

## Modification génétique des oléagineux pour de nouvelles matières grasses et perspectives nutritionnelles

Gérard PASCAL

Directeur de recherches honoraire à l'Inra, Paris  
<gerard.pascal@paris.inra.fr>

**Abstract:** *The difference between the potential applications of genetically modified plants (GMP) and the reality of agriculture is very big; it is enough to compare the laboratory applications published in scientific reviews or the patents, with what is effectively cultivated today. The real applications concern almost exclusively four botanical species, soya, corn, cotton and canola and two types of modifications, herbicide tolerance and insects resistance.*

*An attempt of prospective is presented here. It is based on the strategies of development of two of the biggest firms of vegetable biotechnologies, Monsanto and DuPont. The recent or future applications in human food or animal feed of GMP which concern fats are rare; they concerned modifications of content in lipids and especially composition in fatty acids essentially in soya, even corn. The current applications concern soya oils with lowered content in  $\alpha$  linolenic acid which have hardly just been launched on the market. In longer term, soya oils containing n-3 long chain fatty acids should make their appearance on the market.*

*But the major developments will always concern the agronomic characters of plants of large cultures, within the framework of an extensive agriculture in the big agricultural countries or in country in emergence as well as uses of PGM for energy production purposes.*

**Key words:** PGM, fatty acids, soya, corn, n-3

### État des cultures de plantes génétiquement modifiées (PGM) dans le monde

Un rapport [1] publié récemment par Clive James, le président de l'International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA), fait le point de l'état actuel des cultures de PGM dans le monde et de leur évolution au cours des dix dernières années. Même si ces données sont critiquées, par exemple par les Amis de la terre [2] comme exagérément optimistes, elles montrent une progression incontestable des cultures de PGM qui atteindraient aujourd'hui 90 millions d'hectares (figure 1). Le pourcentage de croissance au cours des dernières années a été à deux chiffres (+ 11 % entre 2004 et 2005), moins important en 2005 qu'en 2004, ce que certains interprètent comme un ralentissement significatif.

Cinq pays, les États-Unis, l'Argentine, le Brésil, le Canada et la Chine, cultivent à eux seuls 94 % des surfaces cultivées (tableau 1). La croissance est plus importante dans les pays émergents que dans les pays comme les États-Unis et le Canada, qui avaient été les premiers à cultiver des PGM.

Le soja est toujours largement en tête des PGM cultivées (tableau 2), même si le maïs regagne

du terrain. Le coton est loin derrière, le colza encore plus loin. Les autres PGM ne sont encore que des curiosités.

Les transformations dont ces PGM ont fait l'objet concernent très majoritairement la tolérance aux herbicides (tableau 3). La résistance aux insectes vient au second rang alors que les deux transformations simultanées (empilement de gènes) se développent.

Ainsi, sur le terrain, seule ce que l'on a baptisé de première génération de PGM existe ; les autres applications n'ont qu'une existence anecdotique. Les modifications ayant une importance réelle ne concernent pas la composition des PGM, en particulier pour ce qui a trait à leur fraction lipidique et à sa composition en acides gras.

### Les potentialités de transformation qui pourraient donner naissance à de nouvelles générations de PGM

Des modifications de composition des végétaux allant dans le sens d'une amélioration de leur valeur nutritionnelle sont cependant possibles et pourraient donner naissance à de nou-

velles générations de PGM. De nombreux exemples ont été évoqués dans OCL en 2004 [3]. Les transformations possibles concernent les macroconstituants des aliments, protéines et acides aminés, lipides et acides gras, glucides et minéraux, ainsi que les microconstituants comme les vitamines, les oligo-éléments et les phytoconstituants biologiquement actifs (phytostérols, polyphénols, phytoœstrogènes par exemple). Il s'agit soit de travaux de laboratoire publiés dans des revues scientifiques soit de brevets.

Dans la présentation des conclusions d'un « cluster » qui regroupait plusieurs programmes de recherche consacrés aux OGM dans le 5<sup>e</sup> programme cadre de recherche/développement de la DG Recherche de la Commission européenne, Entransfood, on pouvait trouver une liste d'applications potentielles qui recoupe ce qui est publié par ailleurs [4]. Cette liste figure dans le tableau 4.

Pour ce qui a trait aux lipides, il y a peu de choses à ajouter quant aux objectifs majeurs depuis la publication d'OCL déjà citée. Un très important travail de collecte d'information et de prospective qui a été publié en 2003 par l'Institute for Prospective Technological Studies [5] de l'European Science and Technology

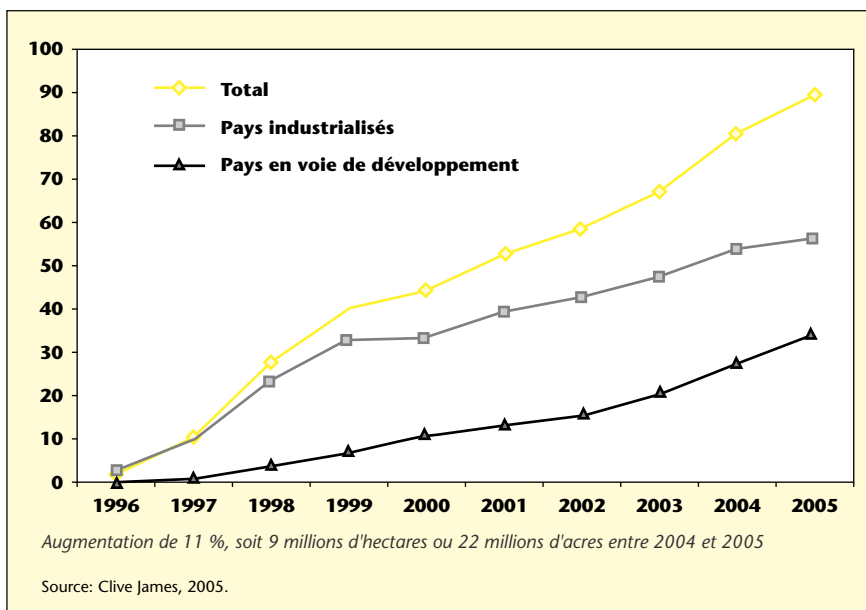


Figure 1. Superficie mondiale des plantes biotechnologiques. Million d'hectares (1996-2005).

Tableau 1. Importances relatives des des surfaces cultivées en OGM en 2001, 2002 et 2005 (en % du total).

	2001	2002	2006
USA	68	66	55
Argentine	22	23	19
Bésil	-	-	10
Canada	6	6	8
Chine	3	4	4
Autres	1	1	6 (au moins 16 pays)

Tableau 2. Importances relatives des surfaces cultivées en OGM en 2001, 2002 et 2005 (en % du total).

	2001	2002	2005
Soja	63	62	60
Maïs	19	21	24
Cotton	13	12	11
Colza	5	5	5
Autres	< 1	< 1	< 1

Tableau 3. Importances relatives des objectifs des transformations réalisées dans les plantes OGM en 2001, 2002 et 2005 (en % du total).

	2001	2002	2005
Tolérance aux herbicides	77	75	71
Résistances aux insectes	15	17	18
Bt/tolérance aux herbicides	8	8	11
Résistance aux virus et autres	< 1	< 1	< 1

Observatory de la Commission européenne (Joint Research Centre) ne signalait d'ailleurs comme applications dans ce domaine, susceptibles de déboucher sur le marché dans les 5 à 10 ans, que des modifications de composition en acides gras du soja et du colza.

Il nous a donc semblé intéressant, pour savoir si une seconde voire une troisième génération de PGM avait une chance de voir le jour autrement qu'en laboratoire, de nous baser sur la stratégie de développement de deux des plus grandes firmes de biotechnologies végétales, à savoir Monsanto et Du Pont.

## La stratégie de développement de deux grandes firmes de biotechnologie végétale

En complément des informations disponibles sur les applications possibles pour de futures générations de PGM qui semblent avoir des difficultés à voir le jour, nous avons eu la chance de pouvoir disposer des illustrations utilisées par des vice-présidents de DuPont (Pioneer) et de Monsanto lors de présentations de la stratégie de recherche-développement de ces firmes en début 2005. Il semble bien plus réaliste de s'appuyer sur ces documents que sur de vagues projets qui n'ont peut-être que peu de chance de se réaliser, pour tenter une prospective sur ce que pourraient être les applications des PGM dans le domaine des matières grasses utilisables à des fins nutritionnelles.

### Une stratégie de développement par étapes

Il est intéressant de constater que les deux firmes envisagent le développement de leurs produits issus des biotechnologies végétales de la même façon : en cinq étapes qui ont exactement le même intitulé en anglais : « discovery, proof of concept, early development, advanced development, pre-launch ». Pour Monsanto, la probabilité de succès va croissant de 5 % à la première étape à 90 % à la cinquième, la durée totale du cheminement de la découverte à la mise en marché pouvant aller de 6 ans à 13 ans.

### Les piliers de la stratégie

Dans les deux cas encore, la stratégie repose sur un cheminement et une utilisation parallèles :

- des études de génomique qui fourniront une meilleure connaissance de la structure et du fonctionnement du génome et de la fonction des gènes dans les plantes d'intérêt ;
- de la sélection, y compris de la sélection assistée par marqueurs moléculaires grâce aux résultats de génomique ;

Tableau 4. Futures PGM d'après [4].

Riz doré	Bêta-carotène
Riz fortifié en fer	Transgénique pour la ferritine
Tomate	Enrichie en bêta-carotène/lycopène
Lupin	Teneur accrue en méthionine
Maïs	Détoxifiant les mycotoxines
Maïs résistant aux insectes	Transgénique pour l'avidine
Manioc	Détoxifiant les cyanogènes
Betteraves	Édulcorants non caloriques
Canola	Enrichi en vitamine E
Luzerne	Transgénique pour la phytase
Café	Sans caféine

– de la poursuite de la mise en œuvre de méthodes biotechnologiques avec une utilisation optimale des événements de transformation les plus performants déjà bien étudiés et exploités ;

– et enfin d'évaluations très complètes des variétés ainsi obtenues, aussi bien pour leurs qualités agronomiques que pour ce qui concerne leur composition en relation avec les attentes des clients pour une utilisation en alimentation humaine ou animale.

En résumé, on va principalement introduire des événements de transformation qui ont déjà fait leurs preuves dans des variétés élites de plus en plus performantes de plantes de grande culture, par des méthodes souvent traditionnelles, voire plus rapides grâce aux marqueurs moléculaires, pour obtenir des variétés très performantes dotées de propriétés nouvelles. Les variétés d'intérêt sont, sans surprise, d'abord le soja et le maïs, puis le coton et le colza, et les propriétés introduites, la tolérance aux herbicides et la résistance aux insectes. Il n'y aurait donc pas grand-chose à attendre du développement des PGM dans le domaine des matières grasses utilisables en nutrition humaine ou animale. Ceci n'est pas tout à fait vrai, car, en dehors des grandes priorités décrites ci-dessus, d'autres applications sont au programme, voire déjà sur le marché.

#### *D'autres applications non nutritionnelles*

- La résistance à la sécheresse, la résistance aux stress abiotiques en général constituent des objectifs à moyen terme, très liés aux conditions climatiques régnant par exemple dans certaines régions des États-Unis.
- La création de variétés végétales performantes pour une utilisation à des fins énergétiques (éthanol, biodiesel...) prend un intérêt majeur nouveau face à l'augmentation de la demande en énergie fossile et à son renchérissement. Le degré de priorité de ce type d'applications des PGM va sans doute progresser dans l'échelle des grandes firmes, mais ces applications faisaient déjà partie de leurs schémas de développement.

#### *Les applications en alimentation humaine et animale existantes ou proches de la mise en marché*

- La priorité donnée aux plantes de grande culture, principalement soja et maïs, montre l'intérêt des grandes firmes pour fournir à l'alimentation animale des matières premières adaptées aux performances attendues des animaux d'élevage, en élevage intensif. En dehors des qualités agronomiques déjà évoquées, dans un second temps et à partir des variétés transgéniques, il est envisagé d'améliorer la concentration et la biodisponibilité de l'énergie, des lipides en particulier, ainsi que la qualité des protéines (augmentation des teneurs en lysine par exemple).

- Les applications en alimentation humaine nous semblent se situer dans un autre contexte, celui de niches susceptibles d'une plus forte plus-value que les applications de masse essentiellement destinées à l'alimentation animale et à l'utilisation énergétique. Ces applications concernent, d'une part, l'amélioration du goût et de la perception en bouche des protéines de soja et, d'autre part, la composition en acides gras de l'huile de soja.

Ainsi, DuPont et Bunge Limited, une firme d'agroalimentaire, ont créé la société Solae pour commercialiser des protéines de soja qui sont incorporées dans de très nombreux produits alimentaires dont la promotion en Europe est l'objet d'une intense campagne. Monsanto a exactement le même objectif que DuPont dans le domaine de l'amélioration des propriétés des protéines de soja.

Pour ce qui concerne les modifications de composition en acides gras de l'huile de soja, là encore, les objectifs des deux firmes sont rigoureusement identiques. DuPont dispose d'une légère avance sur Monsanto dans la mise sur le marché d'huile de soja à faible teneur en acide  $\alpha$ -linoléique. Également en association avec Bunge Limited, DuPont a lancé en octobre 2004 la marque Natrium™ Low Lin Soybean Oil obtenue à partir de soja transgénique tolérant au glyphosate et dont l'huile a une teneur en acide  $\alpha$ -linoléique inférieure à 3 % (variété

93M20). Bunge projetait fin 2004, de produire environ 9 millions de tonnes d'huile à partir de la production de soja transgénique 93M20 de 2005.

Monsanto n'est pas loin : il vient de publier successivement en octobre 2005 et en janvier 2006, des communiqués de presse annonçant des accords avec Cargill, Incorporated et avec Archer Daniels Midland Company pour la production d'huile à faible teneur en acide  $\alpha$ -linoléique à partir du soja Vistive™.

Ces développements aux États-Unis sont en phase avec la décision de la FDA d'imposer à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2006, d'indiquer la teneur en acides gras trans dans l'étiquetage nutritionnel de tous les produits et compléments alimentaires. L'abaissement des teneurs en acide  $\alpha$ -linoléique est ainsi présenté comme dispensant d'hydrogéner les huiles utilisées surtout en friture et permettant ainsi de réduire voire d'annuler les teneurs en acides gras trans.

#### *Des applications en alimentation humaine et animale à plus long terme*

Elles concernent surtout la production de PGM, et principalement de soja à matière grasse renfermant des acides gras n-3 à longue chaîne dont on pourra faire la promotion grâce à des allégations santé, en particulier en prévention cardiovasculaire, pour ce qui concerne l'alimentation humaine. Leur apport d'acides gras n-3 à longue chaîne permettra d'assurer une bonne teneur en ces acides gras dans les graisses des poissons produits en aquaculture et d'en faire ainsi la promotion.

## **Conclusion**

La littérature scientifique, de vulgarisation, de même que certaines études de prospective nous racontent souvent de belles histoires sur les possibilités d'applications des PGM et leurs conséquences prévisibles à la fois dans les pays industrialisés et les pays émergents et en développement. Plutôt que de croire à de beaux rêves, il nous a semblé plus réaliste, à partir de la situation actuelle, de nous appuyer sur les stratégies de deux des plus grandes firmes de biotechnologies végétales pour imaginer de quoi sera fait l'avenir à moyen terme. Ces stratégies sont si proches, on aurait même tendance à dire identiques, qu'elles doivent bien refléter une tendance lourde dans la profession. Quelle est cette tendance ?

Elle consiste à poursuivre l'exploitation des événements de transformation existants les plus prometteurs en matière de tolérance aux herbicides et de résistance aux insectes en les introduisant dans les variétés élites de maïs, de soja, de coton et de colza les plus performantes, améliorées par sélection classique ou assistée par marqueurs moléculaires. L'utilisation

principale de ces productions de grandes cultures dans de grands pays agricoles ou en émergence, concernera l'alimentation animale et sans doute la production d'énergie renouvelable. Par empilement de gènes, ces PGM pourront acquérir de nouvelles propriétés améliorant leur efficacité à partir d'une meilleure qualité des protéines et d'une plus grande disponibilité de l'énergie (responsable au passage d'une moindre quantité d'excrétions) pour l'alimentation animale.

Des applications de ces mêmes espèces végétales sont déjà exploitées et se développeront en alimentation humaine. Elles auront trait à l'amélioration des propriétés organoleptiques des protéines de soja dont la consommation en Europe va être l'objet de grandes campagnes de marketing. Le lancement en France de produits Danone à base de soja en est la preuve. Elles concerneront cependant surtout des applications très ciblées sur les lipides, qui pourront apparaître parfois contradictoires. Il

en va ainsi de l'abaissement des teneurs en acide  $\alpha$ -linoléique, acide gras n-3 (mais aussi de l'abaissement de l'acide linoléique et de l'enrichissement en acide oléique) des matières grasses, allant dans le sens d'une amélioration de leurs qualités technologiques (réduction de la fluidité et de l'oxydabilité pour éviter ainsi l'hydrogénation donc la production d'acides gras trans) et de l'amélioration de leur valeur santé avec l'apparition de la présence d'acides gras aussi en n-3 mais cette fois à longue chaîne. Cette dernière application est encore au stade des premiers développements et demandera encore quelques années avant de faire son apparition sur le marché.

#### RÉFÉRENCES

1. JAMES C. Etat mondial des plantes biotechnologiques/GM commercialisées : 2005, (résumé). *Brief* 2005 ; 34 ; (International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications, 12 p).

2. Les Amis de la Terre. Qui profite des plantes GM ? Résumé des points essentiels. Janvier 2006, 4 p.
3. PASCAL G. Les perspectives nutritionnelles offertes par les OGM en alimentation humaine. *OCL* 2004 ; 11(2) : 81-4.
4. KUIPER HA. *ENTRANSFOOD, The European Network Safety Assessment of Genetically Modified Food Crops*. Concluding conference, Istituto Superior de Sanita, Rome, 29-30 May 2003.
5. LHEUREUX K, LIBEAU-DULOS M, NILSAGARD H, et al. *Review of GMO under Research and Development and in the pipeline in Europe*. European Commission, Joint Research Centre, European Science and Technology Observatory, Institute for Prospective Technological Studies, 2003 ; (121 p).