



**HAL**  
open science

# Environmental consequences of genetically modified plants

Philippe Guerche, Georges Pelletier

► **To cite this version:**

Philippe Guerche, Georges Pelletier. Environmental consequences of genetically modified plants. *Revue Française d'Allergologie et d'Immunologie Clinique*, 1997, 37,8, pp.1102-1106. hal-01601125

**HAL Id: hal-01601125**

**<https://hal.science/hal-01601125>**

Submitted on 1 Jun 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

# OGM végétaux : conséquences sur l'environnement

Ph. GUERCHE, G. PELLETIER

## INTRODUCTION

Depuis 1985, date d'obtention de la première plante transgénique, de nombreux progrès ont été réalisés dans le domaine de la transgénèse végétale, aussi bien en ce qui concerne les techniques de transformation utilisées, que la diversité des gènes introduits ou des espèces transformées. D'un point de vue fondamental, les plantes transgéniques sont d'une remarquable utilité pour analyser et comprendre les mécanismes génétiques et physiologiques qui régissent la biologie des cellules et le développement des végétaux. Simultanément, la transgénèse végétale, applicable à un nombre de plus en plus élevé d'espèces cultivées, s'est imposée comme un outil supplémentaire dans les mains des améliorateurs de plantes, à tel point que des variétés transgéniques de plantes cultivées sont actuellement commercialisées dans certains pays.

La transformation génétique s'apparente, quant au but poursuivi, au transfert d'un caractère donné d'un géniteur à un autre, ce qui peut, dans certain cas, être l'objectif d'un programme de sélection comme, par exemple, le transfert d'une tolérance à une maladie ou d'une caractéristique qualitative déterminée par un seul locus mendélien. Elle en diffère par le résultat.

Classiquement et très schématiquement, le sélectionneur qui cherche à améliorer une variété pour un caractère donné (résistance à un pathogène par exemple ou tout autre caractère qualitatif) va tout d'abord rechercher une plante de la

même espèce possédant ce caractère puis l'introduire par croisement avec la variété cultivée. Il entreprendra ensuite une série de cycles de croisement et de sélection afin d'obtenir des plantes qui possèdent à la fois les qualités de la variété de départ et le caractère nouveau. Il est parfois possible de transférer de tels caractères d'une espèce à une autre mais ceci n'est envisageable que si celles-ci sont très proches botaniquement, les barrières reproductives empêchant généralement ce type de croisement. Cette introgression reposant uniquement sur les possibilités de recombinaisons méiotiques, on ne transfère pas un seul gène, mais un fragment chromosomique portant le gène considéré et plusieurs centaines ou milliers d'autres.

Le transfert de gène consiste, lui, à introduire une information génétique nouvelle déterminée et connue par sa séquence d'ADN dans le génome des cellules d'une plante. Le processus dans ce cas est différent : au lieu de « mélanger » les informations génétiques de deux plantes et de « trier » dans les descendants de cet hybride les plantes possédant le caractère recherché, on introduit seulement le gène conférant ce caractère dans la variété de départ. Le code génétique étant universel, le grand avantage est qu'il est ainsi possible d'introduire un gène isolé d'une espèce très éloignée et lui seulement. En contrepartie, il faut avoir au préalable isolé et caractérisé le gène responsable du caractère recherché, ce qui n'est pas nécessaire lorsque l'on procède de la première façon.

Station de Génétique et d'Amélioration des Plantes, INRA, Route de St-Cyr F 78 026 VERSAILLES Cedex.

Tirés à part : Dr Ph. Guerche (même adresse).

GUERCHE Ph., PELLETIER G. – OGM végétaux : conséquences sur l'environnement. *Rev. fr. Allergol.*, 1997, 37 (8), 1102-1106.

Les plantes obtenues par transgénèse diffèrent donc essentiellement des plantes pour lesquelles un caractère a été introgressé par reproduction sexuée par la connaissance précise de l'information génétique ajoutée ainsi que par la nature de cette information qui n'est plus nécessairement limitée aux espèces proches.

Il faut remarquer à ce sujet que bon nombre de cas existent où les programmes de transfert de caractères d'une espèce à une autre par reproduction sexuée n'aboutissent pas faute de pouvoir se débarrasser de caractères plus ou moins indésirables, physiquement liés au gène gouvernant le caractère recherché. A cela s'ajoutent dans certains cas les problèmes de stabilité méiotique engendrés par des introgressions trop importantes.

### MÉTHODES D'OBTENTION D'UNE PLANTE TRANSGÉNIQUE

Plusieurs techniques ont été mises au point pour introduire un gène dans une cellule végétale. Elles font, pour la majorité d'entre elles, appel à la totipotence de ces cellules. Celle-ci permet d'obtenir la dédifférenciation des cellules d'un tissu ou d'un organe (feuille, tige, racine par exemple), par culture *in vitro* sur des milieux nutritifs et, par application de traitements hormonaux appropriés, d'orienter leur multiplication vers la régénération en plante entière. Il est donc possible, si l'on réussit à intégrer une information génétique dans une cellule, d'obtenir une plante dérivant de celle-ci et dont toutes les cellules possèdent et expriment cette information.

L'introduction du gène proprement dit peut être obtenue soit en transférant directement l'ADN dans les cellules, par des méthodes chimiques ou physiques dérivées de celles mises au point sur les cellules animales, soit, et c'est sans doute la technique qui est la plus utilisée à l'heure actuelle, en tirant parti des propriétés de la bactérie phytopathogène du sol, *Agrobacterium tumefaciens*, qui réalise depuis des millions d'années ce type de transfert à son profit et provoque la maladie de la « galle du collet ».

On a pu « domestiquer » cette bactérie afin d'éliminer son caractère pathogène en ne conservant que sa capacité à transférer le ou les gènes désirés, portés par ce que l'on nomme l'ADN-T, dans les cellules de plante. Avec ces gènes que l'on introduit dans *Agrobacterium tumefaciens*, on associe très généralement un gène « marqueur » (de résistance à un antibiotique ou à un herbicide) qui permet une sélection commode de la cellule transformée. Il suffit de mettre en contact la bactérie avec les tissus végétaux pour qu'elle transforme

certaines cellules. Il est ensuite possible de sélectionner ces dernières et de régénérer des plantes complètes dont toutes les cellules porteront, intégrés dans leur noyaux, le ou les gènes en question.

*Agrobacterium tumefaciens* introduit généralement un petit nombre d'exemplaires de l'ADN-T dans la cellule végétale. Ces fragments d'ADN-T portant le gène à transférer ont des séquences en nucléotides bien définies à chaque extrémité et vont s'intégrer pratiquement au hasard dans les chromosomes de la cellule.

L'étude de la plante transgénique régénérée à partir de la cellule transformée est alors réalisée à plusieurs niveaux. La ou les molécules d'ADN étranger, en s'intégrant dans les chromosomes ont pu interrompre un gène résident, entraînant ainsi une ou des mutations. Cet effet mutagène peut être exploité dans certains cas mais en général, il est éliminé par la sélection des plantes transgéniques qui présentent un phénotype compatible avec une exploitation agronomique et donc identique à celui d'une plante de la même variété, hormis bien sûr le caractère nouveau induit par l'expression du transgène. Il faut souligner que, pour les plantes cultivées qui sont, pour la plupart, polyploïdes, cet effet mutagène est très peu fréquent. De plus, lorsque l'on a l'intention de transférer un gène dans une variété, il est indispensable de produire plusieurs individus transgéniques différents parmi lesquels il sera possible de sélectionner les plus intéressants.

L'expression de ce gène en ARN peut aussi avoir un effet sur l'expression de certains autres gènes de la plante (c'est parfois ce que l'on recherche lorsque l'on applique une stratégie antisens destinée à inhiber l'expression d'un gène résident, ou lorsque l'on veut obtenir l'inhibition de la répllication d'une molécule virale, par exemple). Mais dans le cas général, on s'attend à ce que l'ARN synthétisé code une protéine nécessaire à l'acquisition du caractère recherché.

### ANALYSE DES RISQUES POTENTIELS

Les plantes transgéniques sont des outils précieux qui permettent de réaliser des études très précises sur l'expression des gènes et leur effet sur l'environnement. Chaque gène transféré dans une espèce donnée est un cas particulier et il est difficile de répondre globalement à la question posée sur les risques que peuvent présenter les plantes transgéniques.

L'analyse doit être menée à tous les niveaux, pour chaque couple transgène-plante hôte, de l'intégration du transgène dans les chromosomes au comportement en culture de la variété trans-

génique. Il serait long et fastidieux de passer en revue l'ensemble des protéines qui peuvent être exprimées dans des plantes transgéniques afin de leur conférer un caractère intéressant. Nous nous contenterons de commenter quelques exemples, parmi les plus connus, de gènes, qui, par différents mécanismes, confèrent à la plante une résistance à un herbicide ou à des ravageurs ou modifient les qualités nutritionnelles de ses graines.

Contrairement à la variété obtenue de façon « classique » par les sélectionneurs, une variété transformée exprime, en plus de tous ceux de la variété non transgénique de départ, un certain nombre de gènes dont les produits sont tout à fait caractérisés ou connus. A ce niveau, il est envisageable de mener toutes sortes d'études pour estimer l'effet de l'expression de ces gènes ou de l'activité de ces protéines sur l'environnement. Ce qui est nouveau est que l'on considère que ces études sont nécessaires et indispensables sur les plantes transgéniques et leurs produits alors qu'elles n'ont jamais été entreprises de façon aussi poussées lors de l'introduction de nouvelles plantes dans des pays où elles n'existaient pas ou lors de la commercialisation de variétés obtenues après croisement avec des espèces non cultivées, voire non comestibles.

Un exemple récent illustre bien cette démarche : le gène d'une protéine de réserve (albumine de type 2S) riche en soufre (isolé de la noix du Brésil) a été transféré dans une lignée de soja, dans le but d'enrichir les graines de cette espèce (utilisées notamment pour l'alimentation du bétail et en alimentation humaine) en acides aminés soufrés car elle en est naturellement pauvre. Il était déjà connu que la noix du Brésil provoque, chez certains mammifères, des réactions allergiques, sans doute dues à la présence de cette albumine. Les graines de soja transgéniques, contenant cette protéine, se sont aussi révélées allergisantes, ce qui n'est finalement pas surprenant. Le transfert de ce gène dans une plante comme le soja a donc perdu beaucoup de son intérêt et la société Pioneer Hi-Bred International qui a fait cette étude a décidé de ne pas commercialiser ce soja. C'est une décision très raisonnable car les protéines de soja entrent dans la composition d'un grand nombre de produits destinés à l'alimentation humaine, mais ce n'est une victoire pour personne puisque dans nos systèmes actuels de production de viande, on supplémente l'alimentation du bétail en acides aminés soufrés issus de l'industrie chimique. Par ailleurs, la noix du Brésil est toujours librement commercialisée.

Dans le domaine des OGM végétaux dont les produits entrent dans la chaîne alimentaire, ce qui semble important, est que l'on s'assure de l'innocuité des propriétés nouvelles de ces produits. Ainsi dans la réglementation actuelle, pour que

l'aliment nouveau soit considéré « aussi sûr » que l'aliment traditionnel, il faut démontrer qu'il est « équivalent en substance » à cet aliment traditionnel. Ce concept est établi à partir de la connaissance de nombreux paramètres (chimiques, génétiques, physiologiques) qui caractérisent l'aliment lui-même, le transgène ainsi que la plante transgénique qui le porte.

Mais il existe de nombreux projets de création de variétés transgéniques qui ne visent pas à modifier les qualités nutritionnelles ou organoleptiques des produits de la plante mais plutôt de permettre sa culture dans des conditions optimales en minimisant les intrants (produits de traitements phytosanitaires essentiellement) utilisés actuellement sur la grande majorité de nos plantes cultivées.

Dans ce cas, il est nécessaire de réaliser l'analyse du comportement de la variété transgénique en conditions « normales » de culture et notamment de la façon dont elle est susceptible de modifier l'écosystème dont elle fait partie. Ceci est très complexe à aborder car un être vivant, transgénique ou non, entretient de multiples interactions avec le milieu qui l'entoure et il est sans doute impossible de toutes les décrire et les analyser. Il est ainsi important de savoir, par exemple, si le transgène peut être disséminé dans l'environnement, dans les plantes de la même espèce ou des espèces voisines voire dans des espèces très différentes ou si l'expression de celui-ci exerce une pression de sélection sur l'environnement de la plante ou de la culture transgénique. Si ces phénomènes se produisent, il faut alors pouvoir en étudier les conséquences. Encore une fois, ces études sont à réaliser au cas par cas, chaque type de gène et de plante hôte constituant un cas particulier.

Ces problèmes de dissémination du transgène ne se posent pas pour des plantes totalement autogames (comme le blé) ou des plantes « exotiques » cultivées dans des régions où aucune espèce sauvage endémique n'existe (cas du maïs, de la pomme de terre, de la tomate, du haricot, du poivron, des melons et courges, ... de la plupart des espèces non autogames cultivées en Europe).

En revanche, le colza est une espèce modèle pour ce type d'études car elle est partiellement allogame : du pollen portant le transgène peut aller féconder des plantes de la même espèce mais aussi des espèces adventices apparentées au colza. Par ailleurs, le colza présente un égrenage important à la récolte et les graines peuvent survivre plusieurs années dans le sol. Les risques de disséminations par le pollen et par les graines existent donc. Cette plante fait ainsi l'objet d'études intensives dans ce domaine. On utilise pour cela des plantes de colza portant des gènes conférant la résistance à un herbicide total. Ce caractère facilement sélectionnable permet de réaliser simple-

ment des études de flux de gènes dans des conditions artificielles et naturelles. Celles ci montrent que, d'une part, si le flux de pollen de cette plante diminue rapidement dans les premiers mètres, il n'est pas possible d'exclure que certains grains de pollen puissent être transportés par le vent ou des insectes sur des distances beaucoup plus longues. Ce grain de pollen pourra aller féconder une autre variété de colza (il n'existe pas de colza « sauvage » décrit à ce jour) ou une autre crucifère adventice endémique de cette espèce (si sa période de floraison coïncide avec celle du colza). Ces espèces adventices présentent une variabilité génétique importante. Certaines ont un génome proche de celui du colza et le transfert à faible fréquence de gènes dans ces espèces à partir de colza transgénique est possible.

Les herbicides sont actuellement utilisés, avant la culture de colza, pour supprimer du champ les repousses des variétés précédentes de colza ainsi que les différentes espèces adventices. Ces traitements ne sont pas tous efficaces (certaines graines non germées résistent « mécaniquement » à l'herbicide) et les graines de ces plantes viennent « polluer » les lots de graines de la variété de colza. Il est donc tentant de cultiver une variété résistante à un herbicide susceptible de supprimer à la fois les repousses et les plantes adventices, avec une efficacité beaucoup plus grande pour une quantité de matière active plus faible puisque le traitement peut alors être effectué en début de végétation (lorsque les graines des différentes espèces ont déjà germé). Les différentes études réalisées montrent qu'à plus ou moins long terme, on retrouvera les mêmes problèmes que ceux que l'on connaît actuellement du fait du transfert du gène de résistance à d'autres variétés ou à certaines espèces sauvages. La molécule herbicide ne sera alors plus d'aucune aide. Et en l'absence de pression de sélection, la fréquence de la présence du transgène ne devrait plus augmenter dans l'espèce adventice. C'est un phénomène déjà connu, dans le cas du maïs par exemple, que l'on ne peut plus traiter avec certains herbicides du fait de la présence de plantes adventices résistantes (apparues par mutation, cette fois-ci). Il n'est d'ailleurs pas exclu que des résistances « spontanées » apparaissent vis à vis de ces herbicides « non sélectifs » (c'est-à-dire universels) et les rendent également inutilisables pour leurs usages actuels (jachères, intercultures, voirie).

Dans le cas de gènes de résistance à des agents pathogènes (champignons, insectes, etc), la situation est déjà bien connue, car de nombreuses variétés résistantes à des facteurs biotiques sont créées par des méthodes classiques d'amélioration faisant appel à des plantes sauvages trouvées naturellement résistantes. Dans ces cas, suivant le type de mécanisme de résistance induit, la pression de

sélection exercée par la population résistante et le comportement du pathogène, il est possible de voir apparaître, à plus ou moins long terme, des individus contournant la résistance et qui pourront devenir prépondérants. Dans le cas des insectes, plus de 4 000 exemples de résistance à des insecticides ont été documentés dans des populations d'environ 500 espèces d'insectes. Malgré l'utilisation de plus en plus importante d'insecticides chimiques, dont certains sont très toxiques pour les insectes non visés, le pourcentage de récoltes ravagées par les insectes demeure essentiellement le même depuis la Seconde Guerre mondiale.

Le phénomène, bien connu de l'apparition de la résistance aux antibiotiques chez des germes pathogènes et la course à la création de nouvelles molécules que cela entraîne, est sensiblement le même dans le cas des plantes, y compris pour les plantes, transgéniques résistantes à des facteurs biotiques.

On sait que dans cette situation, il est préférable de combiner simultanément plusieurs méthodes de lutte contre les ravageurs et d'être très attentif à la façon dont ces variétés sont cultivées (choix et respect des pratiques culturales, des rotations de culture, etc.) afin de minimiser les quantités de matières actives polluantes déversées dans l'environnement et les risques d'émergence de phénomènes de résistances. L'intégration raisonnée de variétés transgéniques résistantes à des insectes phytophages dans les cultures devrait contribuer à améliorer l'efficacité de cette lutte.

D'une manière générale et quel que soit le transgène exprimé, son maintien en condition naturelle (sans contrôle de l'homme) sera conditionné par le caractère qu'il gouverne et sa diffusion sera favorisée uniquement s'il confère un avantage sélectif à la plante qui le portera.

## CONCLUSION

La transgénèse végétale appliquée à l'amélioration des plantes peut contribuer de façon significative à une optimisation des systèmes actuels de production de matière végétale sur des plans aussi divers que la productivité, la qualité et le respect de l'environnement. La mise en évidence de nouveaux gènes contrôlant des caractères agronomiques intéressants découlera de l'effort de recherche réalisé actuellement dans le domaine de la biologie des végétaux en particulier et de la génétique des êtres vivants en général.

Les quelques exemples décrits précédemment montrent qu'on ne peut pas discourir d'une manière générale des conséquences éventuelles

sur l'environnement de la culture à grande échelle de variétés transgéniques mais qu'il est au contraire nécessaire d'étudier au cas par cas chaque couple plante-transgène. Certains risques sont facilement prévisibles, d'autres peuvent être appréhendés grâce à l'élaboration de modèles théoriques dont la véracité ne peut être validée que par des expérimentations en grandeur nature.

La prise de conscience des risques éventuels présentés par la culture de plantes transgéniques aura peut-être comme effet de contraindre les sélectionneurs et les organismes de contrôle à

s'entourer de précautions sans aucune commune mesure avec celles prises pour des variétés améliorées de façon « traditionnelle ». Comme cela est expliqué plus haut et dans cette logique, il n'y a aucune raison pour que seules les plantes transgéniques y soient soumises. Si telle était le cas, il est malheureusement prévisible que ces mesures seront si contraignantes qu'elles laisseront peu de place à l'activité de création variétale et qu'elles seront par là un facteur supplémentaire de concentration des entreprises de sélection, ce qui n'est sans doute pas souhaitable.

