

Contributions de l'AFBV aux Etats Généraux de l'Alimentation

LES BIOTECHNOLOGIES VÉGÉTALES : DES SOLUTIONS INNOVANTES POUR TOUTES LES AGRICULTURES ET POUR UNE ALIMENTATION DURABLE

Les agriculteurs attendent beaucoup des Etats Généraux de l'Alimentation (EGA) pour sortir de la crise agricole qui menace la survie de leurs entreprises. Ces Etats Généraux ne doivent pas aboutir à une confrontation entre l'agriculture dite conventionnelle (AC) et l'agriculture biologique (AB). **Nous estimons que tous les types d'agricultures doivent pouvoir coexister et ne pas être opposés les uns aux autres.** La question fondamentale est de savoir comment les agriculteurs de notre pays pourront assurer la pérennité économique de leur exploitation pour leur permettre de nourrir toute la population avec des produits sains, de bonne qualité, en quantités suffisantes et à des coûts accessibles à tous, tout en préservant la planète. Cela ne se fera pas sans innovation. Dans ce cadre, **l'amélioration des plantes constitue une voie de progrès essentielle, quels que soient les modèles agricoles considérés.** En effet, **il serait irresponsable :**

- **de préconiser une baisse des usages des insecticides et fongicides et ne pas soutenir activement l'amélioration des plantes** pour obtenir, par exemple, des plantes résistantes à des maladies ou à des insectes nuisibles... *Ce serait comme préconiser en santé humaine une baisse des traitements curatifs comme les médicaments et en même temps décourager les moyens préventifs comme la vaccination ;*
- **de soutenir l'amélioration des plantes et en même temps d'interdire de fait l'utilisation des biotechnologies végétales.** *Ce serait comme s'interdire l'usage des technologies du numérique dans une société de plus en plus connectée.* Cela procéderait d'une démarche autant stupide que non scientifique ;
- **de vouloir adapter rapidement nos productions aux nouvelles attentes de la société et aux changements climatiques** pour obtenir, par exemple, des plantes plus tolérantes aux stress abiotiques (excès/manques d'eau, fortes/faibles températures) **et de s'interdire en même temps d'utiliser tous les outils issus des biotechnologies, en particulier les plus récents comme l'édition de gènes (Ex CRISPR/Cas9) qui permet d'accélérer la sélection des plantes.**

L'amélioration des plantes exige du temps, particulièrement pour les plantes pérennes et les arbres (30 ans environ). Or, en plus des besoins d'amélioration des cultures pour répondre aux besoins actuels, il y a un certain nombre de situations qui pourraient être générées par les changements climatiques (ex : modification des cycles de développement, pertes de rendements, prolifération d'insectes et de maladies, sécheresse ou augmentation de la pluviométrie...) et qui nécessiteront des réponses et adaptations ciblées et rapides.

Quant à l'agriculture biologique, qui s'interdit, par principe, d'utiliser les produits phytosanitaires de synthèse (tout en utilisant néanmoins quelques produits de synthèse, notamment ceux à base de soufre et

de cuivre), **elle a encore plus besoin de disposer de semences performantes** résistantes aux ravageurs (virus, bactéries, champignons, insectes, vers, oiseaux...) et de semences capables d'avoir de meilleurs rendements et capables de résister plus longtemps à la conservation surtout lorsque les traitements chimiques sont réduits, voire absents.

L'agriculture biologique doit donc pouvoir bénéficier, comme l'agriculture conventionnelle, des techniques issues des biotechnologies pour améliorer ses semences comme elle en a déjà profité avec le blé Renan. Mais se les interdire constituerait un handicap pour son avenir, comme le souligne le récent rapport de l'OPECST (La révolution de la modification ciblée du génome – 2017) : *« L'AB aurait certainement intérêt à utiliser ces nouvelles technologies pour faire baisser plus vite les utilisations de produits phytosanitaires car elles risquent d'être adoptées par les tenants de l'agriculture raisonnée qui n'hésiteraient pas à utiliser ces technologies ».*

L'Association Française des Biotechnologies Végétales (AFBV) se propose d'illustrer par des exemples concrets qui ont déjà fait l'objet de publications scientifiques ou qui sont déjà commercialisés dans certains pays, ce que sont et pourraient être **les solutions apportées par les biotechnologies végétales à l'amélioration des plantes pour** « sortir de la crise du secteur agricole tout en prenant en compte les enjeux climatiques et de santé publique » et pour **répondre ainsi aux différentes problématiques abordées par les ateliers des Etats Généraux de l'Alimentation.**

LES APPORTS ACTUELS ET FUTURS DES BIOTECHNOLOGIES VEGETALES

Atelier 1 : Mieux répondre aux attentes des consommateurs en termes de qualités nutritionnelles et environnementales, d'ancrage territorial, de bien-être animal et d'innovations

Les apports des biotechnologies à l'amélioration des plantes pour répondre aux attentes des consommateurs

1. Des variétés de blé pour des personnes allergiques au gluten : « Du pain pour tous »

La maladie cœliaque ou encore appelée « intolérance au gluten », concerne 1 % des consommateurs. Actuellement, la seule possibilité chez les personnes concernées consiste à suivre un régime sans gluten à vie. La récente technique CRISPR/Cas9 offre l'espoir de pouvoir modifier les épitopes impliqués dans la maladie cœliaque et d'aboutir à des variétés acceptables, c'est-à-dire à faibles teneurs en gliadines coupables des allergies, et pouvant ainsi être consommées par les malades. Les recherches en Espagne sont très avancées. Des essais seraient en cours au Mexique et en Espagne sur respectivement 10 et 20 personnes atteintes de maladie cœliaque.

2. Des tomates qui produisent des composés naturels bénéfiques pour la santé (Royaume Uni) : tomate génétiquement modifiée pouvant produire jusqu'à 80 milligrammes de resvératrol par gramme de poids sec. Ce composé prolongerait la durée de vie d'après des études menées sur des animaux.

3. Un soja avec de meilleures qualités nutritionnelles : une modification génétique a permis de diminuer de 75 % la teneur en acide oléique de graines de soja, une substance anti-nutritionnelle qui peut entraîner la formation de calculs rénaux en cas de forte consommation. La composition protéique de ce soja est enrichie en micro éléments comme le zinc, le calcium et le fer.

4. Une orge plus digeste : la cisgénèse et l'intragénèse ont permis d'obtenir une variété d'orge facilitant la digestion.

5. Des plantes permettant de limiter l'usage des produits phytosanitaires pour leur protection : Cf. nombreux exemples dans l'atelier 11.

Atelier 3 : Développer la bio-économie et l'économie circulaire

Les apports des biotechnologies à l'amélioration des plantes pour la bioéconomie

Huile de soja enrichie en acide oléique : au Canada, plusieurs lignées de soja sont approuvées mais non encore commercialisées. Ces lignées transgéniques de soja produisent une huile dont la teneur en acide oléique est supérieure à 80 %, comparativement à la teneur de 23 % observée dans les huiles de soja traditionnelles. Les deux gènes caractéristiques introduits dans la lignée élite de soja A2396 sont *GmFad2-1*, laquelle modifie la composition des acides gras, et *dapA*, laquelle augmente les teneurs en lysine.

Huile de lin enrichie en acide oléique par extinction des gènes FADA et FADB qui transforment dans la graine, l'acide oléique en acide linoléique (consortium canadien, australien, américain).

Moléculature : des antigènes vaccinaux contre l'hépatite B, le lymphome non hodgkinien, le virus de Norwalk, les gripes H5N1 et H1N1, le choléra, le virus de la gastroentérite du porcelet, ont été produits à partir de diverses espèces végétales : laitue, pomme de terre, *Nicotiana benthamiana*, tomate, maïs, colza, épinard. Ils sont actuellement en essais cliniques. Le vaccin contre le virus de la maladie de Newcastle des volailles est produit dans des suspensions cellulaires de tabac. Il est commercialisé aux États-Unis.

Biocarburants : la bactérie *Clostridium thermocellum* permet une extraction de la cellulose des matières végétales ainsi que sa transformation en éthanol ; là où une succession d'enzymes était nécessaire, une seule bactérie intervient et réalise deux opérations. Sa découverte et son emploi représentent donc un gain de temps et de coût tout à fait significatif. L'exploitation industrielle qui pourrait en découler constituerait une avancée significative dans le développement des biocarburants.

Biomasse et lignine modifiée : (Switchgrass USA) canne à sucre par « gene editing » USA/Brésil permettant la dégradation et la fermentation de la cellulose, donc le rendement hectare en éthanol.

Atelier 4 : Conquérir de nouvelles parts de marchés sur les marchés européens et internationaux et faire rayonner l'excellence du modèle alimentaire et le patrimoine alimentaire français en France et à l'international

Les apports des biotechnologies à l'amélioration des plantes pour la conquête des marchés

1. Amélioration de la compétitivité de nos cultures en agriculture conventionnelle comme en agriculture biologique par l'amélioration des rendements des plantes.

Exemples :

Colza : le programme RAPSODYN. Une problématique du colza est l'amélioration de son rendement en conditions de cultures bas intrants azotés. En mobilisant des méthodes innovantes, comme les nouvelles technologies de séquençage et de génotypage haut-débit, pour caractériser au mieux les ressources génétiques disponibles, les chercheurs visent à établir une véritable carte d'identité du colza pour pouvoir

ensuite créer des variétés riches en huile, mais peu consommatrices d'intrants. « *En d'autres termes, l'objectif est d'apporter la bonne dose d'azote sur la bonne variété de colza au bon moment, pour assurer un rendement optimisé sur le plan agronomique, environnemental et économique* ».

Blé : le Projet Investissements d'Avenir BreedWheat (9 ans) vise à soutenir la filière française de sélection du blé en répondant aux besoins économiques et sociétaux d'une production compétitive et durable. Ce projet vise à identifier les facteurs génétiques impliqués dans les principaux caractères d'intérêt agronomique pour la sélection du blé tendre (rendement, qualité, tolérance aux stress environnementaux, résistance aux maladies), via l'utilisation de nouvelles techniques de génotypage et phénotypage à haut-débit, et la caractérisation de ressources génétiques. Démarré en septembre 2011, le projet s'inscrit dans la continuité des projets de recherche Génoplante précédents. Il doit permettre le développement de nouvelles méthodes de sélection et l'identification de nouveaux allèles d'intérêt pour créer des variétés plus performantes.

Betterave : le programme AKER se compose de deux grands volets. Le premier se propose d'identifier des allèles rares, de constituer une collection de référence allélique et d'opérer des croisements avec du matériel élite de manière à obtenir de nouvelles variétés à haut potentiel. L'autre volet consiste en la mise en place et en l'évaluation de nouvelles méthodes de phénotypage et de sélection basées sur les outils de haut-débit et les connaissances acquises par l'étude de la collection.

Tournesol : l'objectif du programme SUNRISE est de développer de nouvelles variétés de tournesol mieux adaptées à des événements de sécheresse plus fréquents et plus intenses.

Maïs : le programme d'investissement Amaizing a pour ambition d'identifier les facteurs impliqués dans les caractères d'intérêt agronomique tels que le rendement, la qualité et la tolérance aux stress abiotiques. Il permettra de développer les technologies nécessaires à la création de nouvelles variétés pour faire face à des conditions agro-écologiques en pleine évolution, soutenant ainsi la compétitivité des filières françaises de sélection et de production de maïs.

Pois : l'objectif du projet « PeaMUST » est de développer de nouvelles variétés de pois et d'optimiser leurs interactions pour stabiliser le rendement et la qualité des graines de pois, dans un contexte de changement climatique et de réduction de l'utilisation des pesticides. PeaMUST met à profit les technologies de séquençage, génotypage et phénotypage à haut débit pour aborder le défi de l'augmentation de la tolérance aux stress multiples.

2. Amélioration du rendement photosynthétique des plantes

La photosynthèse est le processus par lequel les plantes, grâce à l'énergie lumineuse captée, convertissent le gaz carbonique de l'air en biomasse. Cette transformation se fait avec consommation d'eau. Une façon d'augmenter le rendement des plantes est d'augmenter l'efficacité de ce phénomène avec la meilleure utilisation de l'eau. Il existe deux types de plantes : les plantes en C3 (céréales à paille, betterave) et les plantes C4 (maïs, sorgho...) souvent d'origines tropicales. Les plantes en C4 sont plus efficaces, consomment moins d'eau et utilisent mieux l'azote ; elles seraient mieux adaptées au changement climatique. Pour améliorer les plantes en C3, il est possible, par transgénèse, de modifier l'enzyme de fixation du CO₂ pour la rendre plus efficace en augmentant son affinité pour le gaz carbonique. Il est aussi envisageable, à moyen terme, de les transformer en leur transférant le système des plantes en C4.

Atelier 6 : Adapter la production agricole aux besoins des différents marchés et aux besoins des transformateurs

Les apports des biotechnologies à l'amélioration des plantes pour répondre aux besoins des transformateurs

1. Alimentation animale : maïs Bt qui permet de réduire de 90 % la teneur en mycotoxines pour mieux alimenter les volailles et les porcs qui sont très sensibles aux mycotoxines mais aussi ceux destinés à la consommation humaine (maïs doux, maïs pop-corn, maïs pour céréales petit déjeuner).

2. Agroalimentaire : meilleure adaptation de la matière première en vue de leur transformation technologique : céréales panifiables, orges de brasserie, fermeté des légumes et meilleure conservation au cours du stockage.

Atelier 8 : Assurer la sécurité sanitaire de l'alimentation française dans une économie agroalimentaire mondialisée et dans un contexte de changement climatique tout en prévenant les contaminations chimiques

Les apports des biotechnologies à l'amélioration des plantes pour renforcer la sécurité sanitaire des aliments

1. Des aliments préservés des mycotoxines

Les mycotoxines sont produites par certains champignons pathogènes des cultures. Elles présentent un risque toxicologique important en alimentation (risque cancérigène) et des doses maximales sans effets ont été définies. Il est donc important de réduire ces mycotoxines en contrôlant les champignons responsables.

Avec la réduction d'emploi des produits chimiques de protection, les approches génétiques doivent prendre le relai. Deux approches sont utilisées :

- **une approche directe** en ayant des cultures résistantes aux champignons producteurs de mycotoxines ou en inhibant la production de mycotoxines par ces champignons (ex : maïs empêchant *Aspergillus* de produire l'aflatoxine) ;
- **une approche indirecte** est issue de l'utilisation des cultures comme le maïs, résistant aux insectes.

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

2. Des aliments à faibles teneurs en toxines

- Des **pommes de terre** à faibles teneurs en toxines, alcaloïdes notamment : chaconine et solanine sont présentes dans toutes les solanacées (comme la tomate) et la cucurbitacine dans toutes les cucurbitacées (courges, citrouilles, etc.). La présence en excès de ces alcaloïdes peut être fatale pour l'homme ;
- Des **pommes de terre** produisant moins d'acrylamide lors de la cuisson (friture) : pommes de terre Innate introduites aux Etats-Unis en 2015 et vendues par la société américaine J.R. Simplot (USA). L'acrylamide est une substance qui se forme lors de la cuisson à haute température (friture) des pommes de terre (réaction de Maillard) et qui est classée comme cancérigène en plus d'être neurotoxique.

Atelier 10 : Lutter contre le gaspillage alimentaire

Les biotechnologies végétales peuvent contribuer à la lutte contre le gaspillage alimentaire par la sélection de plantes plus résilientes aux maladies, aux insectes, mais aussi plus résilientes au stade du stockage (conservation des aliments).

1. Des fruits et légumes qui ne brunissent pas

- Des **pommes** qui ne brunissent pas quand elles sont épluchées (Etats-Unis) : Arctic Golden, Arctic Granny et Arctic Fuji (Okanagan Speciality Fruits (Canada) - 70 000 arbres plantés en 2016 - Extension à 300 000 arbres en 2017 et 500 000 en 2018. Objectif commercial : 15 000 tonnes par an.
- Des **champignons de Paris** dont le brunissement est retardé (Etats-Unis) en utilisant la technologie CRISPR/Cas9 : diminution de l'activité enzymatique responsable du brunissement. Ils sont autorisés à la commercialisation aux USA où ils ne sont pas considérés comme des OGM.

2. Des tomates qui se conservent mieux

3. Des pruniers résistants à la sharka, un virus qui rend les fruits impropres à la consommation (France et République Tchèque).

Atelier 11 : Réussir la transition écologique et solidaire de notre agriculture en promouvant une alimentation durable

On ne peut pas préconiser une baisse des utilisations des produits phytosanitaires sans encourager des voies alternatives comme l'amélioration des plantes vers plus d'autonomie. Dans ce cadre, les apports des biotechnologies sont essentiels que se soit en agriculture conventionnelle ou en agriculture biologique.

1. Des plantes améliorées qui réduisent le recours aux produits phytosanitaires (insecticides) pour lutter contre les insectes nuisibles

- Grâce à l'utilisation des gènes de *Bacillus thuringiensis* (bactérie) responsables de la synthèse de toxines pour les insectes, on a créé depuis plus de 20 années des plantes (maïs, soja, cotonnier) capables de résister à différents insectes (technologie Bt).
- Par exemple, les maïs Bt résistant à la pyrale (et éventuellement à d'autres insectes : sésamie, chrysomèle). La pyrale est un insecte foreur dont les larves fragilisent les tiges de maïs et mangent les graines des épis causant ainsi de graves dégâts tout en favorisant le développement de champignons produisant des mycotoxines (cancérigènes).

2. Des plantes améliorées qui réduisent le recours aux produits phytosanitaires (fongicides) pour lutter contre les maladies des plantes en agriculture conventionnelle comme en agriculture biologique

- Des pieds de **vignes** plus résistants aux maladies comme le mildiou, l'oïdium ou le court noué. Des recherches sont en cours sur cette problématique. Mais, en utilisant les nouvelles biotechnologies (génétique de précision) on pourrait aboutir plus rapidement à des résultats. En plus de la diminution des quantités de fongicides, les biotechs permettent le transfert de la résistance sans modifier les autres caractéristiques des cépages (gros avantage par rapport à la voie sexuée).
- **Pommes de terre** plus résistantes au mildiou mises au point aux Pays-Bas ;
- **Blé** résistant à une maladie, l'Oïdium ,mis au point en Chine ;

- **Pommier** résistant au feu bactérien mis au point en Suisse et pommier résistant à la tavelure, obtenu en cinq ans avec les biotechs, 35 ans par la voie des croisements ;
- **Prunier** résistant à la sharka qui rend les fruits impropres à la consommation (USA-UE) ;
- **Tomates** qui se conservent mieux et tomates résistantes à la bactériose Xanthomonas (USA) ;
- **Concombres** résistant aux virus mis au point en Israël ;
- **Vigne** résistante au mildiou ;
- **Banane** résistante aux nématodes, au charançon, à la bactérie Xanthomonas, au champignon Fusarium (Ouganda) ;
- **Châtaignier** résistant au champignon Cryphonectria parasitica (USA) ;
- **Aubergine** (Bt) résistante aux foreurs.

3. Des plantes améliorées qui réduisent le recours aux engrais chimiques de synthèse

Des plantes utilisant mieux l'azote : des recherches sont en cours sur plusieurs espèces : maïs (USA, Australie, Afrique), riz (Afrique), pois (USA).

4. Des plantes améliorées pour économiser l'eau

- **Des plantes tolérantes à la sécheresse** : colza (Canada), maïs (USA, Argentine, Afrique), riz (Inde), canne à sucre (Argentine, Brésil, Indonésie), soja (Argentine), blé (Egypte) ;
- **Maïs** tolérant à la sécheresse introduit aux USA en 2015. Pourquoi ne pas l'utiliser en Europe dans les zones soumises à des sécheresses ou demandant beaucoup d'irrigation ?
- **Tournesol** : amélioration de la production d'huile issue de la culture du tournesol en condition de disponibilité réduite en eau : projet SUNRISE.

5. Des plantes améliorées pour réduire les émissions de CO2

La culture de maïs Bt permet d'économiser 250/280 kilogrammes de CO2 par hectare par rapport à la culture du maïs conventionnel ou biologique.

Atelier 13 : Renforcer l'attractivité des métiers de l'agriculture et des filières alimentaires et développer la formation

Il faut attirer les jeunes vers les biotechnologies en présentant celles-ci de façon positive, au lieu de les diaboliser, pour ne pas handicaper notre agriculture qui a besoin de la meilleure recherche pour assurer son avenir.

Atelier 14 : « Préparer l'avenir » : quels investissements, quel accompagnement technique, quelle recherche pour une plus grande performance environnementale, sanitaire, sociale et économique ?

La France doit retrouver son rôle de leader dans le domaine des biotechnologies végétales.

La France doit développer ses investissements dans la recherche pour l'amélioration des plantes de tous les types d'agriculture en utilisant tous les nouveaux outils issus des biotechnologies, sans exclusive, pour produire plus, mieux et avec moins grâce, notamment, à des plantes résistantes aux maladies, des plantes

résistantes aux insectes, aux virus, aux bactéries, des plantes résistantes aux changements climatiques, des plantes utilisant mieux l'azote du sol, des plantes de meilleures qualités gustative et nutritionnelle. Pour cela, les chercheurs du public et du privé devront être rapidement confortés par une réglementation européenne définissant clairement les règles du jeu.

Genius : le programme Genius a pour objectif que la recherche française s'approprie les nouvelles technologies de modification ciblée du génome sur une gamme de neuf espèces cultivées (maïs, blé, riz, colza, tomate, pomme de terre, pommier, peuplier, rosier). Etablir et maintenir une compétence pour ces technologies est également indispensable pour soutenir la compétitivité de la France sur le marché international, et pour constituer, en France, une capacité d'expertise scientifique publique dans ce nouveau domaine

Conclusions :

Les biotechnologies, y compris les plus récentes comme l'édition de gènes (Ex CRISPR/Cas9) qui permet d'accélérer la sélection des plantes au meilleur coût, génèrent des solutions innovantes pour tous les types d'agricultures et pour une alimentation durable. Toutes les plantes sont concernées, les grandes cultures, les fruits et légumes, comme les cultures spéciales.

Les défis à relever sont tellement nombreux et complexes pour « **produire plus, produire mieux et avec moins** » qu'il faut rapidement libérer notre recherche publique et privée pour qu'elle puisse être apporteuse de solutions françaises et européennes grâce à l'utilisation de tous les outils issus des biotechnologies végétales. En redevenant un leader dans les biotechnologies végétales, notre pays se donnera plus de chances de relancer son agriculture et de contribuer à une alimentation durable. L'AFBV espère que les Etats Généraux de l'Alimentation en prendront conscience.

Contact Presse AFBV : Gil Kressmann - 06 83 46 55 33 - gil.kressmann@wanadoo.fr

Qui sommes-nous ?

*L'AFBV est une association réunissant des personnes de divers horizons dont le but est d'informer sur les réalités des biotechnologies végétales en s'appuyant sur des travaux reconnus par la communauté scientifique et sur l'expertise de ses membres. Elle est présidée par **Alain Deshayes**, ancien Directeur de Recherche à l'INRA et s'appuie sur un Comité Scientifique, présidé par **Georges Pelletier**, Directeur de Recherche émérite INRA, membre de l'Académie des Sciences et membre de l'Académie d'Agriculture de France.*

*Parmi ses **membres fondateurs**, l'AFBV compte **44 chercheurs de la Recherche Publique** dont **21 Directeurs de Recherche** (INRA, CNRS, CIRAD, IRD, INSERM), **20 Académiciens** (Sciences, Médecine, Agriculture, Technologies, Pharmacie, Vétérinaire), d'**anciens Directeurs d'Instituts** (Institut Pasteur, INRA, CIRAD), des professeurs, des chercheurs et cadres de la Recherche privée et du secteur public, des agronomes, des agriculteurs souvent responsables d'organisations professionnelles agricoles mais aussi des personnes issues de la société civile.*