



Institut de France
ACADEMIE DES SCIENCES

Rapport sur la science et la technologie n°13

Les plantes génétiquement modifiées

Recommandations spécifiques aux chapitres

Ces recommandations détaillées sont reproduites également à l'issue des chapitres correspondants.

1 - Les plantes transgéniques et la recherche fondamentale : la science et la société - Marcel Kuntz (chapitre 2)

1. Dans le contexte actuel de la controverse sur les OGM, la défense effective par les pouvoirs publics de la recherche fondamentale et appliquée, y compris les essais en champs (sans exclure ceux de la recherche privée), est crucialement nécessaire. Maintenir un financement de la recherche, qui garantisse un certain niveau d'indépendance des chercheurs des organismes publics face aux impératifs économiques, est indispensable pour préserver la crédibilité de l'évaluation des risques.
2. La définition d'une déontologie de l'action des chercheurs dans un débat public tel que celui des OGM, mais également dans d'autres, apparaît utile. Cette définition préciserait notamment les limites d'une démarche scientifique qui doit se distinguer résolument d'une action militante. Un tel ensemble de règles serait susceptible de préserver et sans doute d'accroître la confiance des citoyens envers la recherche publique, à condition que ceux-ci soient associés à la définition de ces règles.
3. Les exigences démocratiques nouvelles que révèle la controverse sur les OGM montrent la nécessité des tâches nouvelles des chercheurs à l'interface science-société, parmi lesquelles les missions de communication. Il apparaît indispensable de mieux préparer les chercheurs à ces tâches

2 - La transgénèse végétale en agriculture - Georges Pelletier (chapitre 3)

- **L'enseignement et la biotechnologie végétale**

- *La génétique végétale : une leçon de choses mal enseignée*

Il manque au citoyen une vision unitaire du vivant et de l'agronomie pour que la connaissance qu'il peut acquérir par l'enseignement ou les médias sur la génétique humaine soit facilement transposée aux plantes. Le fossé se creuse entre la population urbaine majoritaire et le monde de l'agriculture et de l'élevage, entraînant une incompréhension mutuelle. On entend beaucoup parler de maladies génétiques, mais est-il normal que l'origine génétique et les modes de culture de plantes aussi importantes que le blé tendre, le maïs, la pomme de terre soit ignorée du public, des étudiants et de la plupart des biologistes eux-mêmes ? Les programmes d'éducation n'en sont-ils pas responsables ? Les manuels de sciences naturelles font l'impasse sur les procédés génétiques mis en œuvre, par un ensemble certes assez limité d'acteurs de la sélection et de la création de variétés qui ont un rôle essentiel pour assurer la production agricole.

Il est de plus en plus nécessaire que le niveau d'éducation en biologie des citoyens soit relevé dès les classes primaires. La génétique, depuis la transmission mendélienne des caractères jusqu'aux bases du fonctionnement des gènes, n'est pas conceptuellement plus difficile que le calcul élémentaire qu'on enseigne à cet âge. Il serait également assez aisé d'introduire, au moins au niveau du collège, un enseignement pratique sur la reproduction et la transformation génétique des plantes. La plante modèle *Arabidopsis thaliana* offre de ce point de vue des possibilités que nous avons déjà pu mettre en pratique avec succès avec des enfants de ce niveau.

- *Réagir face à la fragilisation de la recherche et de l'enseignement supérieur en biologie végétale*

De nombreux responsables de l'amélioration des plantes, en particulier en France, ne croyaient guère, au cours des années 80, à l'avenir des applications biotechnologiques (Rives 1984) et les investissements ont souvent été trop lents. Ce retard s'est accentué dans le secteur alimentaire avec l'opposition aux biotechnologies, qui s'est développée au cours de la même période pour envahir le champ médiatique au cours des années 90. En 1999, 95 % des docteurs en biotechnologies vivaient sur le continent américain. La situation n'a pu s'améliorer depuis. La biologie végétale appliquée se trouve par conséquent particulièrement sinistrée dans notre pays.

Une reconstruction du secteur de la formation des étudiants et des futurs acteurs, cadres et techniciens, est urgente. Il faudrait des cursus de biotechnologie végétale sur plusieurs années proposant un enseignement complet sur les aspects agronomiques et environnementaux, médicaux, industriels, techniques, juridiques et réglementaires, en étroite relation avec le secteur industriel de façon à régénérer une culture scientifique tournée vers l'action (et non plus seulement la « contemplation ») et susciter à nouveau des vocations en biologie végétale appliquée. Le redressement de cette situation nécessite un véritable plan de sauvetage pour redonner une image positive du progrès scientifique et renouveler les formations en biotechnologie végétale, en les associant étroitement à une recherche régénérée et de haut niveau, en liaison avec les entreprises.

- **Recherche et réglementation : urgences pour les pouvoirs publics**

- Le renforcement des recherches dans le secteur public

Le partage des activités d'amélioration génétique des plantes entre le secteur public et le secteur privé s'est profondément modifié ces dernières années. Globalement, ce dernier a pris une importance prépondérante pour des raisons essentiellement économiques, mais seulement sur des espèces qui offrent des possibilités de rentabiliser les investissements, tout en diversifiant ses objectifs de sélection pour réduire les intrants (moins de pesticides, moins de fertilisants, meilleure tolérance au déficit hydrique). Cependant, le progrès scientifique sur le long terme, la prise en charge de questions délaissées par le secteur privé (concernant en particulier l'amélioration génétique des espèces relativement mineures et le maintien des ressources biologiques qui lui sont associées), l'enseignement et l'apprentissage des chercheurs aptes à poursuivre une activité dont dépendent de multiples filières sont du ressort de l'action publique. On peut malheureusement constater que les moyens qui lui sont accordés sont loin d'être suffisants.

- *Une nécessaire évolution de la réglementation vers la cohérence*

La différence établie réglementairement en Europe entre plantes transgéniques et plantes « obtenues par reproduction et/ou recombinaison naturelles » n'a aucun sens sur le plan scientifique car elle s'appuie sur des différences de méthodes et non de résultats.

Deux perspectives s'offrent alors :

- aligner le niveau de contrainte de toute innovation, quelle que soit la méthode, sur celui de la réglementation actuelle. On peut être assuré alors de la disparition de la plupart des acteurs de la création variétale conventionnelle ou non, à l'exception des firmes multinationales les plus puissantes ;
- revenir à une vision sereine de la génétique appliquée et introduire, comme le recommande P. Kourilsky (Kourilsky et Viney, 2000), une classification échelonnée des interventions de l'améliorateur de plantes basées sur leur nature génétique. À un extrême de cette échelle, il n'y aurait pas lieu de réglementer l'introduction dans une variété donnée d'un allèle d'un gène déjà présent dans l'espèce ou ses apparentées. À l'autre extrême, des modifications pouvant avoir une incidence sur la santé, comme par exemple des plantes produisant des médicaments seraient évidemment soumises à la réglementation et aux mesures de confinement les plus strictes.

➤ *La nécessité des expériences en conditions agronomiques*

Une vision particulièrement étroite de la recherche scientifique en biologie fait dire à certains que s'il y a nécessité, pour le progrès des connaissances, d'étudier des organismes génétiquement modifiés en laboratoire, il est inutile de se placer en conditions naturelles, et donc qu'on peut facilement se passer d'expérimentations au champ. Les plantes vivent naturellement dans un milieu changeant qu'aucun « phytotron » n'a jamais pu reproduire. La complexité même du milieu naturel est l'élément qui détermine le comportement des réseaux de signaux et de régulation qui aboutissent à l'élaboration de la matière vivante végétale au cours de son cycle de développement. La variation extrême des proportions des substances présentes dans un organe donné suivant les conditions de culture en est une illustration perceptible. Rien ne peut remplacer l'expérimentation, à moins de se contenter d'illusions.

- **L'écoute des recommandations des organismes internationaux**

La première organisation internationale qui se soit vraiment penchée en détail sur les biotechnologies est l'OCDE qui publie en 1982, il y a vingt ans, un document «biotechnologies, tendances et perspectives internationales ». Dès cette date, l'intérêt de l'ADN recombinant pour l'amélioration des plantes était reconnu (Bull *et al.*, 1982), (voir encadré 7).

Depuis, le seul accord international, en cours de ratification, est le protocole de Carthagène adopté à Montréal par 150 gouvernements le 29 janvier 2000. Il s'agit d'un protocole de la convention sur la Diversité biologique. Il entrera en vigueur lorsqu'il aura été ratifié par cinquante gouvernements, ce qui sera probablement le cas courant 2002.

L'objectif du protocole est de réglementer les mouvements transfrontaliers des OGM ou, plus exactement, selon les termes adoptés, des OVM, organismes vivants modifiés qui pourraient avoir des effets nuisibles sur la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique, prenant aussi en compte les risques pour la santé humaine.

Le point essentiel du protocole est la procédure « d'accord préalable en connaissance de cause » qui doit être appliquée avant le premier mouvement transfrontalier d'OVM destinés à l'introduction dans l'environnement. En revanche, la procédure ne s'applique pas aux OVM en transit dans un pays, ni aux OVM destinés à une utilisation en milieu confiné ni enfin à ceux destinés à être utilisés directement pour l'alimentation humaine ou animale ou à être transformés par l'industrie agroalimentaire. En fait, elle s'appliquera essentiellement aux semences et aux plants. Il faut noter que la procédure ne s'appliquera que lors du premier mouvement transfrontalier.

Les OVM destinés à l'alimentation humaine ou animale ou à la transformation devront être clairement identifiés comme «pouvant contenir » des OVM. Ceux destinés à une utilisation en milieu confiné devront être clairement identifiés et des instructions spécifiques devront être données sur leur manutention, leur stockage, leur transport et leur utilisation avec un point de contact pour des informations complémentaires.

Enfin, dans le cas d'OVM destinés à l'introduction intentionnelle dans l'environnement, ils devront être clairement identifiés en tant qu'OVM, les caractères spécifiques devront être spécifiés ainsi que les conditions de manutention, stockage, transport, utilisation, le nom de l'exportateur et de

l'importateur. Ils devront également être accompagnés d'une déclaration indiquant que le mouvement est conforme aux exigences du protocole.

3 - Francine Casse – Les risques et la réglementation (chapitre 4)

L'Europe s'est dotée de la réglementation la plus contraignante du monde en matière de dissémination et de commercialisation des plantes transgéniques, notamment en matière de biovigilance, d'étiquetage et de traçabilité. Il faut maintenant attendre l'entrée en application des nouvelles règles (l'adoption des propositions de la Commission sur l'étiquetage et la traçabilité par le Parlement et le Conseil est envisageable pour fin 2002, la directive 2001/18 rentrera en vigueur en octobre 2002). Les questions de la valeur du seuil de présence fortuite d'OGM, de la nature des impuretés génétiquement modifiées acceptables (à savoir s'il s'agit des seuls OGM autorisés à la mise sur le marché ou aussi des OGM disséminés au titre de la recherche ou encore des OGM cultivés dans les pays tiers) seront déterminantes pour que le système fonctionne de façon acceptable au niveau international. De nombreux éléments du cadre réglementaire (sur la transparence, la traçabilité et la biovigilance) sont encore trop récents pour que l'on puisse juger de leur caractère opérationnel : **seule une pause dans l'élaboration des dispositions réglementaires** (à l'exception des textes dérivés nécessaires à l'application des textes existants) permettra de dresser un bilan de la réglementation existante.

Il conviendra ensuite d'évaluer l'efficacité des politiques publiques mises en place par ces nouvelles dispositions : la **biovigilance** nous apportera-t-elle les éléments de confirmation sur l'innocuité des OGM qui permettront de vider la controverse de ses considérations pseudo-scientifiques si souvent plus proches de la science-fiction que de la réalité concrète ? La **traçabilité** aura-t-elle vraiment permis le développement de filières OGM et non-OGM ou bien aura-t-elle définitivement cantonné l'utilisation d'OGM à des filières marginales et intégrées ? La **transparence** aura-t-elle enfin permis de favoriser la compréhension mutuelle des acteurs et donc d'apaiser les tensions ou bien aura-t-elle conduit à une radicalisation empêchant en Europe toute culture d'OGM, fût-ce dans un cadre légal et même à des fins expérimentales ? Il serait nécessaire d'**établir rapidement un bilan détaillé, sans hésiter à réformer ce qui n'aura pas correctement fonctionné.**

Enfin, pour que l'on puisse évaluer le bien fondé de la réglementation, encore faudrait-il qu'elle soit mise en œuvre ! Les décisions doivent s'inscrire dans un projet public cohérent, décidé, annoncé, et maintenu. Il faudrait que les pouvoirs publics adoptent une attitude ferme et s'y tiennent, notamment :

- sur les questions de seuil de présence fortuite d'OGM dans des semences conventionnelles ;
- sur le maintien de l'ordre public autour des disséminations d'expérimentales d'OGM.

Si la situation perdure, le risque imminent est :

- de bannir définitivement les OGM du sol européen ;
- de bannir ce faisant tout échange commercial de semence et de matière agricole avec les pays où se cultivent des OGM.

Le risque est aussi de stériliser durablement la recherche et l'innovation en France.

Il faudrait également mieux mesurer les conséquences, à long terme et hors de l'hexagone, induites par les attitudes actuelles vis-à-vis d'une technologie dont la plupart des pays du globe, qu'ils soient développés ou en voie de développement, sont largement utilisateurs et demandeurs. Avec l'entrée en vigueur de la nouvelle réglementation, il n'y a **aucune raison objective de prolonger un moratoire** (dépourvu de fondement juridique) **sur les autorisations de commercialisation d'OGM.**

4 - Alain Weil – Les pays en développement (chapitre 5)

Nous faisons nôtre la philosophie du groupe de travail du Commissariat général du plan (CGP, Chevassus-au-Louis, 2001) qui recommande de « proposer aux pays du Sud un partenariat respectueux de leur souveraineté ». Cet objectif général peut se décliner en un certain nombre de mesures concrètes :

- aider les pays à définir et mettre en œuvre leur propre politique, grâce à des actions de formation scientifique et réglementaire, à un soutien institutionnel (organismes de recherche, commission du génie biomoléculaire, laboratoires de contrôle), à la création d'un réseau d'expertise collective pour l'aide à la décision ;
- mettre au service d'un grand projet pilote judicieusement choisi les moyens nécessaires pour tenter de démontrer l'utilité du génie génétique au service des populations défavorisées, en abordant toutes les facettes du problème. Un tel projet devra être conçu en partenariat avec un ou des pays du Sud et probablement un, ou des, acteur(s) industriel(s) ;
- renforcer les recherches visant à accroître les connaissances indispensables à l'évaluation des risques dans des contextes tropicaux, par exemple en dynamique des populations ;
- susciter une initiative internationale pour éviter que la propriété intellectuelle ne constitue un frein à des utilisations d'intérêt général dans des domaines non marchands (code de bonne conduite pour les détenteurs des droits, aide à la négociation pour les pays du Sud, mise en commun des brevets, ou plus généralement réforme de l'octroi des brevets sur le vivant et homogénéisation de la pratique des offices qui les délivrent, ce qui dépasse largement le champ des pays en développement) ;
- formaliser une charte d'éthique sur les questions de biotechnologie qui s'appliquerait aux organismes de recherche publics dans leurs rapports avec les pays en développement ;
- porter, dans toute la mesure du possible, chacune des propositions précédentes au niveau européen.

6 - Claude Gaillardin – Les levures transgéniques : outils pour l'agroalimentaire, l'industrie chimique et la pharmacie (chapitre 6)

Le développement des outils de génétique moléculaire permet désormais l'amélioration de levures jusqu'ici réfractaires aux approches de génétique classique : souches industrielles de *Saccharomyces*, espèces non *Saccharomyces*. Mal connues, ces levures sont riches de promesses pour la production de protéines à usage industriel ou thérapeutique, de métabolites divers ou de précurseurs pour la chimie fine. Il reste par ailleurs de nombreuses voies à explorer pour mieux cerner la physiologie des souches utilisées dans les fermentations traditionnelles et les optimiser. On compte cependant sur les doigts d'une main les équipes qui en France étudient ces levures par des approches de génétique moléculaire. Il est paradoxal de constater que, alors que les outils sur ces organismes se multiplient, la génétique des Fungi non *S. cerevisiae* est dans l'ensemble en perte de vitesse : elle doit faire l'objet d'une attention particulière et être encouragée, tant dans les organismes publics de recherche que dans l'enseignement supérieur.

On notera pour finir que les génomes petits (de l'ordre de 15 Mb) et denses de ces organismes se prêtent bien aux analyses de génomique comparée et au développement d'approches post-séquençage. Cinq ans après la fin du séquençage du génome de *S. cerevisiae*, plusieurs projets de séquençage de génomes fongiques ont récemment été annoncés (voir le projet «Génolevures » en France, ou les projets du Whitehead annoncés pour 2002). La fin des premiers grands projets de séquençage (homme, *Arabidopsis*, drosophile) libère en effet des capacités de séquençage importantes dont bénéficient entre autres les eucaryotes à petits génomes. Il faut encourager l'essor, à partir de la communauté des levuristes français, une des plus dynamique d'Europe, de thématiques qui valoriseront ces données de séquençage massif et permettront de mieux appréhender la diversité des levures.