



AgEcon SEARCH

RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

No endorsement of AgEcon Search or its fundraising activities by the author(s) of the following work or their employer(s) is intended or implied.

L'avenir des biotechnologies dans l'agriculture et l'agro-alimentaire

Guy Paillotin

Citer ce document / Cite this document :

Paillotin Guy. L'avenir des biotechnologies dans l'agriculture et l'agro-alimentaire. In: Économie rurale. N°192-193, 1989. Les nouvelles technologies : quels impacts sur l'agriculture et l'agro-alimentaire ? Colloque des 21 et 22 septembre 1988, organisé par Sylvie Bonny (INRA) et Jean-Pierre Roubaud (Ministère de l'Agriculture) pp. 18-22;

doi : <https://doi.org/10.3406/ecoru.1989.3983>

https://www.persee.fr/doc/ecoru_0013-0559_1989_num_192_1_3983

Fichier pdf généré le 08/05/2018

Abstract

Biotechnology constitutes a scientific and technological revolution because we now have the ability to analyse and intervene at a molecular level which opens a lot of prospects (e.g. gene transfer, selection of quality products on the basis of genetic characteristics, reagents which use the ability to recognize forms of certain molecules, etc.). At an economic level, biotechnology renews existing activities (in different ways depending upon the structure of the sector) rather than creating new activities ; it follows the technical progress of the last thirty years while incorporating technological changes : new methods of selection, creation of modified living beings by gene transfer, appearance of new technological procedures, etc. But the end user of biotechnology is not always conscious of making use of it because it is embodied in already existing products.

Résumé

Les biotechnologies constituent une révolution de nature scientifique et technologique du fait des possibilités d'analyse et d'intervention au niveau moléculaire, qui ouvrent de nombreuses perspectives (par exemple transfert de gène, sélection de produits de qualité à partir de caractéristiques génétiques, réactifs utilisant le pouvoir de reconnaissance de forme de certaines molécules, etc). Au niveau économique les biotechnologies diffusent en nappe dans un ensemble économique déjà installé, de façon différenciée selon la structure du milieu, plutôt qu'elles ne créent de nouvelles activités ; elles s'insèrent ainsi dans la continuité du progrès technique des trente dernières années, mais avec des ruptures technologiques : nouvelles méthodes de sélection, création d'êtres vivants modifiés par transgénose, apparition de nouvelles filières technologiques, etc. L'utilisateur final des biotechnologies n'a pas toujours conscience de les mettre en œuvre puisque elles sont souvent incorporées dans des produits déjà existants.

L'AVENIR DES BIOTECHNOLOGIES DANS L'AGRICULTURE ET L'AGRO-ALIMENTAIRE

Guy PAILLOTIN*

Résumé :

Les biotechnologies constituent une révolution de nature scientifique et technologique du fait des possibilités d'analyse et d'intervention au niveau moléculaire, qui ouvrent de nombreuses perspectives (par exemple transfert de gène, sélection de produits de qualité à partir de caractéristiques génétiques, réactifs utilisant le pouvoir de reconnaissance de forme de certaines molécules, etc). Au niveau économique les biotechnologies diffusent en nappe dans un ensemble économique déjà installé, de façon différenciée selon la structure du milieu, plutôt qu'elles ne créent de nouvelles activités ; elles s'insèrent ainsi dans la continuité du progrès technique des trente dernières années, mais avec des ruptures technologiques : nouvelles méthodes de sélection, création d'êtres vivants modifiés par transgénose, apparition de nouvelles filières technologiques, etc. L'utilisateur final des biotechnologies n'a pas toujours conscience de les mettre en œuvre puisque elles sont souvent incorporées dans des produits déjà existants.

Summary :

THE FUTURE OF BIOTECHNOLOGY IN AGRICULTURE AND FOOD SECTOR

Biotechnology constitutes a scientific and technological revolution because we now have the ability to analyse and intervene at a molecular level which opens a lot of prospects (e.g. gene transfer, selection of quality products on the basis of genetic characteristics, reagents which use the ability to recognize forms of certain molecules, etc.). At an economic level, biotechnology renews existing activities (in different ways depending upon the structure of the sector) rather than creating new activities ; it follows the technical progress of the last thirty years while incorporating technological changes : new methods of selection, creation of modified living beings by gene transfer, appearance of new technological procedures, etc. But the end user of biotechnology is not always conscious of making use of it because it is embodied in already existing products.

LA VRAIE NATURE DES BIOTECHNOLOGIES

Parmi les technologies dont l'agriculture et l'agro-alimentaire peuvent tirer profit, il y a, à l'évidence, les biotechnologies. Il faut cependant dire immédiatement qu'il serait dangereux de leur donner une priorité excessive voire exclusive et d'ignorer d'autres technologies dont les apports ne seront pas des moindres (électronique, informatique, productique, ...). Mais enfin, dans le cadre de ce séminaire, il me fallait faire un choix et si mon choix s'est porté sur les biotechnologies, c'est pour trois raisons au moins : le périmètre de ma compétence propre, la part du biologique dans les métiers de l'agriculteur et du transformateur, le caractère non trivial et par là-même exemplaire de la diffusion des biotechnologies dans le tissu socio-économique. S'agissant de ce dernier point je souhaiterais, d'entrée de jeu, exprimer trois idées :

- Dans l'immédiat et à quelques exceptions remarqua-

bles près, il n'y aura pas création de nouvelles industries grâce aux biotechnologies. J'emprunte cette idée à M. Sautier qui l'a exposée dans son récent rapport. Ce que nous voulons dire par là, c'est qu'il n'apparaîtra pas sur le marché de nouveaux produits "grand public" comme c'est le cas pour l'électronique. Bien sûr il existe des firmes de biotechnologies mais elles vendent surtout, difficilement parfois, de la recherche. Il existe également le créneau intéressant des bioréactifs. On doit enfin encourager les efforts dans le domaine de la nutrition humaine qui visent justement à créer de nouveaux produits... Mais pour l'essentiel, les biotechnologies diffusent "en nappe" dans un ensemble économique déjà installé. Le corrolaire immédiat est le suivant : l'essor des biotechnologies dans la filière agro-alimentaire dépendra fortement de la structure de celle-ci et ne se fera guère par la création de structures totalement originales.

- La vraie révolution des biotechnologies est de nature

* Directeur Général Adjoint chargé des questions scientifiques à l'INRA lors de la tenue du colloque, actuellement Administrateur Général Adjoint au CEA.
Résumés des organisateurs du colloque.

scientifique voire conceptuelle. On peut en effet étendre la notion de diffusion d'éléments de nouveauté dans un système pré-existant aux sciences biologiques elles-mêmes. Contrairement à des idées qui sont exprimées ici ou là, il n'y a pas deux types de biologies. La biologie moderne n'a pas rendu obsolètes les plantes, les animaux ou les micro-organismes. Elle en a permis une meilleure connaissance qui débouche sur de réelles applications. Aujourd'hui en biologie, la science peut impulser la technique voire la piloter.

- **Les acquis scientifiques permettent effectivement la mise en œuvre de "biotechniques" nouvelles.** Le bras séculier de la science existe bien et gagne de la force, année après année, avec l'introduction de techniques performantes. Nous aurons l'occasion d'y revenir par la suite.

Sans chercher à être exhaustif, je vais revenir sur les trois idées que je viens d'énoncer.

LA SPÉCIFICITÉ DE LA FILIÈRE AGRO-ALIMENTAIRE

Bien sûr cette spécificité est polymorphe et ne saurait être cernée en quelques mots. Pour notre propos actuel nous citerons deux éléments qui doivent retenir l'attention :

- Les produits de la filière agro-alimentaire ne sont pas dans la plupart des cas, des produits à haute valeur ajoutée contrairement à ce qui est observé dans l'industrie pharmaceutique. Pourtant ces produits sont biologiquement complexes (plantes, animaux, aliments,...) et doivent être sans effets nocifs aussi bien sur l'environnement que sur la santé humaine. Tout cela pose le problème du coût des recherches, du terme de leurs retombées, de la protection des résultats et de la sécurité de leur exploitation.

- La filière agro-alimentaire comporte de nombreux acteurs très différents. Ceci est vrai lorsqu'on passe de l'agro-fourmiture aux producteurs et à la transformation, mais ceci est également vrai dans l'ensemble de chacun de ces secteurs. Or les impacts des biotechnologies peuvent remettre en cause le rôle respectif et la position de ces acteurs. Certains exemples sont bien connus : rôle des semenciers et de l'industrie chimique ; part de la qualité mise en œuvre par la transformation ou par la production ;...

LA RÉVOLUTION SCIENTIFIQUE ET SES CONSÉQUENCES TECHNIQUES

L'essor nouveau des biotechnologies est avant tout le résultat des remarquables percées scientifiques réalisées en biologie fondamentale depuis la fin de la seconde guerre mondiale. La biologie moléculaire — puisque c'est d'elle qu'il s'agit — a totalement renouvelé notre approche du vivant. On sait aujourd'hui qu'un organisme est une véritable "cité moléculaire". Elle comporte ses usines, ses moyens de transport et de communication, ses forces de défense,... Pourtant quelle que soit l'étonnante organisation de cette cité, elle n'est peuplée que de citoyens moléculaires qui n'ont donc pas une intelligence propre de leur fonction. De plus l'architecture de ces ensembles et de leur économie est enregistrée dans un code également moléculaire dont les mécanismes de lecture ont un caractère universel.

Cette analyse moléculaire de la vie, qui a maintes fois prouvé sa pertinence, fournit des bases rationnelles et non anthropocentriques pour la description du fonctionnement des êtres vivants. Certes les systèmes biologiques auxquels on est confronté dans l'agriculture et l'agro-alimentaire sont complexes. Mais si complexes soient-ils, il sera souvent possible d'identifier une ou quelques molécules-clés sur lesquelles on pourra alors concentrer divers moyens d'intervention. Capacité de rationalisation et d'intervention voilà ce qu'apporte la biologie moderne. Il n'est pas inutile d'illustrer ce propos par quelques exemples :

1. Il convient, bien sûr, de rappeler les perspectives ouvertes par le caractère universel du code génétique. Il est, en effet, envisageable, lorsqu'on a repéré dans un organisme donné un gène codant pour une fonction jugée utile, de transférer ce gène dans un autre organisme pour le doter de cette fonction dont il était naturellement démuné. C'est ce qu'on appelle la transgénèse. Il faut bien entendu pouvoir caractériser et repérer ce gène, le clôner, disposer d'un "vecteur" qui puisse le "porter" jusqu'au génôme de l'hôte, que ce nouveau gène soit transmissible à la descendance de l'individu transformé et qu'il s'exprime convenablement. Ces diverses étapes délicates sont de mieux en mieux maîtrisées pour les végétaux et des progrès substantiels sont accomplis sur des animaux domestiques. Le génie génétique est donc progressivement en capacité de lever toutes les "barrières biologiques".

2. Pour l'agriculture, aux soucis quantitatifs de rendement, s'ajoutent mais ne se substituent pas des impératifs de qualité. Prenons par exemple le cas de la qualité de la viande. Le consommateur ne juge pas cette qualité dans l'absolu, il compare en fait la qualité d'une viande par rapport à d'autres ou par référence à une qualité dont il a un souvenir. Sur le plan biologique il teste en fait différentes catégories de muscles. Or la nature en a certes "inventé" plusieurs catégories, mais pas une infinité. Il y a donc des chances pour qu'une différence de qualité soit liée à une variation discrète d'une structure biologique du muscle et donc à une modification d'un ou de quelques gènes. C'est bien ce qu'on semble observer. Dès lors il va être possible de typer, et ceci très précocement, l'aptitude d'un animal ou de sa descendance à fournir une viande de qualité. On pourra mettre en œuvre des méthodes de sélection, assistées par des diagnostics moléculaires et par conséquent économes en temps. Une telle situation se rencontre de plus en plus fréquemment : qualité du lait, qualité des blés, résistance aux maladies aussi bien pour les végétaux que les animaux, prolificité,...

Mais d'un autre côté, on imagine assez bien intuitivement que la quantité de viande ou de lait produite par un animal dépendra de nombreux paramètres d'environnement, donc de nombreuses réactions génétiques à de multiples sollicitations. La seule voie de progrès dans ce cas sera dans la gestion méthodique d'une population d'individus pour en améliorer la performance d'ensemble et ceci grâce à la génétique quantitative.

On voit dans ces exemples qu'il faut ajuster sa stratégie à la nature biologique du problème concret qui est posé mais que la biologie moderne permet de mieux asseoir les choix.

3. Même si la filière agro-alimentaire est généralement confrontée à des organismes complexes, l'utilisation

directe d'enzymes a un intérêt évident dans la transformation. Aux techniques de séparation et de purification sans cesse plus performantes s'ajoutent des méthodes biologiques de production de protéines. Ayant un gène codant pour une protéine utile, l'objectif consiste à trouver le meilleur hôte possible pour obtenir, grâce à l'expression de ce gène, la protéine en quantité et séparable facilement.

A cet égard, les modèles qu'offrent les biotechnologies agro-alimentaires peuvent être d'un grand intérêt, non seulement dans leur domaine propre mais également dans d'autres secteurs économiques (expression de baculovirus dans des cellules d'insectes, cellules mammaires...). En association avec le génie génétique, des techniques structurales physico-chimiques permettent de remodeler des protéines pour les rendre plus opérationnelles dans les procédés industriels. Le développement du "génie enzymatique" est de ce fait large de promesses pour l'industrie agro-alimentaire.

4. Si les molécules-clés sont bien souvent des gènes ou leurs produits — les protéines —, d'autres cibles ont une très grande importance. C'est évidemment le cas des antigènes qui induisent la réponse du système immunitaire et dont la connaissance précise au niveau moléculaire permet l'élaboration de vaccins synthétiques agissant contre des pathogènes ou même contre des hormones. De façon analogue, bien que les mécanismes soient différents, on arrive à induire des réactions de défense chez les végétaux (éliciteurs).

La maîtrise des messagers moléculaires qui assurent les échanges d'information entre cellules, entre organes, entre organismes différents offre également bien des applications : maîtrise de la reproduction sexuée, maîtrise du développement, contrôle des symbioses, "manipulation" chimique du comportement des insectes.

5. En dehors des techniques que nous avons déjà évoquées, génie génétique, génie enzymatique, vaccination, les biotechnologies ont permis d'élaborer des réactifs qui mettent en jeu les étonnants pouvoirs de "reconnaissance de forme" qu'ont certaines molécules biologiques.

Ainsi chacun connaît maintenant les performances des anticorps monoclonaux et des sondes nucléiques. Il faut ajouter, pour être complet dans ce domaine des techniques, qu'une instrumentation de plus en plus élaborée permet au biologiste de s'attaquer à des problèmes pratiquement inaccessibles il y a dix ans. Il est de plus en plus aisé aujourd'hui de trier des cellules, des chromosomes, de séquencer des protéines, des gènes, de faire des cartes de restriction, des électrophorèses bi-dimensionnelles, de déterminer des structures moléculaires.

Je ne voudrais pas conclure ce paragraphe sans rappeler que des techniques plus traditionnelles demeurent essentielles pour le développement des biotechnologies et qu'elles sont d'ailleurs rênovées par les apports de la biologie moderne. Nous songeons ici à toute la sélection génétique, aux vitro-méthodes végétales et animales, à la microbiologie.

LES IMPACTS ÉCONOMIQUES DES BIOTECHNOLOGIES

Prévoir les conséquences économiques des biotechnologies est en fait extrêmement difficile. Dans son rapport

déjà cité, M. Sautier montre bien que les instituts internationaux de prospective formulent des pronostics extrêmement variés puisqu'ils s'inscrivent dans une fourchette qui s'étend, en ratio, de 1 à 60 (!). La plus grande incertitude est justement le fait des prévisions qui concernent l'agriculture. Il n'y a, à cela, rien d'étonnant. Comme nous l'avons déjà dit, les biotechnologies renouvellent des activités existantes plutôt qu'elles n'en créent de nouvelles. Il est dès lors bien difficile de cerner la nouveauté lorsqu'elle s'insère aussi subtilement dans la tradition. D'ailleurs les premières applications de la biologie moderne se situent effectivement dans le droit fil des succès passés. L'amélioration des plantes, la sélection animale ont, pour construire leurs progrès, des outils qui pour ne pas être jugés bien nouveaux (souvent à tort) n'en restent pas moins extrêmement performants. Chez les végétaux il faut s'attendre à la création de nouveaux hybrides (colza, blé) plus performants, à la création de variétés mieux adaptées à nos conditions de production (soja). Chez les animaux la reproduction "assistée" continue à faire des progrès (ovins, caprins) tandis que la manipulation de la ploïdie est exploitée chez les poissons (truites triploïdes). Les vitro-méthodes pénètrent tout le champ des productions végétales (et notamment forestières) au point qu'on envisage la création de semences artificielles. Les avancées "classiques" de la microbiologie ont des retombées en agronomie (fixation de l'azote, texture des sols...) comme en agro-alimentaire. Le génie enzymatique et le génie industriel agro-alimentaire fournissent, année après année, de nouvelles solutions techniques pour rendre les procédés industriels plus efficaces et plus économiques (amylases thermostables, protéases, nouveaux capteurs et automatisation, etc.). De nouvelles enzymes sont trouvées qui ouvrent des voies industrielles originales (ligninases par exemple).

Il faut se rendre à l'évidence, même si cela choque notre soif de sensationnel, qu'une grande part des apports des biotechnologies s'opérera dans la continuité du progrès technique enregistré sur ces trente dernières années. Cette continuité sera néanmoins associée à de multiples ruptures technologiques qu'on peut tenter d'inventorier.

1. Les réactifs et les vaccins

Finalement les seules firmes de biotechnologie, qui, aux Etats-Unis, vivent à peu près convenablement, sont celles qui, en dehors de la recherche, vendent des produits. Et ces produits sont des réactifs. Les anticorps monoclonaux permettent d'identifier n'importe quelle molécule à l'état de trace et constituent autant de méthodes de diagnostic : détection d'additifs en agro-alimentaire, détection de pathogènes, tests de dégustation, etc. Le contrôle de la qualité sera de plus en plus à la portée du producteur et du consommateur. Il y a là la possibilité d'un grand changement du comportement des partenaires économiques.

Les sondes "nucléiques" également très précises, permettent d'identifier sur quelques cellules la présence ou l'absence d'un gène "stratégique". Elles auront donc dans l'avenir un rôle déterminant en sélection et pour la détection de certains pathogènes (sexage des embryons, repérage d'animaux ou de végétaux de qualité,...). Les hormones ne sont pas à proprement parler des réactifs mais elles en jouent le rôle pour l'utilisateur sur le terrain. Leur maîtrise sans cesse approfondie ouvre des champs d'appli-

cation importants. On songe en premier lieu à l'hormone de croissance ou à ses précurseurs. Grâce à l'utilisation des hormones, l'utilisation intensive des possibilités du vivant est tout à fait permise et ceci sans les risques d'altération de la qualité qu'on se plaît à mettre en avant. Le végétal n'est pas exclu de cette approche : maîtrise de l'in-vitro, régulateurs de croissance, éliciteurs, ... Les vaccins de nouvelle génération sont déjà exploités ou au moins exploitables. Certains sont d'ailleurs issus du génie génétique (vaccin antirabique). Actuellement, à côté de la lutte contre les maladies, on assiste à la naissance d'une vaccination "contre nature" dont l'exemple le plus récent est à prendre dans la "santé" humaine : vaccin anti-grossesse. Bref les applications les plus marquantes des biotechnologies se situent au niveau de l'exploitation des propriétés des molécules biologiques elles-mêmes. Nous assisterons au triomphe de l'ingénierie biochimique.

2. L'essor de la microbiologie

Sans aller jusqu'à l'exploitation de micro-organismes modifiés, on peut s'attendre à de nombreuses retombées de la microbiologie classique revue au travers de la biologie moderne : nouveaux levains dans l'industrie agro-alimentaire, nouveaux procédés (champignons filamenteux notamment), traitements des sols, écologie microbienne du tube digestif, endophytes, protection des semences, bactéries anti-gel, ... Le deuxième axe de l'application des biotechnologies se situe dans une tradition bien pasteurienne : l'exploitation raisonnée des potentialités de nos auxiliaires privilégiés : les micro-organismes.

3. L'aide à la sélection

Nous avons déjà beaucoup parlé de cet aspect des biotechnologies : vitro-méthodes, sondes nucléiques, cartes de restriction, tout cela contribue à accélérer et à rationaliser de façon nouvelle la sélection génétique. Gagner quelques années dans ce domaine est extrêmement important sur le plan économique. C'est une perspective tout à fait réaliste aujourd'hui. Dans le même temps les réactifs biologiques dont nous avons déjà parlé permettent d'authentifier la qualité d'une semence ou d'un embryon, voire d'en situer les risques d'exploitation. Dans l'avenir le potentiel génétique d'un animal ou d'une variété sera contrôlable et identifiable. Cela remettra en question les principes qui gouvernent la propriété industrielle dans le domaine de la génétique.

4. Le génie enzymatique

Les enzymes sont déjà très exploitées dans l'industrie agro-alimentaire. C'est un secteur qui doit profiter largement des apports de la biologie moderne et des progrès des méthodes de séparation et de purification. L'utilisation d'enzymes améliorés (thermostable, pH-résistant) d'enzymes fixés, d'enzymes en solution non aqueuse, se développera au travers de procédés industriels nouveaux (industries agro-alimentaires, dépollution, lutte contre la corrosion, filière bois et papier, ...). Des enzymes recombinants ont déjà été obtenus, élargissant ainsi la palette des moyens mis à la disposition des industriels (chymosine, lipase, ...).

5. La chimie

Le pilotage d'un écosystème passe par des interventions

qui lui sont extérieures et la chimie reste l'outil privilégié de telles interventions. Il est clair que notre connaissance accrue des règles du monde vivant améliorera l'efficacité des chimistes pour protéger les cultures (nouveaux herbicides, fongicides, bactéricides, insecticides, facteurs de croissance), améliorer les sols (facteurs nutritifs, pilotage de la symbiose...), proposer des analogues en agro-alimentaire (édulcorants, arômes, ...). Le "tout biologique" est une erreur conceptuelle. Une bonne part du progrès en agriculture et dans l'agro-alimentaire sera le fruit d'une conjugaison de la biologie et de la chimie. Il en sera de même d'ailleurs pour l'exploitation à des fins non alimentaires de la production agricole.

6. Les transgénoses

La création de nouveaux êtres vivants par transgénose est à l'évidence la voie royale des biotechnologies. Nous ne la situons pas en première ligne des applications à venir par simple réalisme, mais il ne faudrait pas croire que des barrières technologiques insurmontables soient dressées sur cette route. Des plantes transgéniques poussent expérimentalement dans des champs, des animaux transgéniques ont été obtenus (à de rares exemplaires, il faut le dire, sauf pour la souris dont l'utilité économique n'est pas absolue), la transformation de micro-organismes pose peu de problème mais leur utilisation beaucoup. Grâce aux manipulations génétiques nous disposons d'une réserve de connaissances scientifiques et techniques qui nous reste à exploiter. De là les espoirs et les désillusions que cette réserve entretient. Rappelons que chez les végétaux la transgénose autorise tout ou presque tout, au moins théoriquement : création de plantes résistantes aux herbicides, à des pathogènes, à des prédateurs, à la sécheresse, amélioration de la qualité des protéines de réserve, manipulation de la couleur des fleurs...

Chez les animaux les résultats sont pour l'instant moins spectaculaires faute de vecteurs très efficaces et parce qu'on ne dispose pas de l'atout de la totipotence des cellules végétales. En attendant de nouveaux progrès dans ce domaine, les laboratoires repèrent et isolent de nombreux gènes utiles : gènes déterminant la qualité de la viande et du lait, hormone de croissance, résistance aux maladies, etc.

7. Les nouvelles filières technologiques

Entre le résultat acquis au laboratoire et l'application réaliste au champ ou dans l'étable il y a une distance non négligeable. On peut s'en désespérer ou y trouver du réconfort, on peut aussi exploiter cet espace pour créer de nouvelles filières technologiques. Cette option a toute chance de se révéler positive dans de nombreux cas : production de protéines avec les cellules d'insectes, dans les glandes mammaires, produits à forte valeur ajoutée synthétisés chez les plantes ou dans les fermenteurs à partir de productions agricoles... Les perspectives existent, elles ne sont nullement illusives... Par contre les marchés sont relativement étroits.

En conclusion de cette analyse de l'impact des biotechnologies dans la filière agro-alimentaire, je voudrais une fois de plus insister sur l'originalité de la révolution que nous vivons. La biologie moderne fait son œuvre en profondeur et provoque un changement très profond des techniques et procédés mis en œuvre dans les industries de l'agro-fourriture et de la transformation. L'utilisateur final de toutes ces innovations, l'agriculteur ou le consommateur, bénéficiera naturellement des progrès ainsi accomplis, mais il ne sera pas lui-même, sauf exception, un "bio-

technologue". On s'écarte ici assez nettement des modèles du machinisme agricole ou de l'informatique. La biologie reste encore aujourd'hui une affaire de techniciens soutenue par des investissements très lourds. Mais s'il n'est pas appelé à être en "prise directe" avec les biotechnologies, l'utilisateur final doit en comprendre le bon usage s'il veut garder son autonomie. Il y a là tout un champ nouveau à aborder au niveau de la formation et pour la mise en œuvre d'outils performants d'aide à la décision.