

Biotechnologies végétales : évolution et implications

S. S. Filho

Introduction

Biotechnologies végétales : caractéristiques générales

Implications du processus

Incidences pour les pays latino-américains

Le cas du Brésil

Introduction

Les biotechnologies sont de plus en plus incorporées aux stratégies concurrentielles des grandes firmes de la chimie, de la pharmacie, des industries alimentaires et des semences. En conséquence, les relations entre le secteur public et le secteur privé deviennent plus étroites, parce que ce dernier veut avoir accès à la connaissance engendrée dans les institutions publiques et souhaite voir une part importante des risques de l'investissement en recherche biotechnologique rester à la charge du secteur public. Toutefois, les longs délais nécessaires à la rentabilisation de ces investissements et la grande incertitude relative aux possibilités de commercialisation font que le développement des biotechnologies se déroule encore largement dans le secteur public. Cela est particulièrement vrai pour les biotechnologies végétales.

Biotechnologies végétales : caractéristiques générales

Le secteur agro-alimentaire est moins attrayant, à court terme, pour les investissements en biotechnologies que le secteur pharmaceutique. Ses produits ont, en général, une valeur ajoutée moindre ; ils proviennent d'organismes biologiquement plus complexes et posent des problèmes

de propriété industrielle plus difficiles à résoudre (Pailloton, 1988). Le problème principal réside toutefois dans les stratégies concurrentielles des entreprises industrielles.

Par exemple, dans le domaine de la résistance aux herbicides, il est beaucoup moins coûteux pour les entreprises impliquées d'adapter une plante à un herbicide que de mettre au point un nouveau produit. Les coûts pour sélectionner une nouvelle variété résistante sont estimés à \$ 2 millions environ, tandis qu'un nouvel herbicide demande un investissement de l'ordre de \$ 40 millions. Ce n'est donc pas un hasard si parmi les 10 compagnies qui contrôlent le marché mondial des semences, 8 sont aussi impliquées dans celui des herbicides, et si les 10 plus grandes compagnies d'agrochimie interviennent sur le marché des semences. La valeur de ce dernier est estimée à \$ 3 milliards vers le milieu des années 90 et à \$ 6 milliards à la fin du siècle (GEBM, 1988). Cela indique qu'en dépit des difficultés d'ordre technico-scientifique relatives au développement de la biologie moléculaire des plantes, les stratégies des grands groupes industriels déterminent l'évolution future des biotechnologies végétales. Cela paraît d'autant plus vrai que la sélection de plantes résistantes aux herbicides, en tant que stratégie concurrentielle, n'aura pas seulement recours à des techniques intermédiaires, mais aussi au génie génétique. C'est ainsi que la compagnie Calgene Inc. a obtenu des plants de tabac transgéniques, résistants à l'herbicide Bromoxinyl, à la suite de l'introduction d'un gène chimérique qui permet à la plante de synthétiser une enzyme qui neutralise l'action phytotoxique du produit (*Biofutur*, janvier 1990). La société belge Plant Genetic Systems a aussi réussi à transférer les gènes de résistance à la phosphinotricine chez la betterave sucrière, la tomate, la pomme de terre et le tabac (*Biofutur*, janvier 1990). Monsanto Co. (USA) a obtenu, par génie génétique, des plants de cotonnier et de tomate résistants à son herbicide « Round up ». La commercialisation de ces variétés transgéniques est prévue vers le milieu des années 90 (GEBM, 1989). Voir tableau 1.

Dans le domaine de la résistance aux insecticides, des recherches sont faites pour trouver des produits de remplacement ; d'où l'intérêt de la sélection de plantes rendues résistantes, par génie génétique, aux insectes, mais aussi à des micro-organismes pathogènes. Une cinquantaine de firmes paraissent attirées par ce domaine : de grandes compagnies comme Abbot Laboratories, Sandoz A.G., Shell, Monsanto Co. et ICI Ltd., et de nouvelles entreprises de biotechnologie (NEBs) comme Ecogen et Mycogen. Le marché est estimé à quelque \$ 20 ou 30 millions et, pour le moment, les dépenses de recherche-développement (R&D) sont supérieures aux ventes à cause des longs délais d'aboutissement des projets en cours. C'est à cause de ces risques économiques et de ces

Tableau 1. Compagnies et institutions effectuant des recherches sur la résistance des plantes aux herbicides

Compagnie	Contractant	Herbicide	Culture
Allelix		Atrazine	Colza
ARCO (PCRI)	Heinz	Atrazine	Tomate
Biotechnica Inc.		Atrazine	Soja
Calgene Inc.		Perenmedipham	
Calgene Inc.		Glyphosate	Cotonnier et maïs
Calgene Inc.	Rhône-Poulenc	Bromoxinyl	Tournesol
Calgene Inc.	Kemira-Oy.	Glyphosate	Colza
Calgene Inc.	Nestlé	Atrazine	Soja
Calgene Inc.	Campbell's	Glyphosate	Tomate
Calgene Inc.	Dekalb-Pfizer	Glyphosate	Maïs
Calgene Inc.	Coker's Seed Co.	Glyphosate	Tabac
Calgene Inc.	PhytoGen	Glyphosate	Cotonnier
DuPont		Chlorosulfuron	Tabac
DuPont		Sulfometuron	
Mobay (Bayer)		Metribuzine	Soja
Molecular Genetics	American Cyanamid	Imidazolinone	Maïs
Monsanto Co.		Glyphosate	
Phyto-Dynamics		Trifluraline	Maïs
Shell		Atrazine	Maïs
Cornell University		Triazines	Maïs
Harvard University		Atrazine	Soja
Louisiana State University		Glyphosate	
Michigan State University		Atrazine	Soja
Rutgers University		Triazines	
University of Alabama		Atrazine	
University of California (Davis)		Sulfometuron	Tournesol
University of Guelph (Ontario, Canada)		Atrazine	Colza
U.S. Department of Agriculture (Agricultural Research Service)		Metribuzine	Soja
U.S. Forest Service		Glyphosate	Espèces forestières
Ciba-Geigy AG		Atrazine	
Plant Genetic Systems	Hoechst A.G.	Basta	

Source: Kloppenburg J. R. 1988. *First the seed*. Cambridge, Cambridge University Press.

délais que ce type de recherche reçoit plus d'attention sur le plan institutionnel. Au Japon, par exemple, le Ministère de l'industrie et du commerce (MITI) met au point un projet de recherche d'une durée de

10 ans sur les phéromones et autres messagers chimiques, en y investissant quelque \$ 65 millions (*Biofutur*, septembre 1989).

Les orientations de la recherche relatives à la résistance aux herbicides et au contrôle biologique des maladies ne sont en rien contradictoires du point de vue des stratégies concurrentielles : en effet, les entreprises cherchent d'un côté à stimuler des marchés très prometteurs, celui des herbicides, et, de l'autre, à agir dans des secteurs qui offrent déjà des perspectives technologiques pour entretenir ou créer des marchés.

La production de semences artificielles constitue un autre domaine intéressant pour les stratégies concurrentielles. L'isolement et la mise en capsule des embryons somatiques peuvent aussi apporter de profonds changements dans le marché des semences. On peut, en effet, espérer étendre l'utilisation des variétés hybrides à d'autres cultures que le maïs, car de tels embryons pourraient résulter de fusions interspécifiques ; d'autre part, le problème de la propriété industrielle se trouve résolu en raison de la protection naturelle des hybrides.

Mais ces semences artificielles peuvent être accompagnées d'engrais, de fongicides ou d'herbicides. Cela est déjà utilisé pour la tomate et la carotte aux USA et pourrait concerter des céréales à l'avenir ; il s'agit de véritables « kits » de productivité qui pourraient conduire à une nouvelle vigueur des marchés traditionnels d'engrais et de pesticides, comme dans le cas des recherches sur la résistance aux herbicides.

Le génie génétique appliqué aux végétaux n'est qu'à ses débuts et n'a pas encore d'applications commerciales. Les difficultés d'obtention des plantes transgéniques sont grandes, surtout pour les céréales. Des variétés transgéniques sélectionnées pour augmenter les rendements doivent permettre des gains de productivité élevés (6 % à 8 %) pour que les coûts de R&D puissent être compensés (Baccon-Gibody, 1988). Les résultats les plus intéressants concernent la résistance aux herbicides et la production de plantes mâles stériles.

Le tableau 2 récapitule les contrats de R&D et / ou de commercialisation dans le domaine agro-alimentaire aux USA, en Europe et au Japon, entre décembre 1988 et novembre 1989. Ce tableau, élaboré à partir d'un rapport spécial paru dans la revue *Biofutur*, montre que le secteur agro-alimentaire se trouve au deuxième rang des secteurs d'application des biotechnologies, après celui de la santé humaine, où le pourcentage total de contrats est de 61 % contre 27 % dans le secteur agro-alimentaire. D'autre part, une partie significative de ces contrats concerne des opérations d'achat et / ou de fusion d'entreprises, surtout de semences et d'additifs alimentaires ; cela montre que la concentration économique qui a commencé dans ce secteur dans la première moitié des années 80,

se poursuit. Cela indique aussi que la R&D biotechnologique est influencée de façon nette par les stratégies concurrentielles des grands groupes industriels concernés.

Tableau 2. Contrats de recherche-développement (R&D) ou de commercialisation de produits issus des biotechnologies dans le domaine agro-alimentaire (décembre 1988 à novembre 1989)

Agriculture (22 contrats ; 14 % du total)	<ul style="list-style-type: none">- 8 contrats d'entreprises semencières.- 5 contrats de R&D et / ou de commercialisation de variétés résistantes aux maladies.- 2 contrats de R&D et de commercialisation de diagnostics.- 1 contrat de R&D sur les marqueurs génétiques.- 3 contrats de commercialisation de biopesticides.- 1 contrat de R&D sur la résistance aux herbicides.- 2 fusions d'entreprises de biopesticides.
Élevage (6 contrats ; 4 % du total)	<ul style="list-style-type: none">- 5 contrats de R&D et / ou de commercialisation de vaccins.- 1 projet d'aquiculture.
Industrie alimentaire (14 contrats ; 9 % du total)	<ul style="list-style-type: none">- 7 fusions d'entreprises alimentaires et additifs avec des NEBs ou des entreprises établies.- 3 contrats de R&D pour de nouveaux micro-organismes fermentaires.- 2 contrats de commercialisation de cyclodextrines.- 2 contrats pour la mise au point de nouveaux additifs.

N. B. Dans le secteur de la santé humaine, on a dénombré 98 contrats (61 % du total); dans celui de l'environnement, 4 contrats (2 % du total); et dans divers secteurs, 16 contrats (10 % du total). Le nombre total des contrats est de 160.

Source : *Biofutur*. (Paris), février 1990.

Implications du processus

Une biotechnologie traditionnelle, intermédiaire ou de pointe, peut avoir plusieurs applications, parfois complètement distinctes les unes des autres. Il en est ainsi à cause de simples empêchements technique ou juridique (propriété intellectuelle), mais aussi à cause de la logique concurrentielle des secteurs impliqués ou des stratégies des entreprises et des industries.

Dans les années 80, l'entrée de grands groupes de la chimie, de la pharmacie, d'aliments et de semences, indiquait que les biotechnologies constituaient une option importante de diversification. Au cours de cette

période, les NEBs ont cherché une fin honorable à leurs premières présentations non satisfaites ; aujourd'hui, elles sont, sauf rares exceptions, des entreprises de service ou qui fabriquent certains produits spécialisés. En 1988, le bilan réalisé pour 20 NEBs a montré un sensible progrès par rapport à 1987, et que 4 entreprises connues faisaient des profits : Genentech Inc., Amgen, Applied Bioscience et Genzyme ; les chiffres d'affaires de mai à août 1988 ont été de 44 % supérieurs à ceux de la même période de 1987. De toute façon, la plupart des investissements réalisés pendant les années 80 n'auront des résultats qu'à partir de 1990. Le capital risque en biotechnologies s'est aussi accru de 2 % aux USA en 1988 par rapport à 1987 (*Biofutur*, janvier 1990). En ce qui concerne les domaines d'action, le secteur des biotechnologies végétales progresse moins vite et se trouve systématiquement plus faible que ceux de la santé humaine et de la médecine vétérinaire.

En ce qui concerne les facteurs qui influent sur les stratégies concurrentielles, le premier d'entre eux se rapporte aux limitations technico-scientifiques imposées aux procédés de genèse et de diffusion de l'innovation technologique. Isoler, transférer et faire exprimer les gènes d'un micro-organisme représentent des opérations moins complexes que celles qui portent sur une cellule végétale ou sur une cellule animale. C'est pourquoi le succès commercial du génie génétique a été pour le moment confiné à la recombinaison chez des micro-organismes.

Le deuxième facteur se rapporte aux questions de propriété industrielle en biotechnologies. Sur le plan juridico-économique, on constate la victoire des entreprises américaines dans les débats sur la brevetabilité de procédés et produits, qui s'étend même au règne animal. Le problème, c'est-à-dire en dernière instance celui de la propriété intellectuelle, influe de façon déterminante sur l'évolution récente des biotechnologies. Deux raisons au moins expliquent cette affirmation : l'imperfection du système de brevets dans le monde et les possibilités de contourner l'originalité des organismes susceptibles d'être brevetés. Dans le dernier Rapport de l'OCDE, on note à ce propos qu'"...il n'existe aucun autre domaine technologique où les lois diffèrent sur tant de points et divergent de manière si importante entre les pays que celui de la biotechnologie" (OCDE, 1989). D'autre part, il est difficile de définir avec exactitude les caractéristiques génétiques (dans le cas des organismes) et chimiques (dans le cas des molécules) ; de s'assurer que le produit mis au point ne soit pas identique à un autre produit naturel ; et enfin d'avoir des garanties que ne seront pas obtenus des organismes ou des molécules à peine modifiés, mais ayant les mêmes fonctions. A titre d'exemple, on peut citer le cas du facteur VIII de la coagulation sanguine, utilisé par les hémophiles et produit par génie génétique par

Genentech Inc., dont la demande de brevetage a été refusée en raison de l'existence d'un brevet antérieur sur le facteur VIII extrait du sang ; on peut aussi citer le cas du procès, également perdu par Genentech Inc., au sujet de la protropine (déjà brevetée) et la humotropine de Eli Lilly & Co. (brevetée ensuite), qui sont toutes deux des hormones de croissance humaines obtenues par génie génétique ; elles diffèrent par un seul acide aminé et cela a paru suffisant pour les considérer comme des médicaments originaux du point de vue de la propriété industrielle.

Le troisième facteur qui concerne la nature et le degré de participation du secteur public, se trouve impliqué dans le développement de la structure de la R&D, le type et le degré d'interaction avec le secteur privé, le pouvoir de réglementation, de normalisation et de fiscalisation, ainsi que dans la participation directe au secteur productif.

L'expansion des marchés de produits issus des biotechnologies nécessite une structure de R&D un peu institutionnalisée, c'est-à-dire qu'il faut compter sur des institutions établies, mais aussi sur un organisme responsable de la politique scientifique et technologique, c'est-à-dire de la définition des priorités et de l'orientation du développement. Quant à l'articulation directe entre les universités ou instituts de recherche publics et le secteur productif, les universités américaines sont «instrumentalisées» pour servir directement le secteur privé, en particulier depuis la promulgation de la loi 96-517 de 1982 qui a contraint les universités à rechercher des ressources en dehors de la sphère publique et à breveter leurs découvertes (Kloppenburg *et al.*, 1983). L'industrie est devenue, dans le domaine des sciences biologiques, la principale source de financement de la recherche académique (Orsenigo, 1989) ; voir tableau 3. Il est aussi important de souligner la

Tableau 3. Investissements industriels dans les universités

Groupe industriel	Année	Institution	\$ millions / années
Hoescht A.G.	1981	Massachusetts Hospital	70/10
W. R. Grace	1981	Massachusetts Institute of Technology	30/5
DuPont	1982	Harvard Medical School	6/5
Exxon	-	Cold Spring Harbour Laboratory	7,5/5
Monsanto Co.	1982	Washington University	23,5/5
	1987	Washington University	40/5
Corning Glass	-	Cornell University	2,5/6
Kodak	-	Cornell University	2,5/6
Union Carbide	-	Cornell University	2,5/6

Source: Ducos, C.; Joly, P. B. 1988. *Les biotechnologies*.

participation de scientifiques dans les entreprises, surtout par l'intermédiaire des comités scientifiques consultatifs (Kloppenburg, 1988).

Les dispositions ou les mesures prises en matière de réglementation, de normalisation et de fiscalisation modifient les coûts, le temps de commercialisation et les décisions d'investissement et la réalisation des recherches. C'est le cas, par exemple, des normes techniques établies pour les aliments, les additifs et les médicaments, ou des instruments de politique industrielle (soutien financier, propriété industrielle et encouragement à la R&D et à l'importation).

Quant à la participation directe de l'État dans la production, elle peut modifier l'évolution des biotechnologies, dans la mesure où l'État peut intervenir dans des domaines jugés prioritaires sur le plan social, par exemple pour mettre au point des systèmes d'immunothérapie, produire des denrées alimentaires de base ou lutter contre la pollution.

En résumé, l'évolution des biotechnologies végétales est déterminée par les stratégies concurrentielles des entreprises, qui sont, à leur tour, influencées par trois types de facteurs : des limitations technico-scientifiques, des questions liées à la propriété intellectuelle et les formes institutionnelles d'action de l'Etat. Cela a les implications suivantes :

- a. les produits et les procédés ont pour fonction première de répondre aux priorités de la concurrence et du marché ; la consolidation de la première étape commerciale des biotechnologies dans le secteur agro-alimentaire s'appuiera sur la récupération ou le renforcement des marchés traditionnels (intrants chimiques, semences et plants) ;
- b. les produits et procédés seront de préférence ceux qui ont une protection naturelle (nouveaux hybrides) ou qui n'ont pas besoin de protection, mais qui peuvent être facilement diffusés (variétés résistantes aux herbicides et variétés ayant des propriétés importantes pour le traitement agro-industriel, comme, par exemple, une plus grande teneur de substances solides solubles dans les tomates et les oranges) ;
- c. les limites technico-scientifiques constituent un obstacle au développement des biotechnologies, dans la mesure où elles exigent un soutien financier important des activités de R&D, qui n'est pas à la portée des petites et moyennes entreprises ;
- d. le soutien institutionnel joue un rôle important dans la définition des activités de R&D, car une infrastructure forte en recherche fondamentale contribue beaucoup aux applications technologiques ; les formes d'articulation entre le secteur public et le secteur privé provoquent des conflits dans les deux sphères, qui influent sur le développement de la R&D ;
- e. même si une grande partie des recherches sur les végétaux est incorporée aux travaux des entreprises, la dépendance vis-à-vis de la recherche

publique est encore très grande ; on observe même le retour de certains travaux de R&D au secteur public, en raison des difficultés financières des entreprises.

Incidences pour les pays latino-américains

L'orientation des biotechnologies par les grandes compagnies agro-alimentaires ainsi que la concentration et la centralisation des capitaux dans les secteurs de l'agrochimie, des semences et des industries alimentaires ont pour effet d'aggraver la dépendance technologique en général, de réduire les avantages commerciaux existants et de conduire à un système agricole qui a un effet d'exclusion encore plus marqué que l'actuel modèle de production. Sur ce dernier point, une étude récente réalisée par le Ministère de la coopération d'Allemagne a conclu que 74 % des petits cultivateurs ne pourraient pas profiter des nouvelles technologies et seraient exclus du système productif. Seule une petite partie des grandes exploitations agricoles pourra bénéficier des biotechnologies (*Biofutur*, décembre 1989).

Toutefois, en s'efforçant de surmonter les limitations technico-scientifiques définies au préalable, en agissant sur la législation de la propriété intellectuelle, en favorisant l'intégration entre les secteurs de production et les institutions de recherche, les pays latino-américains pourraient modifier certains impacts négatifs et occuper alors leur « place au soleil ». On peut citer à cet égard les activités de R&D suivantes : obtention de nouvelles variétés et de nouveaux hybrides pour des cultures régionales, grâce aux techniques de culture de tissus qui sont en grande partie maîtrisées par les pays latino-américains ; isolement à partir de cultures de tissus ou de cellules de métabolites secondaires d'usage pharmaceutique ou alimentaire ; amélioration de la productivité animale par les techniques de manipulation d'embryons et par la mise au point de vaccins ; lutte biologique contre les maladies et fixation biologique de l'azote atmosphérique ; utilisation des tests à base d'anticorps monoclonaux pour détecter des maladies de plantes (Lamptey & Moo-Young, 1987). Ces exemples n'excluent pas des techniques plus sophistiquées comme celles du génie génétique.

Mais l'établissement de politiques et de priorités de recherche dépend aussi des solutions apportées à l'appropriation des ressources génétiques (Kloppenburg *et al.*, 1988). De surcroît, cette attitude offensive se fonde sur la capacité du secteur public en recherche fondamentale et appliquée, sur l'établissement de normes qui permettent d'atteindre les objectifs proposés et sur des mécanismes plus dynamiques d'articulation avec le secteur privé. Comme il n'y a pas dans les pays

latino-américains suffisamment d'industries novatrices, il revient au secteur public de jouer un rôle central dans la compétitivité interne et externe.

Le cas du Brésil

Au Brésil, un premier exemple d'illustration des questions évoquées précédemment se rapporte à la fermeture d'une des plus grandes entreprises nationales de biotechnologies végétales, Biomatrix, due à des difficultés financières (élévation des coûts de l'entreprise et étroitesse des marchés auxquels elle destinait ses produits). Le second exemple est celui de Bio-planta qui est la deuxième entreprise de biotechnologies végétales liée à Companhia Souza Cruz, qui appartient à British American Tobacco Co. ; cette compagnie a aussi des difficultés dues aux coûts très élevés des recherches et à l'étroitesse des marchés ; cette entreprise a pendant 3 ans investi de 33 % à 50 % de son chiffre d'affaires dans la R&D, ce qui s'est avéré insoutenable même pour une entreprise bénéficiant du soutien d'une grande compagnie multinationale (Bonacelli, 1989).

Le troisième exemple est celui du Centro Nacional de Recursos Genéticos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuria (CENAR-GEN-EMBRAPA), institution publique de recherche où se trouve la principale équipe de génie génétique du pays et dont les projets (parmi lesquels on trouve le transfert au haricot des gènes impliqués dans la synthèse de la méthionine dans la « castanha do Par ») sont largement soutenus par des fonds publics. Le quatrième exemple est celui du Projet Bio-Rio, qui est un parc de biotechnologies en voie d'établissement à Rio-de-Janeiro : 70 entreprises en 10 ans. Jusqu'en 1990, \$ 7 millions ont été investis à fonds perdus ; les terrains pour l'installation des entreprises appartiennent à l'Université fédérale de Rio-de-Janeiro ; des facilités de crédit et des avantages fiscaux sont accordés aux entreprises, mais une grande partie des produits sera achetée par le gouvernement.

On peut se demander si les investissements en biotechnologies dans les pays latino-américains peuvent continuer de dépendre presque exclusivement de fonds publics et, si le secteur privé doit jouer un rôle important, avec quels capitaux et quelles entreprises il pourra mener cette tâche.

Références

- BACCON-GIBODY, J. 1988. Colloque d'Angers : de l'*in vitro* à la production de plantes et à l'amélioration génétique. *Biofutur* (Paris), janvier 1988.
- BIOFUTUR. 1989. Bioactualité (82), septembre 1989.
- . 1989. Vie des sociétés (83), octobre 1989.
- . 1989. Instantanés (85), décembre 1989.
- . 1990. Bioactualité (86), janvier 1990.
- Bio / technology*. 1989. vol. 7, n° 3.
- . 1990. vol. 8, n° 3.
- BONACELLI, M. B. H. 1989. *Processo de capacitação tecnológica em biotecnologia: um estudo de caso*. NPCT/UNICAMP, 31 pp.
- DUCOS, C. ; JOLY, P. B. 1988. *Les biotechnologies*. Paris, Éditions La Découverte, 128 pp.
- GEBM (GENETIC ENGINEERING AND BIOTECHNOLOGY MONITOR, UNIDO). 1988. (24).
- . 1989. (26).
- . 1990. (27).
- KLOPPENBURG, J. R. JR ; KLEINMAN, D. L. ; OTERO, G. 1988. La biotecnología en Estados Unidos y el Tercer Mundo. *Revista Mexicana de Sociología*, 2 (1).
- . 1988. *First the seed*. Cambridge, Cambridge University Press, 349 pp.
- LAMPTHEY, J. ; MOO-YOUNG, M. 1987. *Biotechnology: Principles and options for developing countries*. In : Da Silva, E. J. ; Dommergues, Y. R. ; Nyns, E. J. ; Ratledge, C. 1987. *Microbial technology in developing world*. Oxford, Oxford University Press. 444 pp.
- OCDE. 1989. *Biotechnologie. Effets économiques et autres répercussions*. Paris, OCDE, 128 pp.
- ORSENIGO, L. 1989. *The emergence of biotechnology; institutions and markets in industrial innovation*. London, Pinter Publishers, 220 pp.
- PAILLOTIN, G. 1988. *L'avenir des biotechnologies dans l'agriculture et l'agro-alimentaire*. NPCT-UNICAMP, mimeo.
- SALLES FILHO, S. L. M. ; BONACELLI, M. B. M. ; DEL BIANCHI, V. 1987. *Biotecnologia e produção de alimentos*. NPCT/UNICAMP, 84 pp.