



ENJEUX SCIENCES

PLANTES GÉNÉTIQUEMENT MODIFIÉES, MENACE OU ESPOIR ?

JEAN-CLAUDE PERNOLLET, COORD.

éditions
Quæ

PLANTES GÉNÉTIQUEMENT MODIFIÉES, MENACE OU ESPOIR ?

Points de vue de l'Académie
d'agriculture de France

JEAN-CLAUDE PERNOLLET, COORD.



Éditions Quæ

Couverture : © chikala01 - fotolia.com

Éditions Quæ
RD 10
78026 Versailles Cedex

© Éditions Quæ, 2014
eISBN : 978-2-7592-2297-1
ISSN : 2267-3032

Le code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992 interdit la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Le non-respect de cette disposition met en danger l'édition, notamment scientifique. Toute reproduction, partielle ou totale, du présent ouvrage est interdite sans autorisation des éditeurs ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 20 rue des Grands-Augustins, 75006 Paris.

Sommaire

Avant-propos.....	5
Quelle est la situation des PGM dans le monde ?	7
Bilan de 18 années de commercialisation des PGM.....	7
Le développement à venir des PGM.....	9
Quelles sont les raisons scientifiques et économiques du développement des PGM ?	13
Les avancées scientifiques qui ont permis le développement des PGM.....	13
Les raisons économiques qui ont encouragé le développement des PGM.....	15
Quels bénéfices apportent les PGM ?	17
Du point de vue des agriculteurs.....	17
Du point de vue des consommateurs.....	19
Du point de vue des citoyens.....	20
Les PGM ont-elles des effets sur la santé animale et humaine ? ..	23
État des lieux, effets directs et indirects.....	24
Recherche d'effets nocifs ; les tests de sécurité alimentaire.....	25
La culture des PGM a-t-elle des effets sur l'environnement différents de ceux des cultures traditionnelles ?	29
Les conséquences de la dissémination dans l'environnement de gènes issus de PGM.....	30
Les perturbations induites par la culture des PGM dans les agrosystèmes et leur impact sur les écosystèmes.....	33
L'impact de la culture des PGM sur la biodiversité cultivée ou naturelle.....	37
Conclusion.....	39
La coexistence entre PGM et cultures non transgéniques est-elle possible ?	41
Comment coexister sur un même territoire ?.....	43
La coexistence, une menace ou une source d'avantages ?.....	44
Aspects réglementaires.....	44
Conclusion.....	46



Comment développe-t-on les plantes transgéniques ?	47
Étapes techniques d'une opération de transgénèse.....	48
Étapes réglementaires avant la commercialisation d'une variété transgénique.....	49
Contraintes pour la mise en culture d'une plante transgénique	51
Peut-on ressemer des PGM ou les utiliser dans des programmes d'amélioration variétale ?	53
Les contraintes juridiques qui encadrent les semences	53
En Europe la réglementation des semences conventionnelles s'applique aux semences des PGM	55
Quels sont les effets socio-économiques des PGM ?	57
Pourquoi les agriculteurs adoptent-ils les PGM ?	57
Les filières sont-elles affectées par les PGM ?	60
Acceptation par les consommateurs et les citoyens	63
Les PGM, développements ou révolution ?	64
Pourquoi les PGM sont-elles mal perçues en Europe ?	67
L'état de l'opinion publique européenne	67
Les perceptions hors d'Europe	75
Que faire ?	77
Synthèse et conclusion	83
Objectifs poursuivis avec l'utilisation des PGM.....	84
Les questions de nature scientifique liées aux PGM	85
Des questions pratiques liées à l'usage des PGM.....	86
Les questions relatives à l'environnement	87
Les questions de nature sociale et politique.....	88
Perspectives	91
Liste des membres du groupe PGM	93

Avant-propos

L'Académie d'agriculture de France a souhaité apporter un avis mesuré sur la question des plantes génétiquement modifiées (PGM) qui fait débat dans la société. Au sein de l'Académie d'agriculture, a été créé au printemps 2012 un groupe de réflexion composé de scientifiques, industriels, économistes et sociologues qui a procédé pendant plus d'une année à des auditions multiples. L'essentiel de la réflexion a tourné autour de l'acceptabilité sociétale, en prenant en compte le bilan des cultures et de la consommation mondiale avec un recul de 18 ans et plusieurs milliards de consommateurs, ainsi que les études techniques et scientifiques menées en grande culture concernant notamment les aspects sanitaires et environnementaux, d'une part, et les données sociologiques, économiques, réglementaires et juridiques, de l'autre.

Le groupe, composé d'une vingtaine d'académiciens de disciplines très variées, sans exclusive, s'est réuni avec une fréquence mensuelle pour envisager différents aspects tels que la création et l'homologation des PGM, leur impact sur l'environnement, sur les conduites agricoles dans les pays industrialisés comme dans les pays en développement, les conséquences pour l'Europe qui doit s'adapter au refus de ses citoyens, les extraordinaires progrès en devenir immédiat et à moyen terme (résistance aux stress biotiques et abiotiques, améliorations nutritionnelles...). Pour asseoir ses conclusions, le groupe de travail a procédé à l'audition de personnalités aux compétences et opinions très diverses pour l'éclairer, dont la liste est accessible sur le site internet de l'Académie d'agriculture (<http://www.academie-agriculture.fr/groupe-de-reflexion/plantes-genetiquement-modifiees>), en complément de rapports demandés à des spécialistes reconnus.

Ce groupe a identifié des questions-clés relatives aux aspects scientifiques, techniques, économiques ou sociétaux qui nourrissent le débat sur les PGM. Pour rendre le dossier plus accessible à un large public, le texte rédigé collectivement par le groupe de travail, dont la liste des cosignataires est fournie à la



fin de l'ouvrage, est découpé en chapitres conçus sous forme d'une dizaine de questions-réponses suivies par une conclusion synthétique.

Ces questions peuvent être consultées indépendamment les unes des autres. Elles sont complétées par des textes d'approfondissement rédigés par des spécialistes, qui sont accessibles *in extenso* sur le site de l'Académie d'agriculture (<http://www.academie-agriculture.fr/groupe-de-reflexion/plantes-genetiquement-modifiees>).

Jean-Claude Pernollet,
membre de l'Académie d'agriculture de France,
animateur du groupe de réflexion PGM



QUELLE EST LA SITUATION DES PGM DANS LE MONDE ?

La source principale d'information sur les données de mise en culture des PGM dans le monde est l'ISAAA (International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications)¹, une organisation à but non lucratif, notamment soutenue par l'ONU *via* la FAO, qui encourage le développement des plantes modifiées par les biotechnologies à l'intention des agriculteurs des pays en développement.

BILAN DE 18 ANNÉES DE COMMERCIALISATION DES PGM

Les surfaces cultivées en PGM

Plus de 18 millions d'agriculteurs dans 27 pays ont semé 175 millions d'hectares (Mha) de PGM en 2013, soit une augmentation de 9 % par rapport à 2011. Cette superficie est équivalente à plus de 10 fois la superficie totale des terres arables françaises. L'année 2012 avait marqué une multiplication par 100 de la superficie des cultures de PGM, qui est passée de 1,7 Mha en 1996 à 170 Mha en 2012. Cette expansion fait des PGM la technologie végétale la plus rapidement diffusée de toute l'histoire de l'agriculture.

Les pays qui cultivent les PGM

Parmi les 27 pays qui ont cultivé des PGM en 2013, 19 sont des pays émergents et 8 des pays industrialisés. Ainsi, parmi les pays cultivant des PGM, les pays en développement sont près de trois fois plus nombreux que les pays industrialisés. Par exemple, parmi les 18 millions d'agriculteurs cultivant des PGM (soit 30 fois le nombre d'agriculteurs français), 7,5 millions d'agri-

1. <http://www.isaaa.org/inbrief/default.asp>



culteurs en Chine et 7,3 millions d'agriculteurs en Inde ont, collectivement, cultivé une superficie de plus de 15 Mha avec des PGM. Plus de la moitié de la population mondiale, représentant 60 % ou 4 milliards de personnes, vit dans les 27 pays cultivant des PGM. Pour la première fois en 2012, les pays en développement ont cultivé plus de PGM (52 %) que les pays industrialisés. Les cinq pays émergents, chefs de file dans le domaine des cultures transgéniques, sont la Chine, l'Inde, le Brésil, l'Argentine et l'Afrique du Sud. Ils ont, collectivement, cultivé 94 Mha (54 % du total) et, ensemble, ils représentent environ 40 % de la population mondiale.

En comparaison, la part des cultures de PGM dans la production agricole européenne, une des plus importantes au monde, est extrêmement faible. Ainsi, en 2013, cinq pays européens (Espagne, Portugal, République tchèque, Slovaquie et Roumanie) ont cultivé une superficie de 148 000 ha de maïs Bt génétiquement modifié. L'Espagne cultive à elle seule 92 % de la superficie européenne de maïs Bt, soit 137 000 ha, en hausse de 18 % par rapport à 2012. Ces chiffres sont à rapprocher de ceux du Burkina Faso, où une surface supérieure à celle cumulée de toute l'Europe est dévolue aux PGM.

Les principaux caractères des PGM cultivées

Au plan mondial, les principaux caractères des PGM cultivées aujourd'hui sont la tolérance aux herbicides (TH), la résistance aux insectes (RI) et la combinaison des deux caractères. En 2012, 13 pays ont cultivé des PGM avec une association de transgènes TH et RI ayant des propriétés complémentaires concernant au moins deux caractères. À noter que 10 d'entre eux étaient des pays émergents. En 2013, environ 47,1 Mha, soit 27 % des 175 Mha totalisés étaient des cultures de plantes comportant des associations de transgènes. À côté de ces deux caractères se développent de nombreux autres traits, notamment pour la résistance à des virus, la tolérance aux stress et l'amélioration des qualités nutritionnelles.

Les espèces transgéniques cultivées

Les principales PGM cultivées dans le monde sont, dans l'ordre décroissant des surfaces : soja, maïs, cotonnier et colza. Ces

quatre cultures représentent 99 % des PGM vendues. En 2012, la part des variétés transgéniques dans les principales grandes cultures aux États-Unis est estimée à 94 % pour le cotonnier, 93 % pour le soja et 88 % pour le maïs (<http://www.usda-france.fr/biotechnology-437263-en.htm>).

À côté de ces grandes cultures, il faut aussi citer un nombre croissant d'espèces comme le papayer, dont seules des variétés transgéniques ont permis de résister à un virus qui décimait cette culture à Hawaï, la betterave sucrière TH (transgénique à 95 % aux États-Unis, 3 ans après sa commercialisation), la luzerne, la courge, l'aubergine RI et le prunier résistant au virus de la sharka aux États-Unis, le peuplier RI en Chine, le haricot résistant au virus BGMV au Brésil, le poivron résistant à un virus et la canne à sucre en Indonésie, mais aussi des plantes ornementales (œillet bleu...).

LE DÉVELOPPEMENT À VENIR DES PGM

Les surfaces cultivées en PGM tendent à plafonner dans la mesure où la part transgénique du cotonnier et du soja avoisine les 100 %.

En revanche, le maïs a une forte marge de progression, mais essentiellement en Europe. Pour l'instant, ni blés, ni riz transgéniques, productions majeures de céréales, ne sont encore cultivés commercialement. Nul doute que leur commercialisation prévisible (homologation de riz biofortifiés, de blés aux conditions agronomiques optimisés en cours d'essai au champ) au cours de la décennie à venir accroîtra considérablement la part de cultures transgéniques mondiales. La R&D est soutenue par une recherche académique très active, essentiellement hors d'Europe, de sorte que les perspectives d'avenir sont nombreuses. Elles sont toutefois pondérées par la complexité de l'expérimentation portant sur des caractères dont l'expression dépend du contexte agrométéorologique (par exemple la tolérance à la sécheresse), ainsi que par la lourdeur et le coût des dossiers d'homologation qui ralentissent la commercialisation de nouvelles PGM. Plusieurs pays en développement devraient adopter à leur tour la culture de nouvelles PGM à court terme, principalement en



Asie : des dizaines de caractères génétiques sont en cours d'essai au champ (notamment la résistance à des virus) portant sur nombre d'espèces telles qu'arbres fruitiers (châtaignier, oranger, pommier, prunier), bananier, blé, eucalyptus, manioc, niébé, pois chiche, pomme de terre, sorgho, vigne, etc.

La tolérance à la sécheresse introduite dans des PGM est vue comme un caractère des plus importants qui sera commercialisé dans les dix prochaines années, car le manque épisodique d'eau est, de loin, la contrainte abiotique la plus importante qui limite la productivité des cultures dans le monde. Le plus avancé des maïs génétiquement modifiés tolérant à la sécheresse est déjà commercialisé aux États-Unis (MON87460), où plus de 50 000 ha sont en culture. Un autre maïs génétiquement modifié tolérant à la sécheresse avec un potentiel d'environ 30 millions d'hectares est aussi un candidat potentiel en Chine. Il est à noter que cette technologie a été transmise par ceux qui l'ont développée (Monsanto et BASF) à un consortium public/privé (Water Efficient Maize for Africa ou Wema, soutenu par des fondations américaines et incluant les instituts de recherche publics africains). Wema espère ainsi délivrer le premier maïs génétiquement modifié tolérant à la sécheresse dès 2017 en Afrique subsaharienne où le besoin est le plus grand. Par ailleurs, une canne à sucre tolérante à la sécheresse vient d'être autorisée en Indonésie. Il est encore trop tôt pour évaluer les avantages pratiques en matière de tolérance à la sécheresse, car les résultats dépendent des conditions météorologiques tout au long d'une période de culture, conditions par nature aléatoires. Le génie génétique est aussi impliqué pour développer la tolérance des céréales à d'autres stress abiotiques (salinité et anoxie, notamment). En matière d'engrais, des PGM améliorées pour l'efficacité d'absorption et de valorisation de l'azote (nitrates) sont en cours d'étude.

En ce qui concerne l'intérêt nutritionnel, sous réserve d'une autorisation réglementaire en bonne voie (malgré la destruction récente de quelques essais préparatoires à l'homologation par des opposants radicaux à toute PGM), le riz doré (qui produit un bêta-carotène précurseur de la vitamine A) devrait être commercialisé aux Philippines à court terme. Ce riz génétiquement

modifié peut contribuer à corriger la déficience en vitamine A, génératrice chaque année de cécité chez près d'un demi-million d'enfants et du décès de plusieurs millions de personnes dont le système immunitaire est affaibli par cette carence, chez des populations dont l'alimentation repose essentiellement sur le riz, en Asie et en Afrique notamment. La biofortification du riz et du maïs en micronutriments (zinc et fer, vitamines) est tout aussi importante, mais encore au stade de R&D, alors que l'enrichissement de la tomate, de la pomme de terre et de la fraise en vitamine C n'en est qu'à l'état de recherche académique. En termes de macronutriments, un maïs génétiquement modifié enrichi en un acide aminé indispensable, la lysine, insuffisamment abondante dans le grain de maïs, est commercialisé depuis sept ans, alors qu'un riz enrichi en tryptophane (autre acide aminé indispensable), un soja enrichi en protéines, des oléagineux (soja, colza) enrichis en acides gras mono-insaturés sont en développement. Des avancées sont en cours concernant des blés dont la composition du gluten est modifiée pour les rendre consommables par les personnes atteintes de maladie cœliaque (intolérance au gluten). Cette liste n'est pas limitative et évolue rapidement.

Le développement futur des PGM s'accroîtra par le choix d'objectifs de sélection importants pour les millions de petits agriculteurs des pays en développement, mais aussi, dans les pays industrialisés, dans l'optique d'une meilleure appréhension du rôle de ces plantes dans la santé humaine et l'environnement. Ce développement reposera sur une association de scientifiques et de techniciens locaux pour créer des variétés adaptées aux conditions particulières (cas du Wema par exemple). L'attitude des pays européens, qui a déjà malheureusement abouti à la délocalisation des entreprises compétentes et à la raréfaction des experts publics en matière de PGM, peut priver les agriculteurs et les consommateurs européens d'outils et de produits répondant à leurs besoins et aux nouvelles exigences du développement durable.



QUELLES SONT LES RAISONS SCIENTIFIQUES ET ÉCONOMIQUES DU DÉVELOPPEMENT DES PGM ?

L'amélioration des plantes cultivées, à des fins agricoles ou horticoles, s'est appuyée essentiellement sur le développement des connaissances en génétique, l'objectif étant de réunir en une espèce ou une variété, de manière stable et héritable, des caractères considérés comme intéressants dans un système de production défini.

Dès la fin du XIX^e siècle, les « sélectionneurs », c'est-à-dire ceux qui font métier de fournir des semences aux producteurs agricoles, se sont donc saisis de toutes les méthodes de modification des patrimoines génétiques que les spécialistes scientifiques de biologie végétale découvraient et développaient, tout en cherchant à répondre aux objectifs et aux attentes des agriculteurs.

LES AVANCÉES SCIENTIFIQUES QUI ONT PERMIS LE DÉVELOPPEMENT DES PGM

Historiquement, dans les approches d'amélioration dites conventionnelles, les transferts de gènes pour accumuler dans une seule variété les caractères recherchés se font par voie sexuée, par croisement au sein de la même espèce ou entre espèces très voisines ; c'est ce qui s'est passé de manière aléatoire dans l'évolution et que le sélectionneur organise en s'appuyant sur les plus récentes connaissances qui permettent de repérer les gènes influençant telle ou telle qualité.

À l'intérieur d'une espèce, lorsqu'il s'agit de transférer un gène bien identifié d'une plante à une autre, le transfert se réalise par une cascade de croisements successifs avec le parent receveur que l'on cherche à améliorer. Le processus est donc lent, car