

CAPACITÉ TECHNOLOGIQUE ET INVESTISSEMENTS PRIVÉS DANS LA BIOTECHNOLOGIE AGRICOLE AU BRÉSIL

Sergio Salles Filho

Departamento de Política Científica e Tecnológica (DPCT),
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), (Brésil)

Maria Beatriz Machado Bonacelli

Université des sciences sociales de Toulouse (France)

Introduction

Les activités liées aux technologies du vivant ont bénéficié d'un contexte assez dynamique à partir des années 1970, du fait d'une conjonction de facteurs. D'un côté, on a constaté que des éléments internes au contexte ont entraîné des changements. On peut parler de deux mouvements :

- l'épuisement du processus innovateur en vigueur. A partir de la moitié des années 1970, par exemple, il était à chaque fois plus difficile pour les groupes pharmaceutiques et les fabricants de pesticides de trouver de nouvelles familles de molécules basées surtout sur la chimie. En agriculture, de nouveaux problèmes et éléments se sont imposés, différent de ceux évoqués par le « paradigme productiviste » en vigueur.
- la diversification des sources d'innovation, c'est-à-dire, la constitution d'entreprises spécialisées en biotechnologie, avec des caractéristiques assez remarquables et différentes par rapport aux grands groupes déjà établis.

D'un autre côté, on a observé d'autres éléments qui ont influencé le changement, éléments constituant l'environnement dans lequel se déroulent les innovations. On peut évoquer, globalement :

- les avancées scientifiques dans la biologie moléculaire ;
- les pressions d'ordre écologique ;
- les changements dans les préférences alimentaires des consommateurs ;
- la globalisation des marchés, la formation de marchés communs, etc.

Hormis ces aspects, il faut aussi considérer, dans ce contexte, les différences existant entre les dynamiques des marchés de l'agriculture et de l'élevage, et celles de la santé. Les principales caractéristiques présentées par l'agrovégétal qui suscitent le plus de difficultés à la R&D en agrobiotechnologie sont :

- une offre d'*inputs* et de techniques agricoles satisfaisante aux producteurs, ce qui rend difficile l'introduction de nouveaux produits sur les marchés (notamment dans les pays moins développés) ;
- des marchés moins concentrés que ceux de l'industrie pharmaceutique, par exemple, ce qui oblige à l'adoption de stratégies concurrentielles plutôt régionales ;
- la manipulation d'organismes plus complexes (les végétaux et les animaux) ;
- des problèmes encore non résolus en ce qui concerne la propriété intellectuelle, la réglementation et l'acceptation par les consommateurs de produits modifiés génétiquement.

Autrement dit, les activités liées aux agrobiotechnologies doivent surmonter un ensemble hétérogène de facteurs structurels et conjoncturels pour parvenir à des résultats raisonnables.

Dans ce contexte, les investissements privés destinés aux biotechnologies au Brésil, comme d'ailleurs dans la majorité des pays dans le monde, se caractérisent par deux tendances : d'une part, des stratégies suivies par de grands groupes nationaux et internationaux (comme les entreprises spécialisées dans les semences, le sucre-alcool et le papier et cellulose), et d'autre part, celles adoptées par des NEB (nouvelles entreprises de biotechnologie). Dans le premier cas, les entreprises cherchent plutôt par l'intermédiaire des biotechnologies à améliorer leurs procédés traditionnels de production et/ou les caractéristiques de leurs produits. Dans le second cas, les firmes, généralement de petite taille, opèrent dans des niches de marchés. Cependant, pour les deux types d'entreprise, leurs relations avec la sphère publique de R&D sont plus étroites qu'entre elles-mêmes.

On peut expliquer ce fait en le rapportant à la tradition d'acquisition des connaissances et des savoir-faire perpétuée depuis plusieurs années dans les centres de recherche publics et les universités, responsables en grande partie de la recherche nationale en agrobiotechnologie. Ceux-ci effectuent depuis des décennies des recherches sur l'amélioration végétale, la culture de tissus, la fixation biologique d'azote, etc., et sur des cultures comme le café, le coton, le riz, le haricot ou la canne à sucre.

Les cas du blé et du soja offrent de bons exemples de réussite dans le domaine agricole : les études ont permis une extension de la culture du soja à une très grande partie du territoire national et une production de blé satisfaisant jusqu'à 92 % (en 1987) de la demande intérieure (1). Ces résultats sont dus surtout à des recherches effectuées par des instituts publics de renom dont les exemples les plus remarquables sont l'Instituto Agronômico de Campinas (IAC) et l'Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agrícola, cet institut rassemble 39 centres de recherche à l'intérieur du pays, 9 000 employés et bénéficie d'un budget d'environ 300 millions de dollars). Malgré ces chiffres, le système national de recherche agronomique manque, dans son ensemble, de cohésion.

Cet article a pour objet d'analyser les questions liées aux caractéristiques du développement de la biotechnologie agricole au Brésil. Seront pris notamment comme référence les investissements privés et mises en évidence les difficultés rencontrées dans la constitution d'une base solide de connaissances technico-scientifiques ainsi que dans une réelle « traduction » de ces connaissances entre les deux sphères du public et du

privé. Malgré les interactions, les activités biotechnologiques au Brésil ont du mal à s'organiser et à se réaliser.

Caractéristiques des investissements privés en biotechnologie agricole au Brésil

Contrairement au point de vue selon lequel il existe des possibilités de réussite dans les pays moins développés en période de mutation technologique, les activités liées aux technologies de pointe n'ont pas encore atteint un bon stade d'évolution en Amérique latine et au Brésil. En fait, ce point de vue est encore plus discutable dans le cas des biotechnologies, car les opportunités qui se présentent sont encore assez limitées ; et ce partout dans le monde.

L'idée de départ repose sur le principe que, dans des phases de transition technologique ou de changement de paradigme, les barrières à l'entrée sont moins efficaces compte tenu de la difficulté d'appréhension des nouvelles configurations des techniques, des marchés et de la concurrence potentielle. Ainsi, dans un contexte de transition, les pays moins développés pourraient « sauter une étape », se trouvant dans une situation favorable à la réalisation des changements, du fait, entre autres, de la flexibilité de nouvelles technologies, telles que l'informatique et les biotechnologies. Cependant, ce scénario n'est pas valable sur le plan mondial.

La tradition assimilée depuis longtemps par les instituts publics et les universités spécialisées dans la recherche agricole en Amérique latine, en particulier au Brésil, a permis, à ces divers pays, d'acquérir une compétence scientifique en la matière. En ajoutant à cela la disponibilité d'un très riche patrimoine génétique et l'euphorie engendrée par la biotechnologie moderne au début des années 1970, le secteur public et le secteur privé se sont intéressés à la recherche et la production liées à l'agrobiotechnologie.

Cependant, cet intérêt ne s'est pas traduit par les résultats escomptés ; si les difficultés rencontrées par le développement des biotechnologies sont déjà importantes dans les nations industrialisées, elles deviennent plus complexes dans des pays comme le Brésil, où les politiques de l'Etat n'ont pas réussi à orienter de façon efficace et organisée l'investissement des institutions publiques et des entreprises privées dans ce domaine. En outre, les barrières à l'entrée sont dues à la difficulté d'obtenir des produits aux nouvelles caractéristiques, pour faire face aux coûts très élevés de la R&D, ainsi qu'aux délais considérables de rentabilisation des investissements consentis. Ces éléments peuvent, également, augmenter la dépendance technologique qui existe déjà entre les pays industrialisés et ceux moins développés et provoquer une détérioration des avantages dont peuvent se prévaloir les pays moins développés (Sercovith, 1991).

Malgré tout, on ne peut ignorer la dynamique propre à la recherche et à la production biotechnologiques des pays latino-américains. Il faut donc analyser l'orientation particulière des investissements du secteur privé dans les biotechnologies, ainsi que la forme et le degré spécifiques que revêtent leur engagements dans cet environnement.

Spécificités des investissements dans l'agrobiotechnologie

La grande participation de l'ensemble agriculture-élevage aux différentes branches d'application de la biotechnologie est une première caractéristique des investissements

privés réalisés au Brésil et en Amérique Latine en général (Jaffé, 1991). Dans le cas brésilien, ils se répartissent ainsi (Carvalho, 1994) :

20 %	Santé humaine	9 %	Environnement
14 %	Agro-végétal	7 %	Biomasse
8 %	Amélioration animale	17 %	Equipements et <i>inputs</i>
10 %	Agro-industrie	6 %	Autres
9 %	Fermentation et enzymes		

Malgré ces chiffres, on constate que les NEB spécialisées dans la santé humaine atteignent une performance et des résultats financiers supérieurs à ceux de l'agriculture, de l'élevage et de l'agro-alimentaire, compte tenu des caractéristiques des marchés décrites précédemment.

La plus forte proportion de NEB dans l'agriculture peut s'expliquer par la tradition latino-américaine attachée aux études agronomiques au détriment des études médicales et pharmaceutiques, et par le fait que les marchés de la pharmacie se trouvent souvent entre les mains d'entreprises multinationales. Cependant, ces NEB ne présentent pas un niveau très élevé de sophistication technologique : elles pratiquent plutôt la micropropagation de plantes fruitières, forestières et de légumes, c'est-à-dire qu'elles utilisent des techniques de niveau de compétence intermédiaire et touchent de petits marchés, peu dynamiques (d'où leur difficulté à absorber des innovations technologiques). Cela se vérifie si l'on considère le montant du chiffre d'affaires moyen d'un échantillon de 11 NEB agrobiotechnologiques d'Amérique latine : 1 million de dollars, soit 8 % du chiffre d'affaires moyen des NEB américaines du même secteur (Salles Filho, 1993 : 194-5) (2).

Au Brésil et en Amérique latine, le manque de capital-risque confère aussi un profil différent aux NEB qui sont donc obligées de chercher d'autres moyens de financement. Par conséquent, les entreprises doivent envisager une reprise des investissements à court terme, ce qui est pratiquement incompatible avec les activités biotechnologiques. De plus, les relations avec les grandes entreprises ne sont pas assez nombreuses, celles-ci étant plus intéressées par les biotechnologies en tant qu'outil susceptible de réduire leurs coûts de production.

Ce sont les instituts de recherche publics et les universités qui bénéficient d'un niveau de recherche plus sophistiqué (notamment en biologie moléculaire et en génie génétique). Parmi les meilleurs exemples au Brésil, figurent le CBMEG (Centro de Biologia Molecular e de Engenharia Genética) rattaché à l'université de Campinas (Unicamp), le CEBTEC (Centro de Biotecnologia Agrícola) et le Cena (Centro de Energia Nuclear em Agricultura) rattachés à l'université de São Paulo, l'IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo), l'IAC (Instituto Agrônomico de Campinas), le Cenargen (Centro Nacional de Recursos Genéticos e Biotecnologia), ainsi que d'autres centres de recherche liés à l'Embrapa.

Néanmoins, de grandes entreprises sont aussi engagées dans la recherche génétique à travers la construction de laboratoires modernes et/ou à travers des accords de R&D avec des centres de recherche ou des universités. Mais, elles demeurent des

exceptions, le développement de biotechnologies dans la région et au Brésil étant essentiellement le fait d'instituts publics de recherche agricole.

L'engagement des entreprises spécialisées et des grandes sociétés dans l'agrobiotechnologie

Il est intéressant d'analyser les particularités de l'engagement du secteur privé dans les biotechnologies au Brésil, qui sont dépendantes de l'organisation des mécanismes d'innovation et, de façon plus générale, de la dynamique technico-économique du pays.

Les principaux programmes de recherche en biotechnologie végétale suivis par des entreprises établies (non spécialisées) au Brésil, concernent en général, l'intégration verticale des activités ou l'utilisation des techniques qui permettent l'obtention de produits finis et/ou de matières premières avec de meilleures caractéristiques. Les branches qui attirent les investissements les plus importants sont notamment les semences hybrides et les plantes forestières, la canne à sucre et les légumes, au travers par exemple, de la micropropagation végétale, de l'inoculation par les mycorhizes, de la marque génétique.

Dans le cas de la recherche forestière, ce sont les grandes entreprises de papier et cellulose qui sont les plus engagées dans ce secteur. La Companhia Suzano de Papel e Celulose a fait construire un centre de recherche de culture de tissus pour travailler sur la micropropagation et pour introduire des espèces importées d'Australie (notamment *E. saligna* et *E. grandis*). Cette stratégie a permis à l'entreprise l'accélération de son programme d'amélioration génétique.

De son côté, Aracruz Celulose a renforcé son programme de recherche végétale, l'adaptant aux besoins industriels. Actuellement, sa ligne de recherche la plus importante concerne la lignine (l'élément qui agrège les fibres de cellulose des plantes et qui doit être enlevé pour que le papier ait une couleur blanche) : l'entreprise obtient sa matière première (le bois) à partir de forêts constituées d'arbres (clonés), modifiés par des méthodes d'amélioration génétique introduites dans son « jardin de clones », qui présentent des caractéristiques demandées par l'industrie. Dans ce programme, elle a réussi à « créer » des arbres qui produisent un type de lignine plus facilement suppressible dans les procédés industriels.

Un autre exemple de tentative d'obtention de matière première aux caractéristiques améliorées est celui de Copersucar (coopérative privée du secteur sucre-alcool), dont l'objectif principal, entre autres stratégies, est l'élaboration de la carte génétique de la canne à sucre. La coopérative utilise également la culture de tissus pour les travaux de micropropagation végétale, ainsi que des méthodes de marquage et de transfert des gènes pour la modification génétique de la canne de façon à la rendre résistante aux herbicides, aux attaques d'insectes, aux maladies et au stress.

L'un des cas les plus importants d'investissement de la part d'entreprises déjà établies dans la biotechnologie est celui de Agroceres, leader du marché national de semences de maïs hybride, mais qui opère aussi sur les marchés de semences de légumes, de sorgho hybride et de matrices de volailles et de porcs. Son budget pour la R&D représente environ 5 % de son chiffre d'affaires (qui a atteint 110 millions de dollars en 1992 et en 1993) ; pourtant son plus important investissement a été destiné

à une NEB végétale, Biomatrix (qui a cessé ses activités en 1989). Agroceres a aussi fait construire un centre de recherche dans lequel étaient notamment envisagées des études sur le marquage génétique, c'est-à-dire un « outil » pour aider le travail d'amélioration visant la mise au point de nouveaux lignages purs de maïs (Salles Filho *et alii*, 1994). Le ralentissement de ce dernier et la suspension du premier investissement marquent donc un recul de l'entreprise concernant les biotechnologies.

Quant aux investissements des entreprises spécialisées, on peut observer que les NEB orientées vers les activités végétales éprouvent plus de difficultés à obtenir des résultats satisfaisants de la part des sociétés déjà établies et les NEB dans le domaine de la santé (3). On peut remarquer que, outre les difficultés technico-scientifiques liées aux technologies du vivant, les NEB affrontent également la concurrence des produits traditionnels.

D'un autre côté, la tentative de diverses NEB agricoles de se tourner vers la prestation de services auprès d'autres entreprises ne rencontre pas un vif succès (cette stratégie marche mieux dans le cas de la santé humaine) : on peut citer des exemples de NEB ayant essayé de produire des espèces forestières et des plantes de citrus, sans prévoir, malheureusement, que les grandes entreprises de ces marchés créeraient leurs propres « jardins de clones » (comme cela a été le cas d'Aracruz Celulose et de la Companhia Suzano) et réduiraient ainsi leurs relations avec les NEB au strict minimum.

En outre, il existe très peu de produits agrobiotechnologiques déjà présents sur le marché, comparativement à ceux que l'on dénombre dans la branche santé humaine, même sur le plan mondial (le premier produit commercialisé obtenu par modification génétique est la tomate de maturation tardive de Calgene, la Flavr Savr). Au Brésil, on trouve essentiellement des plantes fruitières de climat tropical et tempéré ainsi que des légumes. Les marchés nationaux de ces produits sont très étroits et dispersés, et/ou n'ont pas les moyens d'absorber les prix de ces nouveaux produits, et/ou sont dominés par les grandes entreprises de semences et de l'agro-alimentaire.

Plus concrètement, les difficultés rencontrées par certaines NEB brésiliennes de la branche végétale sont surtout dues :

- aux doutes qui existent encore en ce qui concerne la supériorité technique et économique des biotechnologies sur les techniques et produits traditionnels ainsi que la législation. Ceci engendre encore plus d'incertitude et de résistance dans l'adoption des procédés et/ou des produits qui en sont issus. Des NEB comme Embrabio et Engenho Novo ont connu ces problèmes : la première a décidé d'orienter ses investissements plutôt en direction de la branche Santé que vers la branche vétérinaire, en raison de sa faible réglementation qui n'émet pas de sévères exigences pour le contrôle de qualité des produits vétérinaires ; la seconde a concentré ses efforts sur une seule étape (la fermentation) de la transformation du sucre en alcool, abandonnant les trois autres stades du processus de production du fait de problèmes rencontrés par Proalcool (programme brésilien pour le combustible à base d'éthanol) ;
- à des problèmes techniques difficiles à surmonter : le cas le plus connu est celui de la société Agroggen, dont les bio-insecticides se sont révélés relativement peu efficaces et présentent des difficultés de stockage (Cerantola, 1991). Compte tenu de

la situation, Agroggen a changé de stratégie et a créé une entreprise de chimie fine, Labogen, pour produire des médicaments, diversifiant ainsi son marché. De son côté, Microbiológica a abandonné la production d'*inputs* biotechnologiques pour le même objectif (Cerantola, 1991).

- aux opérations dans des niches de marché : ce sont les cas de Nitral et de Turfal – deux entreprises qui travaillent sur les inoculants (*Rhizobium*) pour légumineuses (soja, haricot, petits pois, etc.) – et de SBS Biotecnologia, qui a aussi investi dans un programme de culture de tissus et de micropropagation végétale appliqué à des espèces fruitières et forestières et à la production de pommes de terre de semence exemptes de virus ; ce qui ne dégage pas de chiffres d'affaires assez importants.

Les faits analysés ci-dessus ont réduit l'investissement privé dans les biotechnologies végétales et ont contribué à la cessation des activités, à la fin des années 1980, de deux des plus importantes NEB brésiliennes dans cette branche, Bioplanta et Biomatrix. De leur côté, les grandes entreprises et coopératives qui ont introduit les procédés biotechnologiques dans leurs activités de recherche et de production éprouvent aussi des difficultés à obtenir des résultats satisfaisants. L'apparition et la diffusion de cette nouvelle façon de concevoir la recherche et la production se font à un rythme assez lent au Brésil et ne sont pas encore une routine dans les branches d'application des biotechnologies modernes.

Système d'innovation et biotechnologies au Brésil

Pour pouvoir analyser les conditions de l'évolution des biotechnologies agricoles au Brésil, outre les caractéristiques de l'investissement privé et les spécificités technico-économiques de l'agriculture, il faut considérer le contexte plus général dans lequel les entreprises opèrent et les relations qu'elles entretiennent entre elles.

Ceci a été évoqué dans un rapport de l'OCDE (1992) où furent soulignées les interactions entre, d'une part, le système d'innovation interne au pays et, d'autre part, le pouvoir, les spécialités et les intérêts de ceux qui influencent les conditions du processus de production et d'innovation. Il faut donc cerner, la notion de système national d'innovation (SNI) et celle de réseau de coopération interentreprises.

Système national d'innovation et réseaux de coopération

D'après la définition de Freeman (1987 : 1-3), « un SNI est le réseau d'institutions du secteur public et du secteur privé dont les activités et les interactions contribuent à lancer, à importer, à modifier et à diffuser de nouvelles technologies ». Niosi *et alii* (1992) ont élargi cette vision en attirant l'attention sur des aspects économiques, sociaux, politiques (c'est-à-dire sur l'histoire de chaque pays), ainsi que sur les flux internes entre les agents (financiers ; légaux et politiques ; technologiques, scientifiques et informels ; sociaux et d'information), qui sont les éléments systémiques d'un SNI. Ces aspects ne trouvent une interaction que difficilement, avec des synergies et des asymétries ; mais il faut cependant qu'il y ait une certaine cohérence à l'intérieur d'un SNI, pour qu'un résultat économique, social et technologique apparaisse.

De leur côté, Nelson et Rosenberg (1993) justifient la notion SNI comme une approche méthodologique utile parce qu'elle porte, implicitement, l'idée que chaque pays construit, au cours du temps, une manière d'articuler l'ensemble des acteurs directement ou indirectement impliqués dans le processus d'innovation. L'expression « système » en est le nœud principal. Il est considéré comme « l'ensemble d'institutions dont l'interaction détermine la performance innovatrice des firmes nationales » (p. 4). Le système d'innovation, loin d'être précédemment et volontairement défini, s'élabore par la forme et le degré d'interrelations qu'établissent les acteurs institutionnels.

Si l'État a toujours un rôle important, « parce qu'il finance et quelquefois exécute une part très importante de la R&D nationale » (Niosi *et alii*, 1992:223) et parce qu'il est aussi responsable de l'orientation de celle-ci et du réseau national à travers ses politiques d'éducation et ses activités d'information, Nelson (1993) – d'après une étude menée dans 15 pays – a souligné que lorsqu'il y a des flux de demandes entre les agents et que le système est bien articulé, le point de convergence le plus important dans les systèmes sont les laboratoires de recherche des industries.

Si ces éléments représentent le point nodal des SNI, les caractéristiques d'un système d'innovation sont définies par la forme et l'intensité des relations qui s'établissent entre les divers agents institutionnels en vue du développement technologique industriel (4).

Ainsi cette approche autorise la prise en compte de diverses variables dans un processus d'innovation technologique et donne aussi des éléments plus concrets pour apprécier les dimensions sociales et organisatrices du changement technologique à l'intérieur d'un pays. Parallèlement, elle s'oppose aux analyses traditionnelles qui lient directement les dépenses de R&D à la performance innovatrice.

Les réseaux d'institutions publiques et privées (laboratoires publics, centres de recherche technique, entreprises, organismes financiers, etc.) sont formés par un ensemble d'acteurs hétérogènes. Selon Callon (1994), « les réseaux technico-économiques rendent possibles les coopérations et les ajustements mutuels entre les acteurs qui vivent bien souvent dans des mondes séparés, tout en laissant à chacun d'entre eux suffisamment d'autonomie pour développer ses propres stratégies ».

L'acquisition, l'intégration et la diffusion des connaissances et des informations entre les différents agents n'exigent pas seulement des relations bien coordonnées entre eux, mais aussi la « traduction » de ces éléments en termes de techniques et/ou de produits pour que soit possible la mise en œuvre des activités d'innovation. Ainsi, « dans la perspective stratégique qu'il s'efforce de faire triompher, un acteur va "traduire" des faits scientifiques, des instruments, des "intermédiaires" (5), c'est-à-dire les réinterpréter, les détourner de leurs objectifs initiaux pour produire de nouveaux textes, de nouveaux instruments et de nouvelles machines » (OCDE, 1992:89).

Le « décodage » ou la « traduction » des connaissances et du savoir-faire demande un contexte favorable pour la transmission des compétences développées par chaque groupe d'agents et pour qu'elles profitent à l'économie en général. Ici, la notion de réseaux s'applique bien, car elle s'inscrit dans la dynamique et le caractère collectif de l'innovation technologique. Leur formation permet la traduction et l'échange des connaissances technico-scientifiques. Leur analyse donne un aperçu plus palpable et compréhensible des SNI.

Les réseaux peuvent être convergents, dispersés ou intégrés ; longs, courts ou lacunaires. En rejoignant la taxonomie de Pavitt (1984) sur les caractéristiques des entreprises et leurs spécificités dans l'innovation, l'OCDE affirme que « la comparaison de la morphologie des réseaux devrait aider à expliquer pourquoi des secteurs ou des branches identiques ou différents présentent des performances technologiques ou des capacités à innover distinctes » (1992: 91). Cependant, les limites des réseaux dépassent les frontières d'un pays à cause de l'internationalisation des relations. Donc, il faut vérifier aussi la localisation géographique des pôles d'innovation.

Malgré une intégration transnationale des marchés plus intensive ces dernières années, et en dépit de la formation de blocs politiques divisant le monde en pôles multinationaux, la notion rattachée à la formation de systèmes bien définis à l'intérieur des pays est encore défendable comme approche méthodologique. Un ensemble important d'éléments nationaux justifie l'existence des SNI. Les caractéristiques des modèles américain et japonais, pour prendre deux exemples paradigmatiques, sont le fruit de déterminations endogènes quant à la construction des systèmes respectifs d'innovation, de même que les modèles brésilien et coréen sont manifestement différents.

Dans le cas des biotechnologies, l'approche « réseau » en souligne les spécificités très remarquables, telles la fragmentation des connaissances entre les divers agents, la diversité des savoir-faire, l'hétérogénéité des actifs. Dans ce sens, Joly (1993: 11) a affirmé que « les réseaux apparaissent comme la meilleure façon de mobiliser les ressources spécifiques complémentaires ».

Une étude sur des réseaux de coopération en biotechnologies a été réalisée par Barbanti *et alii* (1992) auprès de 20 firmes américaines, européennes et japonaises, sur 3 périodes (jusqu'en 1983, de 1984 à 1987 et de 1988 à 1991). D'une façon générale, l'étude a démontré une augmentation de la taille et de la complexité des réseaux. Des constellations dispersées sont reliées grâce à un petit groupe de firmes « nodales », qui s'interconnectent simultanément avec différentes sociétés. Les auteurs affirment aussi que leurs résultats, malgré un échantillon restreint, ne confirment pas l'idée selon laquelle la collaboration entraîne un phénomène de déséquilibre temporaire, dû à l'émergence d'une nouvelle technologie et diminuant au fur et à mesure de sa maturation (allusion à l'approche transactionnelle de la firme). Pour eux, au contraire, les réseaux de collaboration sont en augmentation et deviennent plus denses.

Une autre étude sur les coopérations interentreprises, beaucoup plus large, a été faite par Hagedoorn & Schakenraad (1991). Ils ont analysé des sociétés américaines, européennes et japonaises opérant dans divers secteurs industriels (comme les biotechnologies, les nouveaux matériaux, l'informatique, les télécommunications, etc.), et ce, sur deux périodes : 1980-1984 et 1985-1989. Pour ce qui concerne les biotechnologies, les auteurs ont constaté qu'il n'y a pas eu un réel changement dans la structure de coopération interentreprise entre les périodes analysées (il n'y a qu'un petit nombre d'accords solides), malgré une augmentation de la densité des réseaux. Ils affirment que certaines NEB jouent le rôle de société nodale, comme Biogen, Genex, Genentech et Amgen.

L'intérêt d'études comme celles qui viennent d'être commentées réside surtout dans le fait que l'on peut « visualiser » la dynamique du processus d'innovation et de

coopération, des modèles de concurrence, de spécialisation, d'intégration verticale et de diversification des organisations (6).

Cependant, comme on le verra par la suite, la constitution des réseaux n'est pas suffisante pour assurer une dynamique d'innovation. Il faut également évaluer la « qualité » et l'ampleur des réseaux qu'un SNI permet de mettre en place, c'est-à-dire les caractéristiques des réseaux qui sont étroitement liées aux caractéristiques d'un SNI : un SNI plus ou moins cohérent amène des réseaux plus ou moins coordonnés. Un élément important qui doit être analysé est donc la capacité d'un système à introduire des relations entre les sources d'innovations (ou l'ensemble des institutions impliquées dans les activités innovantes).

Ce contexte s'analyse plus clairement en prenant comme exemple les États-Unis. Les entreprises de biotechnologies américaines sont, comme celles du Brésil, en étroite relation avec le secteur public de recherche. Mais on connaît bien la différence d'évolution des biotechnologies entre ces deux pays : le contexte général d'innovation américain permet que de telles relations soient dispersées dans la société de façon plus homogène, ce qui n'est pas le cas au Brésil. Dans des contextes assez différents, « les alliances stratégiques n'ont pas les mêmes enjeux et ne suivent pas les mêmes modalités » (Joly, 1993:13).

Conditions et perspectives du développement des agrobiotechnologies au Brésil

En ce qui concerne les biotechnologies au Brésil, le gouvernement a mis en œuvre des initiatives plutôt générales (il crée en 1981 le Pronab, Programme National de Biotechnologies) en cherchant à soutenir des activités rattachées à des secteurs comme la bioénergie (en liaison avec le Proalcool), la santé humaine (production d'antibiotiques et de vaccins, notamment) et l'agriculture (les cultures vivrières principales du régime alimentaire brésilien).

Aujourd'hui, il existe une Division de biotechnologie et chimie placée sous la tutelle du ministère des Sciences et de la Technologie ; celle-ci est chargée, parmi d'autres, du programme RHAE (Recursos Humanos para Areas Estratégicas), de la concession de bourses à des entreprises, centres publics de recherche et universités dans des branches stratégiques pour la formation des ressources humaines, et du Centro Brasileiro e Argentino de Biotecnologia (Cabbio, le centre brésilien-argentin pour le développement des biotechnologies).

Cependant, il n'existe pas de programme spécifique d'incitation destiné aux NEB. Par ailleurs, le « moteur » essentiel d'une telle politique par rapport aux activités de haute technologie – le capital-risque – est pratiquement inexistant compte tenu de la crise économique qui sévit depuis plusieurs années au Brésil. Autrement dit, à l'heure actuelle, le pays ne dispose pas du mécanisme financier indispensable à l'investissement dans ce type d'entreprises et ne possède pas non plus de politique institutionnelle appropriée au développement des biotechnologies.

En terme d'accords de coopération, les cas les plus fréquents concernent les collaborations entre les entreprises et les centres publics de recherche et universités ; les relations interentreprises n'étant pas très étroites : on assiste plus à l'élaboration de *joint-ventures* et d'accords pour le transfert de technologies qu'à des accords de coopé-

ration et d'alliances pour le développement conjoint de R&D et/ou la production biotechnologique. De fait, l'intérêt majeur porté par les entreprises brésiliennes à ces accords réside dans l'acquisition de technologies et/ou de connaissances.

C'est le cas d'Agroceres, qui a signé des accords de transfert de technologies et de *joint-ventures* avec PIC Pig Improvement Co. et Ross Breeders Co. (Angleterre), dans le secteur de l'élevage, et une licence de commercialisation avec Sakata Semences (Japon) ; par contre, elle n'a pas réussi à dépasser le stade des relations commerciales avec Biótica, une NEB argentine, pour aboutir à une véritable coopération à travers leur entreprise conjointe, Bioceres (projet qui a été suspendu, renforçant la stratégie de recul de l'entreprise dans les activités de biotechnologies).

Du côté de Copersucar, il existe un réseau de coopération très dense, caractérisé par la recherche de nouvelles technologies par transfert technologique ainsi que par de nombreux contacts avec des universités et des centres de recherche nationaux et internationaux (aux Etats-Unis, en Allemagne, en Australie, en Afrique du Sud). Par contre, aucun de cette dizaine d'accords ne l'a été avec une autre entreprise.

Dans le cas des entreprises du secteur papier et cellulose, il y a quelques années, des NEB se sont engagées dans les activités de micropropagation végétale des plantes forestières (notamment des espèces d'eucalyptus). Mais, comme on l'a déjà vu, les grandes entreprises de reboisement ont préféré intégrer cette activité. Cela a permis la production d'arbres aux caractéristiques plus intéressantes, du point de vue industriel, en préservant leurs propres lignages. Les NEB se sont aussi heurtées aux problèmes des coûts de production des plantes améliorées, celles-ci s'avérant parfois beaucoup plus chères que celles issues des techniques de propagation traditionnelles.

Ceci explique que certains accords entre ces sociétés et des NEB aient été suspendus. Acesita Energética et Duratex (la plus grande entreprise de plaques de fibres de bois) avaient, par exemple, conclu des accords de coopération avec Bioplanta, chargée du développement de plantes améliorées d'espèces forestières ; mais Acesita a créé son propre laboratoire de culture de tissus. Biomatrix a signé des accords de coopération avec Copener (pour le développement de divers types d'eucalyptus) et le groupe agro-industriel Jari (pour les recherches sur *Gmelinea arborea*), mais ceux-ci ont été suspendus, ce qui a renforcé les problèmes de l'entreprise (Bonacelli, 1994).

Il existe d'autres exemples de grandes entreprises engagés dans les accords de coopération : Rhodia (filiale brésilienne du groupe français Rhône-Poulenc) qui a signé un accord avec l'Universidade Paulista – Unesp – pour la réduction de l'impureté des sols, ICI Sementes qui coopère avec Unesp et Esalq/USP dans le domaine de l'amélioration conventionnelle, Companhia Suzano de Papel e Celulose en relation avec trois centres de recherche attachés à des universités (Esalq/USP, Unesp et l'université fédérale de Viçosa), et Aracruz Celulose qui a une dizaine d'accords avec des laboratoires universitaires, notamment avec Esalq/USP pour les recherches sur la lignine. La liste n'est pas exhaustive, mais le scénario est identique.

Dans le cas des NEB brésiliennes dans l'agriculture et l'élevage, la situation est pratiquement la même : elles établissent des relations avec des instituts publics de recherche ou des universités ; en revanche, les accords interentreprises sont très rares. Voici quelques exemples :

- Leivas Leites SA (qui n'est pas vraiment une NEB) produit notamment des vaccins vétérinaires en collaboration avec l'Université fédérale et le Centre de biotechnologies de Pelotas et avec le Centre de biotechnologies du Rio Grande do Sul ;
- SBS (Biotecnologia e Produção Agrícola) coopère avec l'Embrapa sur des projets de culture de tissus de légumes et de fruits, et sur la multiplication d'espèces forestières et ornementales (Sasson, 1993) ;
- Nitral et Turfal travaillent notamment sur des inoculants : la première maintient des accords de coopération avec l'Embrapa, l'université fédérale du Paraná et l'Unicamp ; la seconde est également en relation avec l'Embrapa ainsi qu'avec l'IPT ;
- Geratec (groupe Defesa, branche des pesticides) cherche à produire des inoculants et des bio-insecticides en collaboration avec le Cenargen/Embrapa ;
- Vallée SA, qui travaille surtout sur les vaccins vétérinaires, a passé certains accords avec des laboratoires de recherche nationaux et internationaux, ainsi que des accords de coopération dans le cadre des projets PADCT (Programme pour le Développement Scientifique et Technologique, coordonné par le ministère de S&T), qui concernent des entreprises et des centres publics de recherche ou des universités, comme Biobrás, Université de Brasília (UnB), IPT, Unicamp et USP.

Il est intéressant d'observer que les NEB Bioplanta et Biomatrix ont essayé de rompre avec cette manière de réaliser des accords de coopération. En effet, l'analyse de leurs réseaux de collaboration révèle une démarche bien différente de celle décrite précédemment : ces entreprises ont cherché à prendre contact et à passer des accords de R&D avec d'autres sociétés, processus peu répandu au Brésil (7).

Du fait de l'absence d'échanges entre les entreprises elles-mêmes, ce ne sont certainement pas celles-ci qui occupent le centre des réseaux, mais les principales institutions publiques de recherche du pays. On peut tirer les conclusions suivantes :

- la dynamique d'évolution de l'agrobiotechnologie au Brésil s'appuie sur les connaissances produites par des instituts publics de recherche et des universités, qui constituent le centre des réseaux d'innovation ;
- les relations en jeu sont plutôt de nature informelle ;
- en faisant un parallèle entre les différents types de réseaux (comme on l'a vu ci-dessus) et les interrelations existantes, les réseaux d'agrobiotechnologie au Brésil sont du type « dispersés », car « les relations entre les acteurs existent, mais leur densité est faible. Les "traductions" qui permettent de passer d'un registre à un autre, de la science à la technologie, par exemple, ne sont pas encore bien établies. Par opposition au "réseau convergent", dans le "réseau dispersé" il est difficile à un acteur donné de mobiliser le reste du réseau » (OCDE, 1992: 90) ;
- ce contexte dépend aussi du très faible nombre de laboratoires privés de recherche, au plan national, puisque, selon Nelson (1993), ceux-ci constituent le point de convergence le plus important dans un système d'innovation ;
- les investissements privés, dans le cas des NEB, sont orientés vers des niches de marché et, dans le cas des grandes entreprises, vers des activités très ponctuelles (presque exclusivement pour régler un problème spécifique dans les opérations de production) ; il a été ainsi adopté une stratégie de veille technologie plutôt que de viser au leadership technologique (Arora & Gambardela, 1990) ;

- Vallée SA apparaît comme l'unique NEB dans le secteur de l'agriculture et de l'élevage impliquée dans un réseau de coopération qui englobe une autre entreprise ;
- les activités des NEB sont plus spécialisées que celles des instituts publics (où la recherche est généralement moins protégée et plus ouverte) ; mais, on observe que les entreprises au Brésil ne sont pas très attirées par les techniques les plus sophistiquées (sauf pour les marques génétiques) : leurs besoins trouvent des réponses grâce à des technologies de niveau intermédiaire de sophistication ;
- les accords passés en grande majorité avec des institutions nationales montrent que les réseaux ne sont pas très ouverts sur l'étranger : les firmes brésiliennes ne présentent pas beaucoup d'accords avec des entreprises étrangères sur les marchés mondiaux. L'économie n'est donc guère tournée vers l'extérieur ; les exceptions sont Vallée, Agrocères, Aracruz Celulose et Copersucar ;
- le caractère cumulatif de l'aptitude technico-scientifique interne (notamment en génie génétique), malgré son importance dans l'apprentissage de nouvelles techniques biotechnologiques, semble chaque fois plus insuffisant afin de permettre au pays d'accompagner l'évolution des biotechnologies au niveau mondial.

Conclusions

Le système d'innovation au Brésil – et dans la majorité des pays d'Amérique latine – a connu une croissance dispersée, sans engendrer de flux de demandes entre les acteurs concernés (Herrera *et alii*, 1991). La structure de R&D s'est développée de façon accélérée dans le pays, à partir de la fin des années 1960, lorsque la politique de science et de technologie est devenue un élément plus systématique dans les divers plans nationaux de développement qui ont été entrepris. Sans déconsidérer les spécificités des Programmes Basiques de Développement Scientifique et Technologique successifs, le système de financement de la recherche qui a été mis en place n'a pas entretenu beaucoup de relations avec le tissu productif brésilien, celui-ci s'étant pourtant renforcé à la même époque (Guimarães, 1993).

Ainsi, un concept d'« offre de connaissances » s'est concrétisé à travers le financement des institutions publiques de recherche et d'enseignement, engendrant un modèle de science et de technologie (S&T) largement fondé sur les déterminations endogènes de la communauté scientifique. Dans ces conditions, le système de S&T s'est développé et s'est reproduit sans véritable articulation avec le secteur productif. Il a assuré la formation et le développement d'une communauté scientifique de caractère académique et peu ouvert.

Les acteurs institutionnels n'ont pas établi des rapports très étroits, malgré un contexte dont les conditions techniques étaient favorables. Comme on l'a déjà souligné, la plus grande partie du budget de la S&T (celui-ci arrive aujourd'hui à 0,3 % du PIB, alors que l'idéal se situerait entre 1 % et 2 %) a été destinée à la recherche publique. Ces 20 dernières années, entre 80 % et 90 % des ressources gouvernementales ont été versées aux institutions publiques de recherche et d'enseignement (8).

La biotechnologie, présentant un champ de développement scientifique et technologique qui ne peut négliger les réseaux de coopération, se situe au Brésil, depuis ces

15 dernières années, dans un espace institutionnel peu propice tant à la recherche privée qu'à la recherche publique.

Dans le secteur privé, la création d'entreprises spécialisées est restreinte : par manque de sources de financement appropriées ; par le désintérêt des grandes firmes à exploiter l'*expertise* qu'elles préconisent ; parce que les canaux de liaison avec les institutions publiques de recherche sont très fragiles ; et enfin parce que rien ne stimule l'existence de « chercheurs-entrepreneurs », figures typiques de la structure américaine (9).

Par ailleurs, un système de S&T dispersé ne favorise pas non plus l'engagement des grandes entreprises dans le domaine. Elles forment leurs propres réseaux de coopération pour le transfert de connaissances et l'acquisition de capacités technologiques. C'est le cas pour des entreprises des secteurs sucre-alcool et forestier ; elles sont en train de créer des consortiums de R&D pour le développement des techniques et des connaissances fondamentales concernant les biotechnologies modernes, comme la carte génétique des espèces et l'identification de marqueurs qui pourront aider le travail d'amélioration génétique.

Dans le secteur public, la situation qui a prédominé dans la formation des institutions d'enseignement et de recherche (relativement distante des objectifs productifs) n'est plus suffisante. La complexité, la vitesse et l'orientation que prennent les nouvelles connaissances en la matière, exigent la collaboration et l'intégration institutionnelle, publique et privée. Les demandes d'inter- et de pluridisciplinarité en biologie moléculaire et la perte relative de spécificité entre les génétiques (microbienne, végétale, animale et humaine), mettant en évidence la nécessité d'intégrer de nouvelles aptitudes pour l'amélioration génétique, par exemple, imposent, en effet, le recyclage des connaissances de base existantes.

Dans ce contexte, la recherche agricole – spécialement dans les pays moins développés – est exemplaire, car elle constitue la plus importante branche de compétences scientifiques et technologiques. Cela est incontestable au Brésil et dans d'autres pays de l'Amérique latine. Pourtant, la compétence actuelle en terme d'amélioration génétique végétale est sérieusement menacée d'obsolescence, si de nouvelles connaissances ne sont pas rapidement acquises et intégrées. Le sélectionneur d'aujourd'hui – et plus encore dans les 10 années à venir – dépend de moins en moins de la connaissance agronomique spécifique et de son *feeling* pour développer les variétés améliorées ; en revanche, il dépend de plus en plus de sa compétence dans l'identification, le marquage et le transfert de gènes. Autrement dit, le sélectionneur doit disposer des connaissances et des équipements nécessaires au traçage d'une carte, à l'interprétation et au marquage des gènes, ainsi qu'à la simulation, grâce aux *softwares*, des recombinaisons génétiques et de leurs effets agronomiques. Le champ de ces connaissances est encore plus vaste que celui qui a fourni les bases de la génétique mendélienne classique (10).

En outre, même si les biotechnologies actuelle font appel à des connaissances essentiellement basiques – la biologie moléculaire –, elles prennent aussi une direction clairement appliquée. Les nouvelles compétences en gestation feront la liaison directe entre la discipline de base (la biologie) avec le développement technologique industriel

et agricole. Cela signifie que l'orientation du développement scientifique sera en étroite liaison avec l'application productive. Il est donc évident que les réseaux de coopération doivent s'appuyer sur la participation des secteurs public et privé, qui dépendent d'eux pour réussir.



NOTES

- 1) Du fait des rapports des prix internationaux et de la politique macro-économique, les importations ont augmenté et la production a été réduite à 47 % du besoin du pays en 1992 (Mendes, Ramalho Jr & Lacerda, 1994).
- 2) Ce montant inclut le chiffre d'affaires de la NEB brésilienne Bioplanta (7 millions de dollars), qui se situe très loin devant les autres NEB. En réalité, ce résultat a été obtenu par Bioplanta grâce, presque en totalité, à la vente de semences ordinaires de légumes. La stratégie commerciale et financière de cette entreprise a consisté à obtenir des retours à court terme et à soutenir son flux d'investissements dans des projets orientés vers les activités biotechnologiques (pour plus d'informations sur cette NEB, voir Bonacelli, 1994).
- 3) Ici, on peut évoquer le cas de Biobrás, une NEB brésilienne qui produit de l'insuline et qui est la première sur le marché national de ce produit.
- 4) Lundvall (1988) abonde dans le même sens, malgré une analyse centrée plutôt sur les relations utilisateurs/producteurs des technologies. Pour cet auteur, l'intensité de ces relations est la base de la formation des systèmes nationaux virtuels, systèmes développés depuis ces 30 dernières années dans les pays d'économie capitaliste.
- 5) Selon Callon (1994 : 16-7), les « intermédiaires » donnent un contenu matériel aux liens qui unissent les acteurs ; « il peut s'agir de documents écrits (articles scientifiques, rapports, brevets, modes d'emplois), de compétences incorporées (chercheurs en mobilité, ingénieurs passant d'une firme à une autre), d'argent (contrat de coopération entre un centre de recherche et une entreprise, prêts financiers, achat par un client d'un bien ou d'un service), d'objets techniques plus ou moins élaborés (prototypes, machines, échantillons, produits destinés à la consommation finale...) ».
- 6) Une vaste littérature analyse la question des accords de coopération en biotechnologie d'une façon générale, mais aussi en se référant aux réseaux. Par exemple : Pisano (1991) ; Pisano *et alii* (1988) ; Lévêque *et alii* (1993) ; Joly (1993, 1990), Barley *et alii* (1993) ; Powell & Brantley (1993).
- 7) Bioplanta a connu 11 accords de recherche, notamment dans les branches fruitières (tropicales et tempérées), forestières, de semences (pomme de terre pré-basique) et de pousses (légumes). Biomatrix, quant à elle, a signé 6 accords concernant le développement dans ces mêmes domaines ou presque, ainsi que celui d'espèces ornementales.
- 8) Au début des années 1980, 90 % des dépenses avec S&T ont concerné les institutions publiques, 6 % les entreprises d'Etat et seulement 4 % le secteur privé (Guimarães, 1993 : 18-19).
- 9) Sur ce dernier aspect, Sharp (1985) et Mowery & Rosenberg (1993) affirment que la structure de soutien aux universités publiques (dans laquelle le chercheur trouve une couverture de ses besoins salariaux et de recherche), n'incite pas à capter des sources externes de financement, ni à la création d'entreprises technologiques, à partir de la figure du « chercheur-entrepreneur ».
- 10) La question est aussi bien qualitative que quantitative. L'Association brésilienne d'entreprises de biotechnologie (Abrabi) évalue qu'il existe un univers de 2 000 chercheurs impliqués dans les techniques de base des biotechnologies modernes dans le pays et que, seulement 10 % d'entre eux travaillent dans le secteur privé. Au siècle prochain, pour atteindre un palier de 6 milliards de dollars de marché pour les produits et les procédés biotechnologiques, il faudrait que le nombre de chercheurs s'élève à 12 000, et que 70 % travaillent dans le secteur privé. Ces chiffres, bien qu'impressionnants, donnent un bon exemple du défi à relever par des pays comme le Brésil.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Arora, A. & Gambardella, A. « Complementarity and external linkages : the strategies of the large firms in biotechnology ». *The Journal of Industrial Economics*, vol. XXXVIII, n° 4, 361-80, 1990.
- Barbanti, P. ; Gambardella, A. & Orsenigo, L. *The Evolution of the Forms of Collaboration of in Biotechnology*. Colloque International « Les Accords de Coopération pour la R&D en Biotechnologie », Grenoble, France, oct. 1992.
- Barley, S. ; Freeman, J. & Hybels, R. « Strategic Alliances in Commercial Biotechnology » in Nohria, N. & Eccles, R. (ed.), 1993.
- Bonacelli, M.B.M. « Desenvolvimento da Biotecnologia Vegetal no Brasil : uma Análise de Dois Estudos de Caso de Investimentos Privados ». *Cadernos de Gestão Tecnológica*, n° 17, CYTED/NPGCT-USP, São Paulo, 50 p., 1994.
- Callon, M. « Réseaux technico-économique et irréversibilités » in Boyer, R. ; Chavance, B. & Godard, O. (ed.) *Les Figures de l'Irréversibilité en Economie*. École des Hautes Études en Sciences Sociales, Paris, 1991
- Carvalho, A.P. *Brazil : country study on biotechnology – Liberalizations and competitiveness in biotechnology*. ABRABI, 1994.
- Cerantola, W. A. *Estratégias Tecnológicas das Empresas de Biotecnologia no Brasil : um Estudo Exploratório*. Thèse de MSC, FEA/USP, São Paulo, 1991.
- Freeman, C. *Technology Policy and Economic Performance : lessons from Japan*. Pinter Publishers, Londres, 1987.
- Guimarães, E.A. « A experiência brasileira de política científica e tecnológica e o novo padrão de crescimento industrial ». IEI-UFRJ, *Texto para Discussão*, n° 296, abril, 1993.
- Hagedoorn, J. & Shakenraad, J. « The Role of Interfirm Cooperation Agreements in the Globalisation of Economy and Technology ». *Monitor FAST*, vol. 8, 1991.
- Herrera, A.O. ; Corona, L. ; Dagnino, R. ; Furtado, A. ; Gallopin, G. ; Gutman, P. & Vessuri, H. *Las Nuevas Tecnologías y el Futuro de América Latina - riesgo y oportunidad*. The United Nations University, 1991.
- Jaffé, W.R. « La problemática del desarrollo de las agrobiotecnologías en América Latina ». IICA, San José de Costa Rica, *Série Documentos de Programas (23)*, 1991
- Joly, P-B. « Confiance, pouvoir et apprentissage dans les réseaux de coopération pour la recherche ». *Draft*, 1993.
- Joly, P.B. « Éléments d'analyse des systèmes d'innovation dans le domaine biovégétal : flexibilité et coûts de transaction ». *Revue d'Économie Industrielle*, n° 51, 1990.
- Lévêque, F. ; Bonazzi, C. & Quental, C. *Dynamics of Co-operation and Industrial R&D : First Insights into the Black Box II*. Conference ASEAT – Technology Collaboration : Networks Institutions and States, Manchester, 21-23 april 1993.
- Lundvall, B.A. « Innovation as an Interactive Process: from User-Producer Interaction to the National System of Innovation ». in Dosi *et alii* (eds.) *Technical Change and Economic Theory*. Pinter Publishers, London and New York, 1988.
- Mendes, A.G. ; Ramalho Jr, A. & Lacerda, G.N. « Liberalização de mercados e integração econômica do Mercosul : estudo de caso sobre o complexo agroindustrial tritícola ». *IPEA, Estudos de Política Agrícola (10)*, 1994.
- Mowery, D.C. & Rosenberg, N. « The U.S. National Innovation System ». in Nelson, R.R. (ed.), 1993.
- Nelson, R.R. (ed.) *National Innovation Systems – a comparative analysis*. Oxford University Press, 1993.

- Nelson, R.R. & Rosenberg, N. « Technical Innovation and National System ». in Nelson, R.R. (ed.), 1993.
- Niosi, J. ; Bellon, B. ; Saviotti, P. & Crow, M. « Les Systèmes Nationaux d'Innovation : à la recherche d'un concept utilisable ». *Revue Française d'Economie*, vol. VII, 1, 215-50, 1992.
- Nohria, N. & Eccles, R. (ed.) *Networks and Organizations: structure, form and action*. Harvard Business School Press, Boston, Massachusetts, 1993.
- OCDE, *La Technologie et l'Economie – les relations déterminantes*. Paris, 1992.
- Pavitt, K. « Sectoral Patterns of Technological Change : towards a taxonomy and a theory ». *Research Policy*, 343-73, 1984
- Pisano, P. « The Governance of Innovation : Vertical Integration and Collaborative Arrangements in the Biotechnology Industry ». *Research Policy* (20) 237-249, 1991.
- Pisano, G.P. ; Shan, W. & Teece, D.J. « Joint Venture and Collaboration in the Biotechnology Industry » in Mowery, D.C. (ed) *International Collaborative Ventures in US Manufacturing*. Cambridge, MA, Ballinger Publishers, 1988.
- Powell, W. & Brantley, P. « Competitive Cooperation in Biotechnology : learning through networks ? » in Nohria, N. & Eccles, R. (ed.), 1993.
- Salles Filho, S.L.M. *A Dinâmica Tecnológica da Agricultura : perspectivas da biotecnologia*. Thèse de Doctorat, IE/UNICAMP, Campinas, 1993.
- Salles Filho, S.L.M. ; Silveira, J.M. ; Bonacelli, M.B.M. & Ruiz Olalde, A. « Estrategias Empresariales de Agrobiotecnologías : estudio de Brasil » in Jaffé, W. (ed.) *Estrategias Empresariales en Agrobiotecnologías : 21 estudios de caso*. Serie Publicaciones Miscelaneas, IICA, Costa Rica, 1994.
- Sharp, M. « Biotechnology : watching and waiting » in Sharp, M. *Europe and the new technologies*. London, France Pinter, 1985.
- Sasson, A. *Biotechnologies in Developing Countries : present and future*. Volume 1 : Regional and national survey. UNESCO, 1993.
- Sercovich, F.C. « Industrial Biotechnology Policies : guidelines for developing countries » in Sason, A. & Costarini, V. (eds.) *Biotechnologies in Perspectives : Socio-Economics Implications for Developing Countries*. UNESCO, 1991.



**LES SCIENCES HORS D'OCCIDENT
AU XX^E SIÈCLE**

**SÉRIE SOUS LA DIRECTION
DE ROLAND WAAST**



VOLUME 3

**NATURE
ET
ENVIRONNEMENT**

**YVON CHATELIN
ET CHRISTOPHE BONNEUIL**
ÉDITEURS SCIENTIFIQUES

CRISTOM
éditions

**LES SCIENCES HORS D'OCCIDENT
AU XX^e SIÈCLE**

20TH CENTURY SCIENCES:
BEYOND THE METROPOLIS

**SÉRIE SOUS LA DIRECTION
DE ROLAND WAAST**

VOLUME 3

**NATURE
ET
ENVIRONNEMENT**

NATURE AND ENVIRONMENT

**YVON CHATELIN
ET CHRISTOPHE BONNEUIL
ÉDITEURS SCIENTIFIQUES**

ORSTOM Éditions

L'INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION
PARIS 1995