

TRANSGENESE ET AMELIORATION DES PLANTES DE GRANDE CULTURE : LES ACQUIS ET PERSPECTIVES AU NIVEAU MONDIAL

Alain TOPPAN
BIOGEMMA
Domaine de Sandreau
31700 MONDONVILLE

INTRODUCTION

Avant d'aborder les apports et les perspectives ouvertes par la transgénèse pour les espèces de grande culture, il est bon de rappeler quelques arguments pour rappeler la nécessité, pourtant aujourd'hui fortement contestée, de l'amélioration variétale.

La culture sur des surfaces conséquentes d'une variété s'accompagne dans certains cas d'une stagnation et même d'une érosion du potentiel de production (rendement et qualité). Les interactions plantes-pathogènes en sont souvent la cause et les exemples récents concernant la septoriose du blé ou le mildiou du tournesol en sont l'illustration.

La nécessité de rentabilité économique générée par la Politique Agricole Commune et les cours mondiaux incitent les agriculteurs à limiter leurs intrants, réduire les coûts de production et chercher à augmenter leurs rendements. Il s'agit là d'une contrainte millénaire en agriculture ;

Une réduction de l'impact sur « l'environnement » est demandée à la fois par les professionnels et les associations (demande souvent appelée « sociétale »), et tend vers une baisse de l'utilisation des engrais chimiques et des produits de traitement.

Même si les voies d'approches sont multiples, les réponses aux questions agronomiques, économiques et environnementales posées ci-dessus viendront essentiellement, comme aujourd'hui, des travaux de recherche sur le végétal et de l'amélioration variétale. En ce sens, la transgénèse végétale est d'abord un outil actuel de recherche et d'acquisition de connaissances sur le fonctionnement du végétal.

LES CULTURES DE PLANTES TRANSGENIQUES EN 2005

Les bilans annuels dressés par l'ISAAA (www.isaaa.org) sont attendus à chaque début d'année : les données et informations qui suivent en sont issus. Pour la dixième année de culture de variétés transgéniques, le chiffre de 90 millions d'hectares a été atteint. Il est encore en progression de plus de 10 % par rapport aux années précédentes et 21 pays sont aujourd'hui producteurs, à des degrés divers. Si le continent américain (nord et sud) reste largement en tête des surfaces

cultivées, la progression la plus forte (23 %) se situe chez les pays en voie de développement. La combinaison de différents événements de transformation (« stacking ») occupe maintenant plus de 10 % des surfaces aux Etats-Unis.

Les quatre espèces majoritairement cultivées sont par ordre décroissant le soja, le maïs, le coton et le colza. La résistance aux herbicides totaux est le caractère le plus répandu.

Parmi les pays « entrants », on relève la République tchèque, l'Allemagne, le Portugal et la France. Même si les surfaces y sont modestes voire confidentielles, atteignant à peine quelques centaines d'hectares, il y a là un signe fort sur le continent européen, qui s'ajoute à celui que nous envoient l'Espagne et la Roumanie depuis plusieurs années. Les résultats agronomiques et économiques intéressants que les agriculteurs français ont obtenu avec ces cultures (maïs résistants à la pyrale et à la sésamie) en 2005 sont le gage d'une forte acceptabilitéⁱ.

LES AVANTAGES A L'ADOPTION DE CULTURES TRANSGENIQUES

Il n'y a pas une raison unique pour l'adoption de ces cultures par les agriculteurs, mais un faisceau convergent de raisons dont trois exemples nous en donnerons quelques éléments.

Le soja résistant au glyphosate occupe dans certains pays près de 100 % de la sole et la croissance des surfaces dans les pays qui l'adoptent est très rapide. Le soja est une culture au désherbage complexe, rarement réussi à l'aide de produits sélectifs. L'utilisation d'un seul produit, de glyphosate, de coût abordable, permet un traitement de post-levée avec une fenêtre large et une efficacité très élevée. Cette utilisation a amplifié le basculement vers du semis direct, générateur d'économie de fuel, de réduction de l'érosion des sols et d'émission de CO₂. Dans les cas favorables, l'intervention de l'agriculteur sur la culture se résume au semis, au désherbage et à la récolte. Il n'y a pas d'effet direct sur le rendement du soja.

Le maïs résistant à la pyrale a une extension plus limitée, associée aux zones où les insectes cibles (pyrale et sésamie) présentent une nuisibilité certaine, avérée avant même le semis. L'effet sur le rendement est très fort, dépendant des conditions de cultures et peut permettre des gains de 10 à 35%. Enfin, une réduction certaine de l'épandage d'insecticides chimiques et de l'impact sur l'entomofaune a été observée. Un effet indirect, mais très positif, sur la qualité sanitaire des grains récoltés a également été systématiquement relevé : le maïs résistant aux insectes foreurs est moins attaqué par les *Fusarium* dont les spores sont transportées par les larves d'insectes et la réduction des attaques de *Fusarium* s'accompagne d'une forte réduction des quantités de mycotoxines présentes dans le grain.

Enfin, la culture du coton résistant aux insectes dans les pays en voie de développement conduit à une stabilisation des rendements, à de production de fibres de meilleure qualité, à une forte réduction de l'utilisation d'insecticides et simultanément à une diminution du nombre de cas d'empoisonnement.

LES CULTURES COMMERCIALES : DES QUESTIONS

Le développement des cultures de plantes transgéniques, à des fins de recherche ou à des fins commerciales, soulève des questions de différents ordres.

Tout d'abord, des considérations sur l'impact sur la santé : à ce jour aucun effet néfaste n'a été rapporté, mais des effets positifs ont été rapportés : réduction des empoisonnements par traitements, réduction systématique des teneurs en mycotoxines des récoltes de maïs.

L'impact sur les agrosystèmes et l'environnement est probablement plus net : si l'impact sur l'utilisation des herbicides est contesté (en fait, son appréciation est techniquement ardue), les impacts sur la faune auxiliaire (par la réduction des traitements insecticides), sur la séquestration de CO₂, sur l'érosion des sols et les économies de carburants sont positifs et indiscutables. Il faut noter l'accompagnement très fort des agriculteurs par les instituts techniques agricoles (USA, Europe) pour enseigner le « management » de ces cultures et de leurs contraintes environnementales.

Les impacts économiques sont importants pour les agriculteurs qui cultivent des plantes transgéniques ; la réduction des intrants et l'amélioration des marges consécutives à des augmentations de rendement couvrent le surcoût technologique de la semence.

Les impacts sociologiques sont mitigés : si l'acceptation de cette innovation par les agriculteurs est modérée à forte (sinon comment expliquer que près de 9 millions d'agriculteurs cultivent des plantes transgéniques sur des surfaces avoisinant 100 millions d'hectares ?), elle est réservée sinon nulle pour les consommateurs européens. Il est vrai que l'amélioration des conditions de production n'est pas directement perceptible pour eux et que leur méconnaissance de l'agriculture moderne ne peut les conduire à appréhender cette amélioration. Ceci a permis à certains groupes de pression de se créer une niche par l'exploitation des ignorances et des peurs... Par ailleurs certains groupes industriels de l'aval agro-alimentaire montrent souvent une opposition forte, mais clairement opportuniste et donc destinée à évoluer.

LES EVOLUTIONS PROCHAINES

Aujourd'hui, les cultures commerciales de plantes transgéniques concernent trois caractères : résistance aux herbicides et/ou aux insectes, pour quelques espèces de grande culture, et résistance aux virus (papaye). Il s'agit de caractères agronomiques, même si parfois ils ont un effet indirect sur la qualité du produit.

Pour anticiper les futures cultures qui auront lieu à échéance de quelques années, les informations disponibles émanent de différentes sources : congrès, communications des sociétés, bases de données des autorités réglementaires sur les essais au champ et demandes de mise en marché (USA, UE).

Il faut à ce stade souligner que le nombre d'essais au champ s'est effondré en France et plus généralement en Europe en raison des difficultés de mise en place et des oppositions et destructions. En France, les essais qui représentaient plusieurs centaines de parcelles dans les années 95-98 ne font plus aujourd'hui l'objet que de 10 à 15 dossiers par an pour 20 à 40 parcelles d'essais, dont plus de la moitié sont détruites par actes de vandalisme.

Les nouveaux événements de transformation en voie de commercialisation portent sur les mêmes caractères que ceux que nous connaissons (résistance aux herbicides et insectes), tout en visant une meilleure efficacité (dans le temps), pour de nouvelles cibles (autres insectes), pour de nouvelles plantes (riz, coton, ...) et enfin pour résoudre des conflits de propriété industrielle et ainsi, pour certaines sociétés, avoir accès au marché.

Les grandes orientations de recherche sont le rendement de la culture et la qualité du produit récolté, qui peuvent être tous deux affectés par les stress divers et par la pression parasitaire ; les produits qui en sortent pourront ensuite avoir un intérêt pour l'agriculteur, pour l'industriel et/ou pour le consommateur.

En amélioration du rendement, les orientations principales sont la résistance aux herbicides (améliorations de l'existant sur le soja et le coton et peut-être applications au blé), la résistance aux maladies et en premier lieu à *Fusarium* (pour ses effets sur les rendements mais aussi sur la qualité des récoltes), la résistance aux insectes et nématodes (soja) et enfin la tolérance au stress hydrique et l'utilisation de l'azote du sol. À plus long terme, la manipulation du rendement (soja, canola) est envisagée.

Pour les qualités qui intéressent l'industriel processeur, il a essentiellement la qualité de l'amidon (blé et maïs) pour ses différents usages (alimentaires et industriels), son extractabilité par voie humide (maïs) et l'augmentation de la partie « fermentescible », incluant jusqu'à la plante entière. Pour ces deux dernières applications, les enjeux sont énormes en raison des tonnages impliqués (un exemple évident concerne l'éthanol carburant). Enfin, l'amélioration de la valeur alimentaire (protéines et huile du soja), teneur en acides aminés essentiels (maïs enrichi en lysine, cultivé en 2006 aux USA) présente un intérêt à la fois pour l'agriculteur et pour l'industriel.

En fait, peu de modifications génétiques ont vocation à intéresser directement le consommateur : seules les modifications des qualités des huiles ou des protéines entrent dans cette catégorie, (souvent abordées par la sélection conventionnelle). L'augmentation des teneurs en acides gras oméga-3 du soja est probablement le projet le plus avancé.

Finalement les débouchés pour des applications non-alimentaires n'évoluent peu : biocarburants, bio-lubrifiants et matières plastiques bio-dégradables sont des sujets déjà anciens, même si la demande sociétale ou le renchérissement du prix du baril les font resurgir.

Les productions à très hautes valeurs ajoutées (cosmétiques ou médicaments) resteront des niches en marge des marchés agricoles, ne faisant pas l'objet de réelle mise en marché.

Les plantes-cibles seront toujours des espèces de grande culture, les mêmes que celles qui sont concernées actuellement par les modifications : maïs, soja, coton, canola. Les surfaces de riz, après les premières cultures en Iran en 2005, devraient se développer sur le continent asiatique avec des résistances aux insectes. Le blé devrait rester encore à l'écart pour des raisons agronomiques, mais surtout pour des raisons d'acceptation sociétale.

Les potagères, mises en marché depuis longtemps (tomate Flavr Savr, aujourd'hui retirée, papaye et courgettes) sans développement significatif devraient faire une entrée remarquée en Asie où une demande forte pour des résistances aux insectes existe.

LES OPERATEURS ET STRATEGIES

Les mises en marché d'événements de transformation sont le fait d'une toute petite poignée de sociétés qui licencient parfois leurs technologies à un grand nombre de sociétés de sélection qui intègrent ensuite ces événements dans leurs variétés ou leur germplasm.

Monsanto, leader incontesté, a dérégulé une trentaine d'événements de transformation aux USA (soja, maïs, coton, canola, pomme de terre, ...) et progressivement poursuit leur mise en marché sur d'autres territoires. On trouve ensuite Pioneer, Syngenta et Bayer pour une dizaine, trois et

une douzaine d'événements, respectivement, sur les espèces maïs et coton. Bayer est toutefois beaucoup moins présent que les autres opérateurs sur le terrain.

Il existe une forte concurrence pour créer des événements de transformation portant sur les caractères de résistance aux herbicides totaux et de résistance aux insectes et avoir ainsi un accès au marché (stratégie « me too »).

Par ailleurs, il faut considérer que la sélection intègre très tôt les caractères transgéniques : les sélectionneurs ont par exemple introduit la résistance au glyphosate dans le germplasm à partir duquel ils créent ensuite leurs variétés.

Le développement des « stackings » de transgènes amplifiera ce mouvement. La sélection conventionnelle profite aujourd'hui à plein de toutes les approches de biotechnologies, utilisant fortement le génotypage, associant les transgènes, dont certains sont devenus des « standards de base », et a gagné très fortement en rapidité et efficacité. Elle reste focalisée sur des augmentations significatives de rendements, même si la préoccupation de qualité est très présente.

LES POINTS DE BLOCAGE

Certains n'hésitent pas à promettre, voire à sur-promettre ... mais il y a encore des limitations techniques et les exemples sont nombreux, où l'on connaît le ou les gènes à modifier, mais où au final, la modification attendue n'est pas ou mal atteinte (par ex. certaines qualités d'huile).

Les coûts de mise en marché sont un frein très réel et incontournable : il est nécessaire pour un nouvel événement de transformation d'obtenir une autorisation de culture et/ou de commercialisation sur les marchés potentiels et sur les territoires d'échanges commerciaux intenses (à minima sur « l'ensemble » Amérique du Nord, Europe et Japon). Ces coûts ne peuvent être connus avec précision mais atteignent certainement plusieurs dizaines de millions d'euros (études, suivi, etc) ; cela signifie que les modifications destinées à des marchés de niche ne permettent pas aux sociétés d'amortir ces coûts. Cette situation évacue de fait un grand nombre de modifications dont l'application pourrait être développée.

Les oppositions, l'opinion, les destructions ont un effet réel sur notre recherche nationale et européenne, mais leur effet sur le commerce a été essentiellement limité à la période de moratoire de 1999 à 2005. Aujourd'hui des millions de tonnes de soja et de maïs transgénique sont importées tandis que la recherche sur les espèces de grande culture est lourdement (définitivement ?) handicapée et que les cultures commerciales en Europe se mettent en place avec retard. La recherche a lieu ailleurs, la levée du moratoire permet de plus en plus d'importations ; finalement ne livre t'on pas notre recherche, notre agriculture et notre alimentation à ceux que l'on affirme souhaiter abattre ?

EN GUISE DE CONCLUSION

Les biotechnologies (toutes les biotechnologies !) sont aujourd'hui utilisées en création variétale et les frontières entre sélection assistée et addition d'un caractère par transgénèse s'estompent. Toutes les variétés de demain seront issues des biotechnologies, formidable accélérateur de la création variétale. Dans ce contexte, l'outil de recherche que constitue la transgénèse est absolument incontournable ; il est également générateur de variabilité et de nouveaux caractères.

Des caractères agronomiques, à forte pénétrance, sont fortement favorisés et font l'objet d'une acceptation forte par les agriculteurs. Les modifications de qualités sont principalement ciblées pour l'industrie.

La situation européenne est à méditer, privilégiant les importations, interdisant de fait les cultures, défavorisant ceux de ces agriculteurs qui souhaiteraient accéder à cette innovation et délaisse sa recherche ... en affichant l'objectif d'une agriculture durable !

alain.toppan@biogemma.com

ⁱ En 2006, les surfaces cultivées en maïs résistant à la pyrale et la sésamie (événement MON810, ont dépassé 5 000 ha en France).