



ORGANISATION MONDIALE DE LA
PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE



UNION INTERNATIONALE
POUR LA PROTECTION
DES OBTENTIONS VÉGÉTALES

COLLOQUE OMPI-UPOV SUR LA COEXISTENCE DES BREVETS ET DU DROIT D'OBTENTEUR DANS LA PROMOTION DES INNOVATIONS BIOTECHNOLOGIQUES

organisé par
l'Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI)
et
l'Union internationale pour la protection des obtentions végétales (UPOV)

Genève, 25 octobre 2002

CONDITIONS NÉCESSAIRES AU DÉVELOPPEMENT DES BIOTECHNOLOGIES
AGRICOLLES AU BRÉSIL – CONTEXTE NATIONAL ET INTERNATIONAL,
ASPECTS JURIDIQUES ET ASPECTS LIÉS À LA BIOSÉCURITÉ
DES DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

*Exposé présenté par M. Luiz Antonio Barreto de Castro, chef du Centre national
de recherche pour les ressources génétiques et pour la biotechnologie (CENARGEN),
Société brésilienne de recherche agricole (EMBRAPA), Brasilia, Brésil*

LES BIOTECHNOLOGIES – CONTEXTE NATIONAL ET INTERNATIONAL

Après un long silence depuis la conférence d'Azilomar en 1975, les représentants de plusieurs académies des sciences (Royaume-Uni, États-Unis d'Amérique, Inde, Brésil, Mexique, Argentine, Chine ainsi que l'Académie des sciences du tiers monde (TWAF)) ont élaboré, presque un quart de siècle plus tard, un document portant sur la sécurité, d'un point de vue scientifique, des techniques transgéniques de pointe. Dans l'ensemble, les représentants des diverses académies des sciences se sont montrés favorables au développement des biotechnologies. En effet, à l'exception du Royaume-Uni, du Mexique et du Brésil, aucun des pays mentionnés n'a mené de campagnes contre l'utilisation et l'approbation des organismes génétiquement modifiés (OGM). Dans tous les autres pays, la recherche et l'utilisation des produits transgéniques se développent rapidement, ce qui, d'une façon ou d'une autre, est préoccupant pour les deux pays d'Amérique latine susmentionnés, étant donné que les États-Unis, la Chine, l'Argentine et l'Inde sont nos principaux concurrents pour ce qui est de la production et de la commercialisation des céréales au niveau international. Le document en question a été élaboré bien après la commercialisation, en 1995, de la première plante transgénique issue du génie génétique.

Les plantes génétiquement modifiées ont été disséminées dans l'environnement au milieu des années 80. Aujourd'hui, plus de 30 000 essais en plein champ ont été autorisés à travers le monde, dont la moitié aux États-Unis, au Canada et dans certains pays européens. L'Asie et l'Afrique ont du retard dans ce domaine. En Amérique latine, la plupart des disséminations ont eu lieu en Argentine (trois quarts de la totalité des essais ont été réalisés en Amérique latine) et au Mexique. Le Brésil n'a autorisé qu'environ mille essais en plein champ depuis 1996 car sa législation en matière de biosécurité n'a été approuvée qu'en 1995.

Les plantes transgéniques ont commencé à être commercialisées au milieu des années 90; il s'agissait alors de tomates génétiquement modifiées à mûrissement lent, produites par la société Calgene, et du soja résistant à l'herbicide Roundup, mis au point par la société Monsanto. Actuellement, les plantes transgéniques de certaines espèces (par exemple, le soja, le maïs ou le canola) jouent un rôle important dans la production agricole de pays tels que les États-Unis, le Canada ou l'Argentine. Aux États-Unis et en Argentine, le soja transgénique résistant au glyphosate représente déjà respectivement 62% et 98% de la totalité des plantations de soja. Les plantes transgéniques de nombreuses autres espèces, comme la tomate, la pomme de terre ou le coton, sont de plus en plus demandées. La surface totale recouverte de plantes transgéniques dans le monde est passée de 1,7 million d'hectares en 1996 à 60 millions d'hectares en 2002. Les principales caractéristiques des plantes susmentionnées sont la résistance aux insectes, aux virus et aux herbicides ainsi que de meilleures qualités nutritionnelles (par exemple, la composition lipidique du canola génétiquement modifié est différente de façon à limiter les effets potentiellement nocifs de cette huile sur le cholestérol humain). La plupart de ces plantes (environ 90%) ont été créées par des entreprises privées qui ont déjà des activités en Amérique latine (par exemple, Monsanto, Syngenta, Aventis, Dupont, BASF, Dow et récemment Bayer).

Cela dit, on considère que le génie génétique n'est qu'à son stade initial puisque, jusqu'à très récemment, il a porté sur moins d'une demi-douzaine de gènes, provenant principalement de bactéries. De plus, il n'a pas encore résolu les problèmes agricoles les plus sérieux, tels que la fixation de l'azote sur les plantes graminées ou la résistance aux différentes formes de stress végétal. Il n'a pas non plus permis de modifier le principal processus physiologique régulant le flux énergétique des plantes, à savoir la photosynthèse étant donné que les principaux processus physiologiques et biochimiques sont très complexes

et qu'ils n'ont pas encore été décodés au niveau moléculaire, condition nécessaire pour leur manipulation génétique. Néanmoins, cette situation a rapidement changé avec l'émergence de la génomique, en particulier après le séquençage du génome *Arabidopsis thaliana*. De récents progrès réalisés dans ce domaine ont clairement montré que les biotechnologies sont importantes pour faire face à l'augmentation de la concurrence due à un marché agricole mondialisé, exigeant une réduction des coûts et la possibilité de produire des cultures dans des conditions atmosphériques et pédologiques défavorables, au moyen de variétés résistant à la sécheresse et à l'aluminium, et absorbant mieux le phosphore. La "révolution verte", durant laquelle on s'est efforcé essentiellement de fournir des facteurs de production, a fait place à la "révolution des OGM" : l'écologie a en quelque sorte supplanté la biotechnologie. Toutes les questions que nous avons évoquées sont absolument fondamentales et vont changer les disponibilités alimentaires dans le monde entier, mais le secteur des biotechnologies les évite parce qu'elles exigent des projets à long terme.

Par souci de biosécurité, l'industrie brésilienne des biotechnologies agricoles ne se développe pas de la même façon que les autres secteurs agricoles. **Elle se doit de fournir aux consommateurs des informations précises relatives à la sécurité des produits dérivés de cette nouvelle technologie, en se référant aux bases scientifiques les plus fiables.** Cette approche est problématique pour trois raisons stratégiques principales :

1. La biotechnologie agricole, d'où sont issus des produits radicalement différents de ceux qui sont déjà disponibles, a des incidences sur les marchés en place, tels que le marché des semences ou celui des pesticides.
2. Nombre de gouvernements, impatient de promouvoir le développement rapide de la biotechnologie agricole dans leur pays, n'ont pas mis en place un cadre juridique et institutionnel spécifique pour traiter des questions de biosécurité directement liées aux biotechnologies. Ils ont préféré adapter la législation en vigueur et les infrastructures en place, ce qui a empêché l'Académie scientifique de participer librement et officiellement aux processus de décision dans le domaine de la biosécurité. Toutefois, des organisations telles que l'International Food Information Council Foundation (IFIC) ou le Council for Information in Biotechnology (CIB) diffusent désormais au public des informations scientifiques pertinentes aux États-Unis et dans d'autres pays.
3. D'autres pays, en particulier ceux de l'Union européenne, ont mis en place tardivement l'infrastructure institutionnelle et le cadre juridique nécessaires pour traiter de la biosécurité des OGM et n'ont manifestement pas été prêts à prendre des décisions lorsque des millions de tonnes de céréales génétiquement modifiées sont arrivées des États-Unis, d'Argentine et du Canada au milieu des années 90 et lorsque, parallèlement, le grand public s'est fortement opposé aux OGM sous l'influence d'organisations non gouvernementales comme Greenpeace.

On ne peut nier le rôle important que joue la protection du marché dans les décisions prises par les gouvernements en ce qui concerne les biotechnologies et les nouvelles technologies en général, mais cette question ne sera pas abordée dans le présent document. Nous nous intéresserons plus particulièrement à la stratégie adoptée à l'égard des biotechnologies agricoles dans les pays où celles-ci se sont développées rapidement, contrairement aux pays européens. Enfin, nous ferons une comparaison avec la situation au Brésil afin de proposer des pistes pour l'élaboration d'une stratégie de développement des biotechnologies dans ce pays.

LA BIOTECHNOLOGIE ET LA BIOSÉCURITÉ – RAPPEL HISTORIQUE

Lorsque le génie génétique a fait son apparition aux États-Unis, au début des années 70, on ne dénombrait qu'une petite dizaine de groupes de recherche connaissant bien cette technologie et que neuf sociétés biotechnologiques dans tout le pays. Depuis, les États-Unis ont développé un secteur biotechnologique puissant, dont les opérations financières dépassent les dix milliards de dollars par an, principalement dans le domaine de la santé humaine (Biotech 91 : A Changing Environment, éditeur : Ernst Young). Soixante-dix pour cent de ces entreprises ont leur siège aux environs des principaux centres de santé du pays (Californie, sur la côte ouest, et Boston/New York/Washington, sur la côte est). Les investissements dans ce domaine, qui, au fil des ans, ont atteint plusieurs dizaines de milliards de dollars, proviennent essentiellement du secteur privé.

Toutefois, l'émergence du génie génétique a suscité rapidement des inquiétudes croissantes chez les consommateurs quant aux problèmes de biosécurité et de bioéthique liés aux activités et expériences menées en laboratoire et quant aux dégâts environnementaux et écologiques susceptibles d'être occasionnés par les organismes transgéniques. Ces inquiétudes sont nées des possibilités qu'offre le génie génétique de combiner des gènes d'organismes éloignés et incompatibles sur le plan phytogénétique à l'intérieur de génomes de végétaux ou d'animaux.

La réaction immédiate de la communauté scientifique américaine à ces nouvelles possibilités a été relativement forte et a conduit à proposer, au cours de la conférence d'Azilomar, à San Diego en Californie, un moratoire sur l'utilisation du génie génétique sur les organismes hautement pathogènes pour l'homme. Cette décision a été maintenue jusqu'à ce que le National Institute of Health, à la demande de l'Académie américaine des sciences, élabore un ensemble de directives relatives à la biosécurité en vue de l'utilisation du génie génétique en laboratoire. Ces directives, qui ont été rapidement adoptées par les pays du monde entier, y compris le Brésil et d'autres pays d'Amérique latine, garantissent ainsi la sécurité en laboratoire.

Entre-temps, des organisations européennes et d'Amérique du Nord ont mis en place des mécanismes visant à évaluer et gérer les éventuels risques liés à la dissémination des organismes transgéniques dans l'environnement. Pour y donner suite, nombre de pays, notamment le Brésil, ont élaboré des règles relatives à la biosécurité dans le cadre d'une infrastructure institutionnelle et d'une législation spécifiques, fondées sur ces directives, l'objectif étant de réglementer l'utilisation du génie génétique et la dissémination dans l'environnement des organismes génétiquement modifiés. D'autres pays, comme les États Unis, ont préféré adapter la législation et les institutions existantes pour rendre compte de cette nouvelle question scientifique. Cependant, certains pays européens ainsi que le Japon n'ont encore pris aucune mesure à cet égard et se contentent encore de suivre des recommandations et des directives.

Même si différents pays adoptent différentes stratégies pour évaluer la biosécurité des organismes génétiquement modifiés, il s'avère que les gouvernements ont, pendant plus de deux décennies, encadré et supervisé des activités biotechnologiques ainsi que la création des produits qui en résultent dans le monde entier, avec de très bons résultats. **Depuis l'émergence de la biotechnologie, il y a 30 ans, on n'enregistre aucune forme de dommages environnementaux ou humains dans les pays appliquant les principes d'évaluation et de gestion des risques s'appuyant sur des normes relatives à la biosécurité.** En effet, le génie génétique a permis de réaliser des progrès considérables, en

particulier dans les domaines de la santé et de l'agriculture. Les pays en développement souhaitant pratiquer le génie génétique ou coopérer avec des pays industrialisés chefs de file doivent adopter des directives ou des lois traitant spécifiquement de biosécurité. Il s'agit là d'une condition nécessaire pour recevoir des fonds de la part d'organismes internationaux. Cette exigence était également prévue dans la Convention sur la diversité biologique, qui a conduit à la signature du Protocole de Carthagène, récemment approuvé par le Canada.

LA BIOSÉCURITÉ EN EUROPE ET AUX ÉTATS-UNIS

Il y a eu de vives réactions contre la consommation humaine d'OGM et de produits dérivés, en particulier en Europe, et des inquiétudes concernant les éventuels effets nuisibles de ces organismes sur l'environnement. Ces réactions négatives ont été provoquées par des campagnes organisées principalement par des organisations non gouvernementales. Il importe, même si ce n'est pas toujours facile, de faire la distinction entre les craintes justifiées d'effets possibles de ces plantes sur l'environnement et les initiatives qui, bien qu'apparemment écologiques, ne sont destinées qu'à défendre des parts de marché. Il importe par exemple de tenir compte du fait que le transfert de gènes de plantes transgéniques dans des espèces analogues peut donner naissance à des "super-mauvaises herbes". Il ressort d'articles exploratoires, publiés dans des revues scientifiques, que la biologie du développement n'est pas régie par des règles permettant de garantir l'évolution et la différenciation des espèces. Celles-ci possèdent leurs propres mécanismes, conçus il y a des centaines de millions d'années pour "surveiller" leur génome au niveau moléculaire de façon à minimiser les risques d'introduction de gènes étrangers dans leur patrimoine génétique. Le fait que l'on puisse transférer un gène d'une plante transgénique à une espèce sauvage ne signifie pas pour autant que l'on va nécessairement créer une "super-mauvaise herbe". La question essentielle concernant ce transfert est de savoir quels seraient ses avantages en termes d'adaptation et d'évolution.

Deux cas n'ont pas suivi une approche scientifique rationnelle : la pomme de terre génétiquement modifiée qui exprime un gène codifiant une lectine légumineuse, et l'effet de la toxine "Bt" sur les lépidoptères (le monarque). La réaction des médias au premier cas a été étonnante compte tenu de la qualité de cette expérience scientifique, qui a été plus tard réfutée par l'Académie britannique des sciences. Le second cas rend compte d'une première expérience menée dans des conditions différentes de celles que l'on observe naturellement dans une plantation de maïs. Les éventuels effets montrés par cette expérience ont été infirmés par d'autres expériences menées ultérieurement. La validité scientifique de ces expériences semble donc être douteuse; la démarche paraît typiquement opportuniste.

Il reste que ces expériences ont eu un effet désastreux sur la biotechnologie agricole. À la suite de l'expérience menée par le professeur Pusztai sur les pommes de terre, des chaînes de supermarchés européennes ont annoncé qu'elles ne vendraient plus de produits transgéniques. Des essais de plantes transgéniques ont été littéralement détruits en Belgique, au Brésil et au Royaume-Uni. La France, l'Autriche et le Luxembourg ont demandé un moratoire sur les produits transgéniques et se sont réservé le droit de rejeter les OGM qui avaient été auparavant approuvés en vue de leur commercialisation en Europe (par exemple, le maïs ou le canola). À la suite de ces expériences, aucun autre produit transgénique n'a été ajouté à la liste de ceux qui avaient été approuvés par l'Union européenne. Ces expériences n'ont eu en revanche aucun effet aux États-Unis.

Plusieurs raisons peuvent expliquer de telles réactions différentes. Dans de nombreux pays européens, la compétence des gouvernements à tenir les consommateurs correctement informés est remise en question depuis l'épidémie de la maladie de la vache folle et sa transmissibilité à l'homme, la commercialisation de la viande contaminée par des bactéries pathogènes pour l'homme, l'utilisation de la dioxine, une substance cancérigène, et la diffusion du sang contaminé par le VIH. Cette remise en question ne concerne pas les États Unis. En effet, les Américains n'ont pas de fortes raisons de se méfier de leur Ministère de l'agriculture, de l'Administration fédérale pour l'alimentation et les produits pharmaceutiques ou du Centre de prévention des maladies, les organismes chargés de contrôler et d'approuver les OGM.

Le développement des biotechnologies agricoles présente un autre intérêt pour le gouvernement américain, à savoir le renforcement de la compétitivité de son industrie agricole, qui exige des subventions. En Europe, par ailleurs, l'agriculture, qui reçoit aussi des subventions du gouvernement, est actuellement en perte de vitesse et dépend donc de plus en plus de l'importation de produits tels que le soja. Nous voyons que le débat est loin de se limiter à la question de savoir si les OGM sont sûrs pour la consommation humaine; l'Europe et les États-Unis porteront l'affaire devant l'OMC si les actuelles représailles concernant l'importation de produits agricoles se poursuivent.

LA BIOTECHNOLOGIE ET LA BIOSÉCURITÉ AU BRÉSIL

Le Brésil a acquis des connaissances scientifiques dans pratiquement tous les domaines liés à la biotechnologie de pointe, tels que le génie génétique, la génomique ou la protéomique. Depuis des décennies, il fait preuve de compétence en génétique végétale et en création génétique pour les zones tropicales. Le pays est attrayant à bien des égards : c'est l'un des derniers pays où l'agriculture doit encore se développer considérablement et c'est en même temps un sous-continent présentant une grande biodiversité; on peut en effet y trouver la plupart des gènes nécessaires au développement de la biotechnologie moderne pour les zones tropicales.

Comparé aux autres pays, le Brésil présente la plus grande biodiversité : il possède environ 250 000 espèces végétales connues, dont 30% sont potentiellement comestibles. Au fil des siècles, l'homme n'a pas utilisé plus de 1% de ces plantes pour la consommation. En effet, la base de la nutrition humaine n'est composée que de 0,2% de ces espèces. La forêt tropicale humide – une zone couvrant environ 7% de la planète – contient, selon certaines études, environ 50% de la biodiversité mondiale. D'autres écosystèmes ou régions, comme la *caatinga* ou la forêt atlantique, sont également d'importantes sources de gènes.

Afin de garantir un développement sûr de la biotechnologie, le Brésil a élaboré, dans le cadre d'une législation spécifique, des règles en matière de biosécurité visant à contrôler l'utilisation du génie génétique et la dissémination des organismes génétiquement modifiés dans l'environnement. Cette législation a défini les obligations, les compétences et la composition de la Commission technique nationale de biosécurité – CTNBio – faisant partie intégrante du ministère de la science et de la technologie. Cette commission est composée de membres représentant le pouvoir exécutif, le secteur privé, le secteur scientifique (18 spécialistes de chaque domaine lié aux biotechnologies), les consommateurs, ainsi qu'une organisation légalement constituée chargée de protéger la santé des travailleurs. Depuis sa création en juin 1996, le CTNBio est actif dans le domaine des biotechnologies. Les infrastructures juridique et institutionnelle de la biosécurité au Brésil, visant à contrôler la

dissémination des produits transgéniques dans l'environnement, a ainsi été créée. Depuis lors, la CTNBio, qui tient des réunions mensuelles, élabore la plupart des règles en matière de biosécurité nécessaires pour appliquer cette législation avec une grande rapidité et un grand discernement. En outre, elle a autorisé, conformément à ces normes, plus de mille essais en plein champ sur des plantes transgéniques et a autorisé plusieurs institutions et laboratoires publics et privés à avoir des activités dans divers domaines du génie génétique. Un laboratoire de génie génétique ne peut recevoir des fonds publics pour ses travaux de recherche que s'il est reconnu et autorisé par la CTNBio.

Le rejet des biotechnologies a commencé au Brésil en 1997. Greenpeace a trouvé des partenaires parmi d'autres organisations non gouvernementales, telles que l'IDEC (l'Institut de défense du consommateur), parmi des institutions publiques telles que l'IBAMA (l'Institut brésilien de l'environnement, qui dépend du ministère de l'environnement) et dans le système judiciaire. On mentionnera également le rôle joué par les médias traitant le plus souvent des biotechnologies de façon négative et sensationnelle. Il n'est donc pas étonnant que, dans l'État de Rio Grande do Sul, où le parti travailliste mène des actions analogues à celles observées en Europe, des essais en plein champ soient détruits et des sociétés prises d'assaut.

Comme nous l'avons vu, le Brésil est confronté à de nombreuses difficultés qui l'empêchent, par voie de droit, depuis 1998, de disséminer des produits transgéniques sur son territoire, contrairement aux États-Unis, au Canada, à l'Australie, à l'Argentine, à l'Inde et à la Chine, qui sont tous de grands exportateurs de matières premières et de gros concurrents sur le marché international. Qui seront les vainqueurs du moratoire et des campagnes menées contre les biotechnologies au Brésil? : L'industrie des pesticides et les concurrents du Brésil sur le marché des matières premières. Qui seront les perdants? : Seulement le Brésil.

LES DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE ET LES BIOTECHNOLOGIES AU BRÉSIL

LA LOI BRÉSILIENNE RELATIVE À LA PROTECTION DES OBTENTIONS VÉGÉTALES

Le Brésil a élaboré une loi visant à protéger les droits des obtenteurs, (Loi n° 9456/97 relative à la protection des obtentions végétales) qui repose presque entièrement sur l'Acte de 1978 de la Convention UPOV – Convention internationale pour la protection des obtentions végétales. Trois articles de cet acte sont cités en référence ci-après :

Article premier : objet : reconnaître et assurer un droit à l'obtenteur d'une variété végétale nouvelle ...

Article 2 : formes de protection : un titre de protection ou un brevet – l'une des deux formes.

Article 5 : étendue de la protection : matériel de multiplication végétative ..., l'autorisation de l'obtenteur ou de son ayant cause n'est pas nécessaire pour l'emploi de la variété nouvelle comme source initiale de variation en vue de la création d'autres variétés nouvelles.

La loi brésilienne ne prévoit pas l'étendue de la protection aux produits commercialisés. Celle-ci ne concerne donc que le matériel de multiplication. Ainsi, conformément à cette loi,

le certificat de protection des obtentions végétales est le seul titre de protection s'appliquant aux variétés végétales, qui puisse empêcher la libre utilisation de plantes ou de leur matériel de reproduction ou de multiplication végétative (article 2). De même, conformément à l'article 8, la protection concerne le matériel de reproduction ou de multiplication végétative de la plante entière. À l'article 10, il est stipulé que le droit de l'obtenteur sur une variété végétale n'est pas réputé violé par toute personne :

i) qui stocke ou plante des semences à titre privé sur son terrain ou sur le terrain de tiers, qu'elle possède;

ii) qui utilise ou vend, en tant que nourriture ou matière première, le produit issu de la plantation, sauf à des fins de reproduction;

iii) ou qui utilise la variété végétale en tant que source de variation aux fins d'amélioration génétique ou de recherche scientifique.

Ces principes, sur lesquels repose le droit de l'agriculteur d'utiliser ses propres semences et le droit de l'obtenteur d'utiliser une variété protégée pour créer et commercialiser une nouvelle variété sans aucune restriction (sauf, comme nous le verrons, lorsque le produit créé par l'obtenteur est une variété essentiellement dérivée), relèvent entièrement de l'Acte de 1978 de la Convention UPOV. La législation brésilienne a adopté la notion de variété essentiellement dérivée définie dans l'Acte de 1991 de ladite convention, qui garantit le droit de l'obtenteur d'une variété protégée initiale, lorsque celle-ci est utilisée par un second obtenteur, afin d'obtenir une variété qui en est essentiellement dérivée. La notion de variété essentiellement dérivée définie dans la loi brésilienne n'est pas entièrement conforme à celle de l'Acte de 1991 de la Convention UPOV car, comme nous allons le voir, notre loi ne contient pas l'article 14.5)c) dudit acte. La définition d'une variété essentiellement dérivée est énoncée dans l'article 3 de la loi brésilienne :

- Article 3.ix) : une variété végétale est essentiellement dérivée d'une autre variété végétale à condition qu'elle :

a) soit principalement dérivée de la variété végétale initiale ou d'une autre variété essentiellement dérivée, tout en conservant la possibilité de présenter les caractères essentiels qui résultent du génotype ou de la combinaison de génotypes de la variété végétale de laquelle elle est dérivée, sauf en ce qui concerne les différences résultant de la dérivation.

b) se distingue nettement de la variété végétale de laquelle elle est dérivée, par une marge minimale de descripteurs, conformément aux critères définis par l'organisme compétent.

Ainsi, bien que la loi brésilienne autorise l'utilisation d'une variété protégée comme source de variation aux fins d'amélioration génétique ou de recherche scientifique (article 10.iii)), si la variété végétale protégée est utilisée de façon répétée au cours de ce processus d'amélioration génétique, ou si le produit résultant est une variété essentiellement dérivée d'une variété végétale protégée, l'exploitation commerciale de celle-ci doit être subordonnée à l'autorisation du titulaire de la protection de la variété protégée initiale (article 10, paragraphe 2, ii).

Ainsi, la loi brésilienne relative à la protection des obtentions végétales combine à la fois des principes de l'Acte de 1978 et des principes de l'Acte de 1991 de la Convention UPOV, compte tenu qu'une loi ne doit pas seulement être juste, mais qu'elle doit aussi être applicable. En outre, on comprend fort bien qu'un pays, en particulier un pays en développement, lorsqu'il élabore sa législation, tient compte de ce qui est le mieux pour lui en ce qui concerne le développement des techniques, et de la nécessité d'encourager les investissements d'entreprises étrangères et nationales dans celles-ci. L'élaboration de la loi, conformément aux notions susmentionnées et par opposition à la délivrance de brevets pour les plantes, a reposé sur trois facteurs principaux :

1. Le Brésil est un pays très vaste, qui compte des millions d'exploitations agricoles, dont la majorité sont très petites. L'applicabilité du titre de protection d'une obtention végétale, qui s'étendrait au-delà du matériel de reproduction ou de multiplication végétative, a été jugée extrêmement difficile.
2. Les variétés végétales essentiellement dérivées représenteraient le moyen le plus rapide et le plus facile de combiner à la fois les meilleurs gènes issus du génie génétique et les meilleures techniques génétiques élaborées dans le cadre de programmes nationaux ou régionaux de sélection végétale, tels que ceux qui ont été mis en œuvre par les institutions publiques et privées, qui sont en place au Brésil depuis des décennies.
3. L'adoption d'une loi autorisant la délivrance de brevets pour des produits biotechnologiques conjointement avec une loi sur la protection des obtentions végétales représente un grand défi, mais favorisera le meilleur environnement économique ainsi qu'un marché ouvert à la concurrence pour les sociétés spécialisées dans le génie génétique et dans l'amélioration des plantes, en offrant la possibilité d'introduire le même gène breveté dans plusieurs variétés protégées et de transformer la même variété protégée au moyen de plusieurs gènes brevetés.

Il a été décidé d'adopter le principe des variétés essentiellement dérivées, énoncé dans l'Acte de 1991 de la Convention UPOV, parce que ces variétés, obtenues par rétrocroisement de plantes élites transformées (une plante élite est une plante modifiée par génie génétique dans le sens où elle exprime de façon appropriée et stable le gène concerné) en variétés adaptées à la commercialisation, au cours du processus de création de variétés issues du génie génétique, présentent de grands avantages :

1) elles offrent d'excellentes conditions de confinement sur le plan de la biosécurité, empêchant la dissémination involontaire des gènes issus du génie génétique dans l'environnement, leur introgression pouvant être réalisée en serre;

2) elles permettent une introduction très rapide et facile des gènes d'intérêt issus du génie génétique dans un certain nombre de variétés élites bien adaptées au marché;

3) il n'est pas nécessaire de réaliser des essais en plein champ fastidieux portant sur l'interaction génotype/environnement, étant donné que les variétés essentiellement dérivées résultantes sont, par définition, très semblables aux variétés élites adaptées au marché, qui ont été auparavant sélectionnées en vue de l'introgression des gènes issus du génie génétique.

LA LOI BRÉSILIENNE RELATIVE AUX BREVETS

Le Brésil a adopté une nouvelle loi relative aux brevets (loi n° 9279/96) en 1996, un an avant l'adoption de la loi relative à la protection des obtentions végétales, décrite ci-dessus, à la suite des négociations des accords de l'OMC sur les ADPIC. Avant que la nouvelle loi entre en vigueur, la loi brésilienne relative aux brevets de 1973 ne prévoyait évidemment pas la possibilité de breveter des organismes vivants. La biotechnologie est apparue en 1973 en Californie, lorsque que Herbert Boyer a exprimé un gène codant l'insuline chez l'homme, dans la bactérie intestinale *E. coli*. Ainsi, la législation brésilienne relative aux brevets est devenue caduque l'année où elle est entrée en vigueur. En outre, la loi de 1973 était très restrictive dans le sens où elle empêchait la délivrance de brevets pour des produits pharmaceutiques et d'autres procédés ou produits non conformes à l'Accord de l'OMC sur les ADPIC. Comparés aux résultats d'autres pays en développement, les résultats modestes obtenus par les résidents brésiliens avant l'adoption de la nouvelle loi, en ce qui concerne le nombre de brevets déposés à l'étranger, n'avaient donc rien d'étonnant.

Nombre de brevets internationaux accordés par l'Office des brevets et des marques des États Unis d'Amérique (USPTO) comparé au nombre de brevets accordés à des résidents brésiliens (1980 - 1995)*

BRÉSIL	475
CORÉE DU SUD	3 473
INDE	406
MEXIQUE	1 139
TAIWAN (PROVINCE DE CHINE)	7 608

Les statistiques sont meilleures après l'adoption de la nouvelle loi, même si l'on est conscient que celle-ci, à elle seule, ne favorisera pas un climat favorable à la délivrance de brevets. Un projet de loi sur l'innovation, venant en complément, est en examen au congrès. Il s'avère que, même si le nombre de brevets déposés au Brésil dans le domaine génétique a grimpé en flèche en 2001 pour atteindre 7850, seulement 8% d'entre eux ont été déposés par des résidents brésiliens. Toutefois, des institutions, telles qu'EMBRAPA, qui ont déposé quelque 21 brevets jusqu'en 1995, en ont déposé 141 au cours des six dernières années, après l'adoption de la nouvelle loi relative aux brevets.

L'article 18 de la nouvelle loi brésilienne relative aux brevets traite de la question des biotechnologies : "ne sont pas brevetables : les êtres vivants, en entier ou en partie, à l'exception des micro-organismes transgéniques satisfaisant aux trois critères de la brevetabilité". Il définit les micro-organismes transgéniques comme des "**organismes, à l'exception des plantes ou des animaux sous leur forme complète ou partielle, qui, à la suite d'une intervention directe de l'homme dans leur composition génétique, présentent un caractère dont est normalement dépourvue l'espèce**". Ainsi, à l'exception des procédés biotechnologiques, la loi brésilienne relative aux brevets n'autorise pas la délivrance de brevets pour des plantes ou des animaux génétiquement modifiés.

* Eduardo Albuquerque – Domestic Patents of Brazilian Residents (1980-1995) : Statistical Description, Comparisons Between INPI, and USPTO Data. An Introductory Analysis (SPRU-SUSSEX, TAGS Program and IE/UFRJ).

Malgré les problèmes juridiques liés à la biosécurité, qui empêchent le développement des biotechnologies au Brésil, par suite de l'adoption de la loi relative aux brevets et de la loi relative à la protection des obtentions végétales, plusieurs institutions publiques, organisations à but non lucratif et sociétés privées étrangères sont en train de négocier des accords de coopération dans les domaines de la science et de la technologie, du transfert technologique et du transfert de gènes brevetés dans des variétés protégées de la société EMBRAPA. L'enjeu, comme il est mentionné plus haut, est de faire coexister le droit en vertu de la loi relative à la protection des obtentions végétales, qui protège une variété, avec le droit des brevets, qui protège des produits ou des procédés, lorsque les deux droits seront finalement pris en considération dans la semence d'une variété protégée.

LA LOI BRÉSILIENNE RELATIVE A LA PROTECTION DES OBTENTIONS VÉGÉTALES ET LA LOI BRÉSILIENNE RELATIVE AUX BREVETS SONT-ELLES COMPATIBLES?

Les résultats obtenus à l'échelle mondiale en ce qui concerne la compatibilité entre la loi relative aux brevets et la loi relative à la protection des obtentions végétales fondée sur l'Acte de 1978 de la Convention UPOV sont quelque peu limités parce que :

- 1) un grand nombre de pays ont adopté l'Acte de 1991 de la Convention UPOV, qui est plus conciliable avec le droit des brevets,
- 2) nombre de pays à vocation agricole n'ont pas modifié leur loi relative aux brevets pour y incorporer des dispositions relatives à la délivrance de brevets pour des produits ou des procédés biotechnologiques,
- 3) certains pays en développement, qui sont d'importants producteurs de céréales, ont été lents à adopter les biotechnologies.

Dans le présent document, on se limitera aux résultats obtenus au Brésil, en particulier par la société EMBRAPA, où les négociations avec de grandes multinationales ont augmenté considérablement après l'adoption, au milieu des années 90, des trois lois qui font l'objet du présent document. Notre analyse se limitera donc aux résultats obtenus récemment par la société EMBRAPA, à travers une étude de cas sur le soja.

Pendant plusieurs décennies, le Brésil a acquis des compétences considérables dans le domaine de l'amélioration des plantes, en particulier dans des conditions tropicales. EMBRAPA tient par conséquent une place importante sur le marché des semences :

LA PRODUCTION DE SEMENCES AU BRESIL : VARIETES PRODUITES PAR
EMBRAPA PAR RAPPORT AU NOMBRE TOTAL DES VARIETES
PRODUITES – ANNEE MOYENNE ENTRE 1995 ET 1997 –
(EN TONNES)*

CULTURE	TOTAL (A)	EMBRAPA (B)	% B/A
COTON	27 487	2 983	10,9
RIZ	96 480	137 091	69,8
HARICOT	59 012	25 452	43,1
POMME DE TERRE	136 770	2 040	1,5
FOURRAGE	247 776	170 441	68,8
MAÏS	325 581	72 965	22,4
SOJA	1 716 886	865 770	50,4
BLÉ	449 979	225 275	50,1
TOTAL	3 159 971	1 502 017	47,5

[* Source : EMBRAPA]

Le nombre de variétés protégées de la société EMBRAPA a augmenté considérablement, en particulier après l'adoption de la nouvelle loi relative à la protection des obtentions végétales. Cette société met en œuvre un grand nombre de ses programmes de sélection végétale, notamment le programme relatif au soja, en collaboration avec des fondations à but non lucratif de divers États. Ces fondations non seulement réalisent des essais en plein champ au niveau régional, mais coordonnent aussi des programmes de certification des semences de la même façon que l'American Crop Improvement Association aux États-Unis d'Amérique. Jusqu'à présent, la tendance au Brésil est la suivante : une société spécialisée dans le génie génétique fait appel à EMBRAPA pour lui proposer un procédé technologique breveté (par exemple, un procédé renforçant la résistance des plantes aux herbicides ou aux insectes). On incorpore le procédé dans des plantes (plantes élités) en les transformant à l'aide de "constructions géniques" contenant les gènes nécessaires au fonctionnement du procédé. Ce procédé est par conséquent breveté (il doit l'être au Brésil), les gènes contenus dans la construction génique ne pouvant pas être utilisés étant donné qu'il s'agit d'éléments déterminant le fonctionnement du procédé. Les sociétés spécialisées dans l'amélioration des plantes utilisent ces plantes élités pour créer des variétés qui sont protégées par la loi relative à la protection des obtentions végétales. Les entreprises semencières doivent par conséquent verser des redevances à ces sociétés ainsi qu'un droit d'utilisation de la technique brevetée, et ajouter au coût des semences une certaine marge bénéficiaire. Pour élaborer un scénario réunissant ces trois parties prenantes au développement des biotechnologies, à la création de produits (génétiquement modifiés), à l'élaboration de programmes de sélection végétale (création de variétés) et enfin au développement de l'industrie semencière, nous avons conçu la matrice simple ci-après :

Étude de cas sur le soja

Il s'agit d'un système matriciel élaboré par la société EMBRAPA qui présente les parties prenantes au commerce du soja et leurs attentes quant à la commercialisation de cultivars de soja génétiquement modifiés et résistant au glyphosate

Institution	Science & technologie	Semences	Céréales
Société spécialisée dans le génie génétique	DT	–	–
Société spécialisée dans l'amélioration des plantes	–	RV	–
Entreprise semencière	–	–	VG+B

DT = droit d'utilisation de la technique

RV = redevance sur la variété

VG = valeur globale plus bénéfice

Étant donné que chaque partie prenante est une institution spécialisée, certaines conditions sont nécessaires pour que la matrice soit applicable. Si celles-ci ne sont pas remplies, le marché ne se développera pas et l'ensemble des parties prenantes en pâtiront. Dans l'étude de cas concernée, ces conditions sont les suivantes :

1) la société spécialisée dans le génie génétique est une entreprise multinationale offrant la technique brevetée en tant que plante élite,

2) EMBRAPA est la société spécialisée dans l'amélioration des plantes, qui est à l'origine de la variété protégée,

3) l'entreprise semencière s'applique à produire les semences sous contrat avec EMBRAPA qui offre les semences de base conformément aux règles décrites dans les offres publiques. Elle vend ensuite ces semences aux agriculteurs.

En premier lieu, la société spécialisée dans le génie génétique et la société spécialisée dans l'amélioration des plantes parviennent à un accord contractuel établissant les règles et se conformant aux deux lois brésiliennes : la loi relative aux brevets et la loi relative à la protection des obtentions végétales. Cet accord contient par exemple des règles garantissant le droit des agriculteurs de conserver leurs semences. Il est impossible au Brésil de poursuivre un agriculteur en justice pour conservation de semences. Les sociétés spécialisées dans le génie génétique et dans l'amélioration des plantes négocient librement et de façon indépendante la redevance et le droit d'utilisation de la technique avec l'entreprise semencière. Le bon sens veut que les charges imposées à l'entreprise semencière soient telles qu'elles n'empêchent pas le produit d'être commercialisé et d'être en concurrence avec les autres techniques sur le marché. Ce contrat particulier ne concerne pas le principe d'exception en faveur de l'obtenteur car il ne fait pas partie du processus d'amélioration des plantes, qui sera traité plus tard dans le document. On distingue trois conditions générales pour que la matrice soit applicable :

1) les sociétés spécialisées dans le génie génétique et dans l'amélioration des plantes doivent mettre tout en œuvre pour appliquer les deux lois d'une façon harmonieuse et concertée (pour appliquer la loi relative aux brevets, il faut tenir compte des limites de la loi relative à la protection des obtentions végétales et *vice versa*);

2) si elles détiennent les droits exclusifs des variétés protégées, en particulier si le produit final est une variété essentiellement dérivée, les sociétés spécialisées dans l'amélioration des plantes seront les mieux placées pour négocier avec les sociétés spécialisées dans le génie génétique;

3) les trois parties prenantes doivent exercer pleinement le principe (non exclusif) d'"architecture ouverte" et, autant que possible, concentrer leurs efforts sur les rôles pour lesquels elles sont les plus compétentes, ceci afin d'éviter les activités redondantes inutiles. L'approche adoptée doit être telle que la nouvelle technique se développe à un rythme qui ne porte pas atteinte à la compétitivité à l'échelle internationale du marché des semences et des céréales.

Il est difficile de prévoir si ce système fonctionnera au Brésil parce que, malheureusement, comme il a été mentionné auparavant, les OGM y sont interdits depuis 1998. Cela étant, la société EMBRAPA a mis en évidence quelques pièges à éviter dans le système matriciel en ce qui concerne le Brésil :

1) plusieurs techniques génétiques brevetées ont été déposées il y a de nombreuses années. Les droits de brevet qui leur sont associés ne sont donc encore valables que quelques années avant que ces techniques ne relèvent du domaine public;

2) les producteurs de céréales ont tendance à conserver et à replanter des graines de façon continue, ce qui, même si ce n'est pas illégal au Brésil, réduit le taux de rendement des trois parties prenantes;

3) les variétés essentiellement dérivées, même si elles représentent le moyen le plus rapide et le plus facile d'introduire une technique génétique dans des génotypes adaptés, sont limitées par les caractères que présente la variété initiale de laquelle elles résultent;

4) l'amélioration des plantes ou la phytogénétique revêt une importance stratégique pour le Brésil. Les parties prenantes doivent œuvrer dans le cadre des lois pertinentes d'une façon qui garantisse des compétences durables dans ce domaine et qui permette ainsi l'acquisition progressive de compétences en technologie génétique dans le pays, compte tenu des intérêts des secteurs public et privé.

Enfin, il convient de suggérer avec tact aux entreprises spécialisées dans le génie génétique de ne pas jouer tous les rôles mentionnés dans la matrice. Cette situation est couverte par les lois relatives au comportement monopolistique, visant à empêcher des pratiques qui risqueraient de compromettre l'adoption d'une nouvelle technique. Lorsqu'une seule entreprise remplit les trois rôles, le contrôle des redevances et du droit d'utilisation de la technique fait alors l'objet d'un seul contrôle, ce qui a tendance à augmenter le coût des semences. Nous avons l'impression que la technique pourrait être adoptée beaucoup plus rapidement dans le monde entier si les principales entreprises dans le domaine des sciences de la vie, offrant les premiers produits, n'avaient tendance à agir ainsi. Nous allons présenter deux études démontrant cette possibilité. Des estimations réalisées en 1997 ont montré que le remplacement des pesticides par des OGM permettrait de réduire d'un tiers, sur certaines

cultures, la lutte contre les insectes. En outre, des experts ont prévu que le montant du marché des cultures génétiquement modifiées s'élèverait, en 1998, à 1,3 milliard de dollars des États Unis.

**COUTS LIES A LA LUTTE CONTRE LES INSECTES ET COUTS DE
REPLACEMENT PAR DES OGM**
(en millions de dollars É.-U.)

Culture	Coûts liés à la lutte contre les insectes	Coûts de remplacement par des OGM
Coton	1 870	1 161
Maïs	620	158
Riz	1 190	422
Fruits et légumes	2 465	891
Autres	1 965	*
TOTAL	8 110	2 632

[Données de C. James (1991) revues et enrichies par A. Krattiger (1997)]

* Ces coûts ne peuvent pas être estimés car ils portent sur de nombreuses espèces différentes.

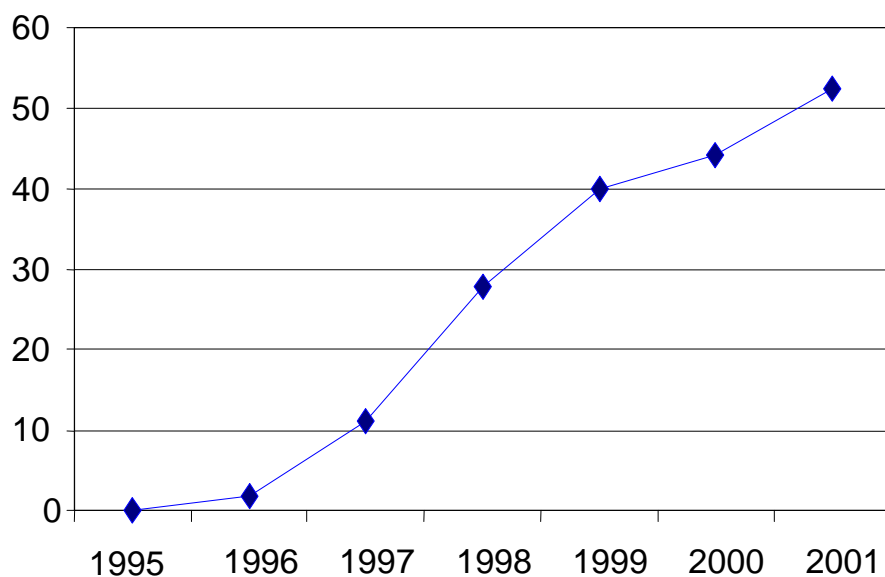
Il est possible, sur la base des chiffres mis à jour correspondant à la surface des OGM cultivée, d'estimer la valeur du marché actuel des OGM.

**VALEUR ESTIMÉE DU MARCHÉ DES CULTURES
GÉNÉTIQUEMENT MODIFIÉES**

Année	Millions de dollars É.-U.
1995	75
1996	235
1997	670
1998	1 350

[Source : Clive James (1998)]

**Surface totale plantée de cultures
transgéniques, 1996-2001
(millions d'hectares)**



Un calcul simple montre que la surface plantée d'OGM a doublé entre 1998 et 2001. Ainsi, on estime que le montant mis à jour du marché des OGM cultivés s'élèvera à 2,7 milliards de dollars des États-Unis ($1,35 \times 2$), les variétés "Bt" (variétés contenant la toxine "Bt" conférant la résistance aux insectes) représentant 50% du marché (qui correspond aux semences contenant la nouvelle technique). Si nous adoptons cette stratégie, le coût des semences des variétés Bt résistant aux insectes s'élèverait à environ 50% du coût prévu du remplacement des insecticides par cette forme d'OGM, ce qui, selon les estimations de 1997, devait réduire d'un tiers la lutte contre les insectes sur certaines cultures (50% de 3,0 milliards de dollars des États-Unis). C'est la raison pour laquelle les variétés Bt de coton sont adoptées si rapidement dans le monde, contrairement aux variétés Bt de maïs. Les cultivateurs de céréales ne voient pas la nécessité de payer plus cher pour les semences contenant la nouvelle technique, car il est impossible de prévoir la présence d'insectes ravageurs du maïs chaque année.

Une étude plus générale consiste tout d'abord à calculer la surface d'OGM cultivée, qui est aujourd'hui d'environ soixante millions d'hectares. La production moyenne de céréales est estimée à trois tonnes par hectare, ce qui correspond à un gain moyen de 100 dollars É.-U. par tonne et, ainsi, à un marché des céréales d'environ dix-huit milliards de dollars É.-U.. Le Brésil importe l'équivalent de 2,5 milliards de dollars É.-U. de pesticides, ce qui permet de lutter contre les ravageurs et les mauvaises herbes sur une surface de 40 millions d'hectares. Ainsi, les pesticides coûtent 62,5 dollars É.-U. par hectare à l'agriculture brésilienne. En extrapolant sur la base d'une surface de 60 millions d'hectares d'OGM cultivés dans le monde entier, le coût des pesticides sans l'emploi de la nouvelle technique s'élève à 3,75 milliards de dollars É.-U.. Si cette technique est adoptée grâce à une réduction des pesticides de l'ordre de 30% de ce coût, cette réduction correspondra à un coût de 1,125 milliard de dollars É.-U., ce qui est proche des chiffres disponibles. La question est alors de savoir combien paie l'agriculteur pour les semences contenant la nouvelle technique. La marge bénéficiaire de ce dernier est étroite (entre 10 et 20%). Ainsi, si nous estimons le montant du marché des céréales transgéniques à 18 milliards de dollars É.-U., cette marge correspond à un coût

compris entre 1,8 et 3,6 milliards de dollars É.-U. Une réduction de 1,125 milliard de dollars É.-U. peut se traduire par une croissance des bénéfices comprise entre 31,25 et 62,5%; Toutefois, ce chiffre est inférieur au montant du marché des semences transgéniques que l'on estime à 2,7 milliards de dollars É.-U. Ce ne sont que des études. Bien entendu, comme il est mentionné ci-dessus, si la technique est adoptée, ce sera grâce à une réduction des coûts de pesticides, mais aussi à d'autres sources de bénéfices. L'absence de travail au sol, par exemple, associée à la résistance aux herbicides, est extrêmement bénéfique aux cultivateurs de soja. Le remplacement des herbicides est donc loin d'être la seule source de bénéfices. Les dernières questions que l'on se pose sont les suivantes : l'adoption des biotechnologies est-elle suffisamment rapide? Que pourrait-on faire dans des pays comme le Brésil pour lever les mesures d'interdiction des OGM? La réduction des coûts des semences pourrait être une solution.

LE PRINCIPE D'EXCEPTION EN FAVEUR DE L'OBTENTEUR EST-IL COMPATIBLE AVEC LE SYSTEME DE BREVET?

Il n'y a pas de réponse toute faite, sinon il n'y aura pas de consensus sur cette question, à moins que nous fassions preuve de bon sens en considérant que, pour encourager l'adoption des biotechnologies agricoles, il est essentiel de faire coexister les deux principes. Si la loi relative aux brevets et la loi relative à la protection des obtentions végétales sont en vigueur au Brésil, c'est parce que nous sommes convaincus qu'il s'agit là de la meilleure stratégie relative aux droits de propriété intellectuelle sur les plantes. Les parlementaires ont envisagé d'autres solutions, mais il a été finalement décidé de mettre en place les deux systèmes pour les raisons susmentionnées. Comment ces deux notions de base pourraient-elles être compatibles? Nous avons vu auparavant comment une société spécialisée dans l'amélioration des plantes, telle qu'EMBRAPA, parvenait à un accord avec une société spécialisée dans le génie génétique en vue de rendre ses variétés de soja résistantes aux herbicides. La question maintenant est de savoir quel sera le droit d'autres obtenteurs d'utiliser la variété protégée de la société EMBRAPA, dont le génome contient le gène de la résistance aux herbicides. Conformément à la loi brésilienne relative à la protection des obtentions végétales, l'obteneur est libre de créer et de commercialiser une nouvelle variété à moins qu'il ne s'agisse d'une variété essentiellement dérivée. Il est entendu que les obtenteurs ne peuvent pas utiliser le gène ou les sondes du gène breveté, ou encore le promoteur de la construction génique, pour accélérer leur programme de sélection végétale. Toutefois, si la résistance aux herbicides ne revêt aucun intérêt pour l'obteneur, il ne serait pas juste de refuser d'accorder l'exception en faveur de l'obteneur pour cette variété car, si le gène est breveté, l'ensemble du génome du soja ne l'est pas. À mon sens, si l'obteneur utilise cette variété résistant aux herbicides pour créer une autre variété de soja, ne présentant pas le caractère de résistance aux herbicides et, de ce fait, n'utilise pas le gène ou des parties du gène en tant que sondes pour son programme de sélection végétale, la loi brésilienne relative à la protection des obtentions végétales garantirait ce droit à l'obteneur. Encore une fois, une loi doit être juste et applicable. Il n'est pas juste d'empêcher l'obteneur d'utiliser toutes les autres parties du génome du soja dans le cadre d'un programme de sélection végétale du fait qu'un seul gène de ce génome est breveté. Le gène lui-même, en revanche, ne peut pas être utilisé. Ce principe est facilement applicable lorsque l'obteneur présente sa nouvelle variété à protéger.

Ainsi, nous avons vu que le Brésil a les moyens, les compétences et les infrastructures juridique et institutionnelle nécessaires pour le développement des biotechnologies agricoles. Ce nouveau contexte a permis à la société EMBRAPA, entre autres, d'être sollicitée de façon répétée par des sociétés d'ingénierie génétique du monde entier, impatientes d'incorporer des

gènes intéressants sur le plan agricole dans les meilleures techniques génétiques (élaborées au cours des 25 dernières années), pour les zones tropicales.

[Fin du document]

** L'auteur est ingénieur en agronomie, diplômé de l'Université nationale d'agronomie en 1962, titulaire d'une maîtrise de science dans le domaine de la technologie des semences de l'Université d'État du Mississippi en 1970, titulaire d'un doctorat de physiologie végétale de l'Université de Californie à Davis en 1977 et il a mené des travaux postdoctoraux en biologie moléculaire végétale à l'Université de Californie à Los Angeles. Il a été président de la Commission CTNBio entre 1996 et 1999 et a été élu président de la Société brésilienne de biotechnologie en 1999.