ornementales. ■

Mohammed BENDAHMANE
Directeur de recherche INRA

Le code génétique du blé tendre enfin décrypté

Le génome de référence du blé entièrement annoté qui vient d'être publié va permettre de repousser les limites de la recherche et de la sélection du blé.

La première séquence de référence du génome du blé a été publiée dans Science en août. Ce travail est le fruit du travail de plus de 200 scientifiques issus 73 instituts de recherche de 20 pays différents, regroupés dans le Consor-

tium international de séquençage du génome du blé, dans lequel l'INRA occupe une position de leader. L'analyse de cette séquence a permis de localiser plus de 107 000 gènes parmi lesquels on trouve des gènes potentiellement impliqués dans la qualité du grain, la résistance aux maladies ou la tolérance à la sécheresse. Elle a permis de développer plus de quatre millions de marqueurs moléculaires

dont certains sont déjà utilisés dans des programmes de sélection. Au-delà de son intérêt pour l'amélioration de cette culture, cette séquence permet de mieux comprendre ce génome qui est parmi les plus longs et les plus complexes du règne végétal. ■

Source : International Wheat Genome Sequencing Consortium (IWGSC) (2018) shifting the limits in wheat research and breeding using a fully annotated reference genome. *Science*, 361 - Doi: 10.1126/science.aar7191.



Interview

Céline IMART,
Agricultrice⁽¹⁾

“ On marche sur la tête ”

Notre agriculture est remise en cause par la société. Comment s'en sortir ?

Il faudrait communiquer avec l'opinion publique en utilisant les mêmes méthodes que celles utilisées par les ONG. Si les ONG ont si bien réussi dans leur entreprise de déconsidération de notre agriculture, c'est parce qu'elles s'adressent directement au grand public en jouant sur l'émotionnel. Ces organisations ont su inspirer à l'opinion des peurs les touchant de près : peur pour leur santé, pour l'environnement... et cela fait 30 ans que cela dure. Cela a très bien fonctionné auprès de la société, auprès des médias, auprès des politiques. Mais essayer de combattre ces idées reçues sur l'agriculture avec des arguments rationnels, cela ne marche pas. On a beau dire qu'on travaille sur la qualité, sur la protection de l'environnement, cela n'impacte pas. Les arguments scientifiques ne marchent pas non plus. Il faut qu'on arrive à communiquer avec les gens en parlant à leur cœur.

Faut-il transformer l'agriculture française ?

La mutation écologique, environnementale, cela fait très longtemps qu'elle est entamée sur nos exploitations. Mais le problème, c'est qu'on n'a pas les moyens financiers suffisants pour mener cette transformation aussi loin que nous le souhaiterions parce que nos revenus sont trop faibles. On n'a pas non plus à notre disposition tous les moyens offerts par la science et les découvertes de la recherche. Nous n'avons pas par exemple accès aux derniers progrès des biotechnologies.

Quel rôle pourrait avoir l'innovation pour sortir de cette crise ?

Il y a énormément d'innovations qui frappent à la porte de nos exploitations agricoles. : le désherbage mécanique, l'utilisation des drones, l'amélioration variétale grâce aux biotechnologies, ... Mais le problème que nous rencontrons, c'est que socialement on nous empêche d'utiliser ces innovations. Pour l'opinion publique, on devrait revenir à l'agriculture bucolique telle qu'elle est imaginée dans « Martine à la ferme ».

Pourquoi les biotechnologies sont-elles rejetées dans notre pays ?

Elles sont sujettes aux peurs de la société française qui ont été inculquées par des ONG contestataires. Les biotechnologies font peur au même titre

que la chimie. Mais il n'y a pas que l'agriculture qui subit ces agressions. On observe les mêmes phénomènes dans le domaine des vaccins par exemple. C'est très inquiétant. Selon ces ONG la nature fait mieux que l'homme. C'est la négation du progrès.

Que pensez-vous de l'arrêt de la Cour de justice européenne sur la mutagenèse ?

Pour nous agriculteurs, cet avis est dramatique. Par application à l'excès du principe de précaution, les juges européens vont nous interdire l'utilisation de moyens techniques performants pour améliorer les plantes alors que les agences d'évaluation estiment que ces nouvelles techniques ne sont pas plus risquées que les méthodes conventionnelles. Il est scandaleux que la justice comme les hommes politiques ne prennent pas en compte les avis des agences sanitaires qu'ils ont eux-mêmes créés et préfèrent écouter des associations sans aucune légitimité scientifique. C'est grave.

Qu'attendez-vous de l'amélioration des plantes pour l'avenir ?

Elles doivent nous donner plus de solutions pour améliorer nos moyens de production. Il faut prendre en compte le fait que nous avons de plus en plus de maladies auxquelles sont confrontées nos cultures à cause de nouveaux virus, de nouveaux insectes qui arrivent sur notre territoire. Les changements climatiques n'y sont pas étrangers. Les grandes cultures mais aussi le maraîchage... sont concernés alors qu'on nous interdit de plus en plus d'utiliser des moyens chimiques pour protéger ces cultures contre ces maladies. La génétique a donc un rôle important à jouer.

Il faut prendre en compte aussi les conséquences du réchauffement climatique. Par exemple nous aurions besoin de maïs résistant à la sécheresse, en particulier dans nos régions du sud. Ces maïs génétiquement modifiés pour avoir cette qualité sont déjà cultivés aux Etats Unis mais on n'est pas prêts de les voir arriver chez nous même si on les réclame à corps et à cris. Ainsi on demande en même temps aux agriculteurs d'économiser l'usage de l'eau et on leur refuse l'accès à des semences tolérantes à la sécheresse. On marche sur la tête !

Propos recueillis par **Gil KRESSMANN**

(1) Céline Imart est agricultrice dans le Tarn, membre du bureau de l'AGPM et diplômée de l'ESSEC

Demande d'adhésion à l'AFBV

comprenant l'abonnement à :

« Biotechnologies végétales infos »



Nom : Prénom :

Adresse postale :

Adresse mail :

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

Ci-joint : chèque

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