

# L'APPORT A L'AGRICULTURE DES PLANTES TRANSGENIQUES ACTUELLEMENT CULTIVEES

André GALLAIS

En 2012, plus de 99 % des surfaces en plantes transgéniques sont représentées par des plantes résistantes aux insectes (technologie Bt) ou des plantes tolérantes à un herbicide total. Très peu de surfaces sont cultivées avec des plantes résistantes aux maladies (virus) ; c'est toutefois le cas du papayer à Hawaï. D'autres types de plantes transgéniques d'un grand intérêt pour l'agriculteur (tolérance à la sécheresse, valorisation de la fumure azotée...) sont en cours de développement et apparaissent au fur et à mesure que les dossiers de mise sur le marché aboutissent au bout d'une longue période de « gestation » (10-12 ans).

Pour voir ce que les plantes transgéniques apportent à l'agriculteur, il est nécessaire de raisonner au cas par cas.

## Les plantes transgéniques résistantes aux insectes

*Pourquoi concevoir des variétés de plantes résistantes aux insectes ?*

Plusieurs arguments conduisent à la recherche de variétés transgéniques résistantes aux insectes :

- les pertes dues aux insectes peuvent être très importantes : au niveau mondial, toutes espèces confondues, elles représentent 15-20 % des pertes totales (malgré les traitements insecticides réalisés), mais peuvent aller jusqu'à 80 % et plus (sans traitements insecticides, cas du cotonnier et du maïs avec une forte attaque de pyrale) ;
- il n'y a pas de vraies résistances aux insectes chez les plantes (il n'y a pas l'équivalent des gènes de résistance aux maladies, ou alors ils sont très difficiles à utiliser, c'est le cas des gènes contrôlant la synthèse du DIMBOA (2,4-dihydroxy-7-méthoxy-1,4-benzoxazin-3-one) chez le maïs et permettant la résistance à la pyrale) ;
- les insecticides ont une efficacité limitée à cause de la pluviométrie qui élimine les matières actives répandues sur la plante ; il n'est pas possible d'intervenir à n'importe quel stade de la culture et surtout les insectes ou leurs larves peuvent être protégés dans des galeries (cas de la pyrale du maïs) et il n'est pas possible d'atteindre les insectes ou leurs larves qui s'attaquent aux racines (cas de la chrysomèle du maïs) ;
- les insectes ravageurs peuvent être devenus résistants aux insecticides utilisés (exemples les insectes attaquant le cotonnier qui sont devenus résistants aux insecticides les plus utilisés, les pyréthrinoïdes ; cas de la résistance au DDT, bien connue) ;
- les insecticides (sauf les toxines de *Bacillus thuringiensis*) détruisent toute la faune présente dans la culture ; les produits à base de carbofuran ont aussi un fort impact sur la population d'oiseaux ;
- il faut généralement traiter souvent (plus de 15 traitements sur le cotonnier, 2-5 traitements pour la pyrale du maïs) ; la culture du cotonnier recevait à elle seule, en 2000, 25 % des insecticides utilisés dans le monde ;
- les insecticides chimiques utilisés sont des molécules qui peuvent être très dangereuses pour l'homme (ex. les pyréthrinoïdes, très dangereux pour le système nerveux entraînant ataxie, paralysie, difficulté respiratoire et mort... et pourtant les pyréthrinoïdes sont autorisés en agriculture biologique sous forme de capitules de pyrèthres séchés puis broyés).

### *La solution avec les plantes transgéniques*

Les plantes transgéniques résistantes aux insectes ont reçu un gène issu de la bactérie *Bacillus thuringiensis* qui contrôle la synthèse d'une protéine toxique pour certains insectes (lépidoptères et coléoptères), sorte d'insecticide biologique.

Les avantages sont les suivants :

- une action insecticide permanente de la plante, avec le blocage du développement des larves mineuses ;
- le respect de la faune non cible ;
- une moindre pollution de l'environnement : pas ou beaucoup moins d'insecticide chimique et durée de vie courte de la toxine ;
- l'absence de risque pour l'homme et les mammifères ;
- des produits beaucoup plus sains : moins de traces d'insecticides et surtout réduction très forte (de 60 à 90 %) de la présence des mycotoxines (aflatoxines, fumonisines) chez le maïs qui sont produites par des champignons (du genre *Fusarium* et *Aspergillus*) se développant dans les galeries des larves de pyrale. Ces mycotoxines sont très dangereuses pour l'homme et les mammifères (cancer du foie, effet sur le système nerveux et dégradation du système immunitaire) et elles réduisent le rendement des productions animales (le taux de croissance des poulets peut être fortement affecté) ;
- une économie d'insecticides (de 20 à 100 %, même s'il faut encore traiter dans de nombreuses situations, notamment pour la culture du cotonnier).

Le bilan est très positif à la fois pour l'environnement, l'agriculteur et le consommateur.

- pour l'environnement : moins de pollution et respect de la faune non cible (qui ne s'attaque pas aux cultures) ;
- pour l'agriculteur : économie d'insecticides, augmentation du rendement récolté et augmentation de la marge bénéficiaire par hectare malgré le coût des semences (gain de 50-80 euros/ha pour le maïs, avec infestation de pyrales) ; diminution importante de la pénibilité du travail d'épandage d'insecticide ; pas de risque pour la santé de l'agriculteur ;
- pour le consommateur : des produits plus sains.

A noter le bilan fait aux USA pour la culture du maïs Bt (Hutchinson), et en Chine pour la culture du cotonnier Bt : la culture des variétés transgéniques résistantes aux insectes protège en fait les cultures de variétés non transgéniques en diminuant la pression des insectes ravageurs et en maintenant la population des insectes auxiliaires ; ainsi en Illinois, la marge de l'agriculteur n'utilisant pas les variétés Bt est devenue supérieure à la marge de celui qui utilise les variétés Bt (mais il faut les deux types de cultures, les cultures normales jouant le rôle de zones refuges).

Pour éviter et limiter le risque d'apparition de résistances une précaution est à prendre : la mise en place de zones refuges. Bilan : stabilité de la résistance à la pyrale du maïs, mais contournement de la résistance chez le cotonnier (en raison des caractéristiques génétiques particulières du ravageur de cette plante).

En Europe, il y a une forte attente de certains maïsiculteurs situés dans les zones à pyrale (Sud-Ouest, Poitou-Charente notamment).

## **Les plantes transgéniques tolérantes à un herbicide total**

*Pourquoi avoir recours à des plantes transgéniques tolérantes à un herbicide total ?*

Le désherbage est nécessaire, sinon la compétition entre les mauvaises herbes et la plante cultivée va entraîner des pertes de rendement plus ou moins importantes. Cela se traduit aussi par une consommation « à perte » d'éléments minéraux par exemple des nitrates apportés par les engrais azotés ainsi qu'une consommation d'eau plus forte, au détriment de la plante cultivée.

Mais le désherbage manuel est coûteux et pénible (aujourd'hui il serait impossible de trouver la main-d'œuvre nécessaire au désherbage des champs de betterave, et cela augmenterait fortement le coût du désherbage).

Une solution a été le désherbage chimique, avec des molécules spécifiques à certaines espèces (ou couple plante cultivée – mauvaise herbe). Mais ce type de désherbage a des limites :

- il est difficile de trouver des molécules herbicides spécifiques de chaque plante cultivée ; de plus elles ne sont en général valables que pour certaines adventices ; il faut donc souvent utiliser plusieurs molécules ;
- il n'est pas toujours possible d'intervenir au bon stade du fait des conditions climatiques (pluie), et il en résulte une perte de rendement ;
- il apparaît des résistances, par exemple aux triazines, à l'ALS (amarante, seneçon, morelle), au glyphosate (résistances présentes en France bien qu'il n'y ait pas de cultures transgéniques tolérantes au Round Up) ;
- la gestion des molécules peut devenir difficile au niveau d'une exploitation agricole.

*La solution avec la tolérance à un herbicide total*

Les plantes transgéniques résistantes à un herbicide total résistent à cet herbicide alors que toutes les autres plantes seront détruites. Elles représentent plus de 90 % de la culture du soja aux USA ; 90 % du canola (colza à teneur réduite en acide érucique) au Canada (gain économique de 15 % en marge brute) ; chez le maïs, la résistance au RoundUp est maintenant très souvent associée à la résistance aux insectes.

Les avantages sont les suivants :

- une simplification des pratiques agricoles avec un semis sans labour qui entraîne moins d'érosion des sols, une économie de carburant et du temps libéré pour l'agriculteur ;
- une meilleure efficacité du désherbage, avec plus de souplesse dans les interventions (indépendantes du stade de la culture) ;
- un gain de production dû à la disparition de la compétition des adventices,
- un gain économique.

Pour limiter le risque d'apparition d'adventices résistantes et les problèmes avec les ressemis, il faut éviter la monoculture, favoriser l'alternance des molécules par les rotations. C'est un outil qui peut être puissant pour une agriculture raisonnée, durable.

En Europe, il y a une forte attente des betteraviers qui ont toujours de forts problèmes de désherbage.

## **Autres types de plantes transgéniques déjà développées ou prêtes à arriver sur le marché**

### *La résistance au virus de l'enroulement chez le papayer*

La problématique de la résistance au virus est un peu comparable à celle de la résistance aux insectes. Elle n'existe pas toujours chez les plantes et demande des traitements répétés, pas toujours faciles à réaliser.

A Hawaï, un virus (virus de l'enroulement) entraînait de gros dégâts sur les plantations de papayer (très forte réduction de la production, et à terme mort de la plante). Or il n'y a pas de résistance connue chez le papayer. Pour mettre au point des plantes transgéniques résistantes, on a utilisé la technique de l'encapsulation (résistance dérivée du pathogène). Les rendements en papaye ont été multipliés par 25 (140 t/ha contre 5-6 t/ha). La résistance est toujours stable, depuis environ 10 ans. On observe un effet protecteur de la culture du papayer transgénique pour les cultures non transgéniques : les pucerons virulifères seraient purgés de leur virus en passant sur les variétés transgéniques avant d'aller sur les cultures non transgéniques.

Par une technique très proche de celle utilisée chez le papayer, des pruniers résistants au virus de la Sharka ont été mis au point. Cette maladie pour laquelle il n'existe aucune variété résistante, provoque des dégâts importants dans certaines régions d'Europe et est déjà présente dans la vallée du Rhône. Ces pruniers transgéniques résistants résultent d'une collaboration entre les recherches publiques américaine et européennes ; ils sont en cours de développement aux USA, mais ils sont bloqués en Europe.

### *La résistance au mildiou de la pomme de terre « Fortuna »*

Les attaques de mildiou sont responsables de 20 % de perte de rendement chez la pomme de terre, soit 15 à 20 millions de tonnes au niveau mondial. La lutte contre le mildiou est contraignante et coûteuse, car il faut traiter plusieurs fois, presque après chaque pluie. Des résistances génétiques existent, mais il s'agit de résistances monogéniques vite contournées par le champignon qui évolue très rapidement. La transgénèse avec la surexpression d'un gène venant d'une espèce assez éloignée pourrait être une solution pour avoir une résistance stable.

La source de résistance utilisée vient d'une pomme de terre diploïde sauvage *Solanum bulbocastanum*. Il s'agit en fait d'un *cluster* de quatre gènes (ce qui est fréquent dans les résistances génétiques aux maladies) ; il permet une résistance à toutes les races de mildiou actuellement connues, même aux races les plus agressives. Son avantage est de permettre une très bonne protection de la pomme de terre, avec une forte économie de fongicides et de travail. La question de sa stabilité reste posée. Bien utilisée, elle serait un outil pour réaliser des économies de fongicides. Malheureusement, l'entreprise BASF qui a réalisé cette transformation de la pomme de terre, a décidé d'arrêter son développement en Europe.

### *La pomme de terre Amflora*

Il s'agit d'une pomme de terre modifiée pour la qualité de l'amidon, à usage industriel. Chez cette pomme de terre modifiée, l'amidon est essentiellement formé d'amylopectine (utilisé dans l'industrie du papier, du textile et des adhésifs). L'amidon normal ne contient en effet que 20 % d'amylopectine. Cela présente aussi un intérêt pour l'agriculteur en permettant

la diversification de ses cultures, ce qui est un facteur de durabilité de son exploitation. Autorisée en 2010 par la CE, cette pomme de terre avait commencé à être cultivée en Allemagne, Suède et République tchèque (environ 400 ha). Mais, en 2012, face aux réactions des associations anti-OGM, l'entreprise obtentrice, BASF, a décidé d'arrêter son développement en Europe.

#### *La tolérance à la sécheresse chez le maïs*

La tolérance à la sécheresse est un caractère beaucoup plus complexe que la résistance aux insectes. Il s'agit là d'un caractère qui dépend de nombreux gènes, du stade physiologique de la plante au moment de la sécheresse... L'amélioration conventionnelle peut déjà beaucoup apporter (exemple du maïs, où la progression de la tolérance au stress hydrique suit la progression des rendements en culture irriguée). Mais la transgénèse par la surexpression de certains gènes peut apporter un gain d'adaptation à la sécheresse qui s'ajoute à celui de l'amélioration conventionnelle (en jouant sur des mécanismes différents). Il en résulte soit un rendement plus élevé pour une même quantité d'eau consommée, soit une consommation d'eau inférieure pour un même rendement. Les avantages obtenus, mesurés par l'efficacité d'utilisation de l'eau, sont actuellement de 8 à 15 % chez le maïs. Les premières variétés transgéniques tolérantes à la sécheresse ont été autorisées en 2012 aux USA et ont été cultivées au Nébraska.

#### *La valorisation de la fumure azotée.*

Il s'agit d'un caractère plus simple que la tolérance à la sécheresse ; dans ce cas des gènes clés du métabolisme azoté sont connus. La surexpression de certains de ces gènes clés se traduit par une meilleure efficacité d'utilisation de l'azote qui peut être augmentée de 10 à 15 %. Là encore, c'est une amélioration qui pourra s'ajouter aux progrès réalisés grâce à la sélection conventionnelle.

### **Bilan pour l'agriculteur des variétés transgéniques « agronomiques »**

Les variétés transgéniques « agronomiques » permettent une diminution des intrants, tout en assurant une production plus stable et plus élevée ; il en résulte une diminution des coûts de production, un meilleur respect de l'environnement et une augmentation de la compétitivité de l'agriculture, tout en diminuant la pénibilité du travail et les risques pour les agriculteurs.

Elles sont clairement, ou peuvent être, un outil pour une agriculture durable, avec même un intérêt pour les pays en développement qui utilisent peu ou pas d'intrants. On peut en particulier souligner l'intérêt de la résistance aux insectes pour des pays où les dégâts sont très importants, notamment pour les pays tropicaux où l'activité des ravageurs est favorisée par la température. Cependant, pour bénéficier le plus longtemps possible des apports des variétés transgéniques résistantes aux insectes et tolérantes à un herbicide total, l'agriculteur doit savoir gérer leur utilisation par la mise en œuvre de bonnes pratiques agricoles, en particulier en évitant la monoculture.