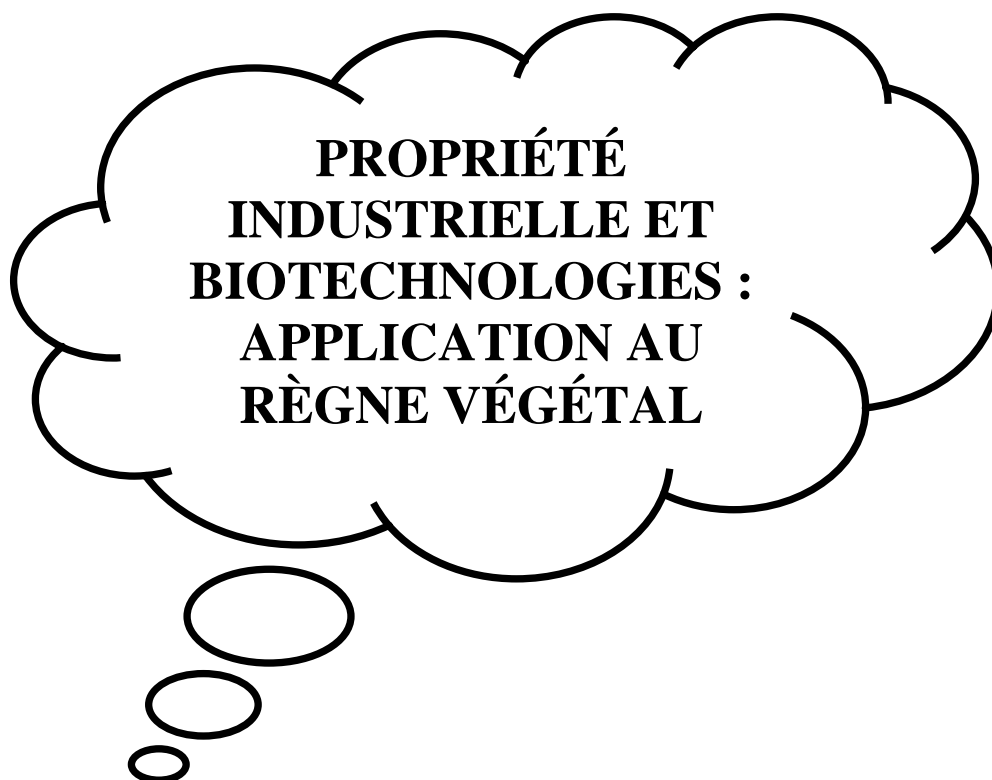


CAHIERS DU LAB.RII
– DOCUMENTS DE TRAVAIL –

N°148

Avril 2007



**PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE ET
BIOTECHNOLOGIES :
APPLICATION AU
RÈGNE VÉGÉTAL**

Philippe CHAGNON

PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE ET BIOTECHNOLOGIES : APPLICATION AU RÈGNE VÉGÉTAL

INDUSTRIAL PROPERTY AND BIOTECHNOLOGY: AN APPLICATION TO THE PLANT KINGDOM

Philippe CHAGNON

Résumé – Dans ce document, nous étudions les formes de protection des innovations biologiques mises en place progressivement au cours du XXème siècle en Europe et aux Etats-Unis. Elles ont suivi les avancées scientifiques réalisées à partir des premières recherches en génétique et ont pris leur essor après le développement des outils biologiques et techniques moléculaires apparus à la fin des années 1960. Nous distinguons trois périodes dans la création de matériel végétal qui ont mobilisé des acteurs spécifiques et auxquelles correspondent des systèmes de protection distincts : les paysans procédaient à une sélection empirique des végétaux pendant la période traditionnelle et n’obtenaient pas de monopoles sur le résultat de leur activité ; les avancées scientifiques et techniques (lois de l’hérédité, biotechnologies, etc.) caractérisent la période conventionnelle, au cours de laquelle les institutions publiques et les organismes agricoles deviennent des acteurs essentiels et où se construit le système de protection par certificat d’obtention végétale. Enfin, la période moderne est marquée par l’émergence des technosciences, impulsées par les firmes biotechnologiques qui agissent pour renforcer les droits privatifs (brevets sur des organismes vivants) afin de rentabiliser leurs investissements.

Abstract – In this document, we study the forms of protection of biological innovations developed during the 20th century in Europe and in the United States. They have followed the results of the scientific progress based on the first research in genetics and have gained ground with the creation of biologic tools and molecular techniques at the end of the 1960s. We present three periods in the creation of vegetal material, which have involved specific actors and to which correspond distinct systems of protection: during the traditional period, farmers empirically selected plants and did not obtain monopolies on their achievements. The conventional period is characterized by scientific and technical progress (heredity laws, biotechnology, etc.), the emergence of public institutions and agriculture organisms as main actors, and the development of a system of protection based on plant variety protection certificates. Finally, during the modern period, technosciences are developed with the support of biotechnological firms, that act to reinforce privative rights (patents on living parts) in order to recoup their investments.

**PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE ET BIOTECHNOLOGIES :
APPLICATION AU RÈGNE VÉGÉTAL**

**INDUSTRIAL PROPERTY AND BIOTECHNOLOGY: AN APPLICATION TO THE
PLANT KINGDOM**

TABLE DES MATIERES

| | |
|---|----|
| Introduction | 4 |
| 1. Découvertes et inventions scientifiques et technologiques | 5 |
| 1.1. Introduction sur les biotechnologies | 5 |
| 1.2. Sciences expérimentales | 6 |
| 1.3. Sciences appliquées à l'agriculture des plantes | 8 |
| 1.4. Biotechnologies | 10 |
| 1.4.1. Naissance des biotechnologies et génie génétique | 10 |
| 1.4.2. Les méthodes appliquées aux plantes | 11 |
| 1.4.3. Les premières incertitudes scientifiques et technologiques | 13 |
| 1.4.3.1. Incertitudes scientifiques | 14 |
| 1.4.3.2. Incertitudes technologiques | 17 |
| 2. La propriété industrielle s'étend au monde vivant via les biotechnologies | 18 |
| 2.1. Rappel sur la propriété industrielle | 18 |
| 2.2. Premiers éléments de la propriété intellectuelle touchant le monde vivant avant l'arrivée des biotechnologies | 19 |
| 2.3. Intensification de la législation de la propriété intellectuelle et développement des biotechnologies | 22 |
| 2.4. Extension à l'ensemble du monde vivant | 24 |
| 2.5. Extension à l'ensemble des continents | 27 |
| 3. Comparaison de l'évolution scientifique - droits de la propriété industrielle et enjeux | 30 |
| 3.1. Une évolution parallèle | 30 |
| 3.2. Enjeux | 36 |
| 3.2.1. Influences de la législation sur la conduite des biotechnologies | 36 |
| 3.2.2. Impact sur l'économie | 36 |
| 3.2.3. Impact directe sur la recherche | 37 |
| Conclusion | 39 |
| Bibliographie | 40 |

Introduction

Cet article vise à apporter une vue d'ensemble sur les formes de protections des innovations biologiques mises en place progressivement au cours du XX^e siècle en Europe et aux Etats-Unis. Elles ont suivi les avancées scientifiques réalisées à partir des premières recherches en génétique et surtout ont pris leur essor peu de temps après le développement des outils biologiques et techniques moléculaires apparus à la fin des années soixante. En premier lieu, afin de mieux appréhender les demandes d'appropriations ou de monopoles du monde industriel sur les innovations biologiques, seront brièvement regardés les différents procédés employés et les produits végétaux obtenus à l'aide des biotechnologies et de l'agronomie. Cependant, ces dernières décennies, des incertitudes nées à partir d'expériences scientifiques, contredisent le paradigme¹ scientifique de la génétique, et sont de nature à s'interroger sur les risques potentiels de l'exploitation à grande échelle de ces produits et par voie de conséquence seraient susceptibles de freiner la pleine expansion de ce secteur économique de pointe.

En second lieu, après un bref rappel historique des premiers droits de la propriété intellectuelle et de leur extension aux différents règnes du monde vivant - en insistant sur ceux appliqués à celui des plantes - seront étudiés les deux principaux modes de protection ; certificats d'obtentions végétales et brevets institués par les pays développés et la communauté européenne. L'accent sera mis sur l'évolution et l'harmonisation des systèmes d'invention et d'obtention réservés aux plantes et établis en Europe - en soulignant quelques caractéristiques propres à la France - et aux Etats-Unis. Même si les inventions du génie génétique, ne représentent qu'une fraction des demandes de brevets résultant des biotechnologies, une attention particulière sera portée sur celles-ci, car elles sont régulièrement la source de controverses et d'hésitations de la part du législateur et des offices de brevets du fait des larges incertitudes scientifiques portant sur les mécanismes héréditaires, le caractère aléatoire des insertions des séquences géniques réalisées par les méthodes de transformation mais surtout sur l'absence de recul que nous avons sur l'exploitation d'organismes modifiés en milieu ouvert et l'étendue de la protection intellectuelle accordée.

Paradoxalement, les retombées économiques grandissantes ont occulté ces dernières découvertes et ont favorisé la concentration des ressources humaines et des financements en direction de la recherche appliquée, au détriment de la recherche fondamentale ou des autres voies de développement biologiques et agronomiques. En outre, les détenteurs ont développé deux types de stratégies visant d'une part à réduire les droits d'utiliser leur matériel végétal protégé vis à vis des agriculteurs, les semenciers et les laboratoires de recherche et d'autre part à promouvoir leurs produits. L'un fait référence aux systèmes de protection biologiques, le second s'appuie sur une politique offensive de communication en faveur de leur innovation en direction des pouvoirs publics et des consommateurs. Le but est de couvrir les dépenses des infrastructures déjà mises en place, faire face aux coûts toujours plus élevés de leurs recherches, d'étendre leur champ d'intervention sur de nouvelles espèces de végétaux et d'assurer la commercialisation de leur production sur un espace géographique le plus étendu.

¹ Kuhn T., *The structure of scientific revolutions*, 1962, The University of Chicago, Press Ed. (trad. Fr. *La structure des révolutions scientifiques*, 1983, Flammarion éd.).

1. Découvertes et inventions scientifiques et technologiques

Avant d'aborder les systèmes de droits de la propriété intellectuelle appliqués aux innovations touchant la matière vivante et ses ressources génétiques naturelles² (en particulier dans le domaine végétal où elles se sont le plus développées), mises en oeuvre par les pays développés, et de mieux saisir la portée des revendications formulées par le monde de l'entreprise, il est intéressant de présenter, ci-après, un aperçu des connaissances en biologie cellulaire, en biologie moléculaire et en agronomie. Ce dernier point abordé, nous pourrions décrire les techniques spécifiques ayant trait aux biotechnologies, et son secteur de pointe le génie génétique, à partir desquels nombres d'applications agronomiques, bio-industrielles (agro-alimentaire, secteurs de la santé, énergie, industries des fibres) et environnementales ont vues le jour. De cette manière, il est possible de mettre en évidence les difficultés qui sont apparues lors de la mise en place progressive des systèmes de protections des innovations, de mieux saisir les risques potentiels et des débats qu'ils ont engendré, de comprendre les législations ou dispositions réglementaires et administratives préventives mises en place pour pallier leurs effets négatifs potentiels et rassurer l'opinion publique. Cette approche permet également d'appréhender l'applicabilité aux brevets, montrant qu'un certain nombre d'aménagements, de particularités, ont été recherchées pour ces inventions protégées, par les organismes chargés de leurs délivrances, dérogeant ainsi aux conditions obligatoires universelles d'octroi de ce monopole.

1.1. Introduction sur les biotechnologies

Le terme de biotechnologie a été fondé en 1913 par Ereky, mais son emploi dans le sens de l'utilisation de la matière vivante pour la production de biens et de services remonte à l'Antiquité, voire avant, et se prolonge jusqu'au milieu du XIX^e siècle. A cette époque elle est représentée par la fabrication de pains, de fromages et de boissons alcoolisées. On parle alors de proto-biotechnologies, c'est-à-dire de l'utilisation empirique des micro-organismes. Une période intermédiaire débute avec Pasteur, par la découverte des micro-organismes, et voit la naissance de la microbiologie, avec l'apparition à petite échelle d'une composante industrielle. A partir des années quarante, les biotechnologies prennent leur essor, avec les grandes avancées scientifiques dans de nombreux domaines de la recherche (biologie moléculaire, enzymologie, biochimie des protéines, génie génétique...) et des technologies. Dans les années soixante dix, les organismes génétiquement modifiés (OGM) commencent à être créés avec des micro-organismes, puis prennent naissance à partir de certaines espèces végétales et animales la décennie suivante.

Le génie génétique, ensemble des outils et des techniques de la biologie moléculaire, vise à produire des modifications du programme génétique d'un organisme via l'introduction d'un ou de plusieurs gènes étrangers tout en s'affranchissant des barrières reproductives. Il a permis de mieux comprendre le fonctionnement des gènes et la synthèse des protéines. A la fin des années soixante, cette technologie a été rendue possible grâce aux découvertes des enzymes de restriction et des vecteurs de transfert de matériel génétique. Ces avancées s'inspirent souvent de phénomènes naturels, comme c'est le cas des vecteurs, ou plasmides, isolés suite à la compréhension des systèmes responsables de la galle du collet, due à *Agrobacterium tumefaciens*, qui conduisent aux transferts de matériel génétique. Les enzymes de restrictions quant à elles autorisent le découpage de l'ADN en des points ciblés et l'intégration de gènes étrangers dans le génome.

² « On entend par ressources génétiques le matériel génétique ayant une valeur économique effective ou potentielle » (Lévêque & Mounolou, 2001, p. 161).

Dans le domaine végétal, les biotechnologies débouchent sur de nombreuses applications dont les plus médiatisées sont les OGM. L'agriculture au sens strict³ n'est pas le seul secteur concerné par les biotechnologies. Elles touchent davantage les industries de la chimie (avec les pesticides), celles des semenciers, de l'agro-alimentaire et de la pharmacie. Les objectifs agricoles recherchés concernent l'exploitation de la diversité (via la fusion de protoplastes, la stérilité mâle, le développement d'embryons interspécifiques), la détection d'agents pathogènes (tests de détections biochimiques et moléculaires), l'assainissement du matériel végétal (semences artificielles, productions de plantes saines), la diminution de la durée de création (haplodiploïdisation, cultures d'embryons immatures), la lutte biologique (biopesticides).

1.2. Sciences expérimentales

Les lois de l'hérédité avaient été découvertes par Gregor Mendel⁴ au XIX^e siècle puis redécouvertes en 1900 sans que l'on connaisse à ce moment les mécanismes et les supports moléculaires impliqués. Ces lois, bien que n'expliquant pas toutes les observations scientifiques rencontrées, furent cependant largement confirmées par la suite. La première étape pour isoler le support de l'information génétique est représentée par les travaux de Griffith, sur la transformation bactérienne (1928), suivis de ceux de Oswald Avery et ses collègues (Colin MacLeod, MacLyn McCarthy), montrant que la nature biochimique du matériel génétique provient de l'acide désoxyribonucléique (ADN)⁵. Ensuite, la découverte faite en 1953 par James Watson et Francis Crick de l'ADN permet de comprendre la structure celui-ci⁶.

Molécule complexe, support de l'hérédité, elle se trouve dans les cellules des procaryotes ou située dans un organite, le noyau, inclus lui-même dans les cellules des eucaryotes. L'ADN est constitué d'un enchaînement linéaire de bases azotées, qui sont représentées par l'adénine, thymine, guanine ou cytosine, liées à un sucre, le désoxyribose, et d'un groupement phosphate. Chaque unité constituant un nucléotide. La taille de cette chaîne varie beaucoup ; entre 0,5 et 50X10⁻⁶ mètre chez les virus à 2 mètres chez l'homme. Elle est également très variable chez les plantes où elle représente 0,26 mètre pour le riz et 10 mètres pour le blé. Elle est constituée de deux brins complémentaires qui s'apparient par les bases et forme une hélice. Chacun d'elle, associée à des protéines - les **histones** - constitue un chromosome. La seconde grande étape de découvertes, comprise entre 1960 et 1966 (terminé par Marshall Nirenberg), correspond au décryptage du code génétique. Il a permis de comprendre que cette structure contient l'information utile à la synthèse de l'ensemble des molécules nécessaires à l'activité cellulaire (protéines, enzymes, hormones, facteurs de croissance, acide ribonucléique ou ARN, régulation de l'activité des gènes pour la réplication, la transcription et la traduction). Comme il n'existe que 4 bases et que l'association de trois bases successives, appelé **triplet**, (ou codon) code pour un acide aminé, 64 combinaisons sont possibles. Les molécules synthétisées peuvent contenir quant à elles 20 acides aminés différents. Les scientifiques comprirent que certains codons conduisent au même acide aminé et ont appelé ce phénomène la **redondance**. Un gène, terme employé pour la première fois en 1909 par

³ Sebillotte, M., *Les mondes de l'agriculture, une recherche pour demain*, INRA éd., 1996, p.176

⁴ Gregor Mendel (1822-1884), *Expériences sur les hybrides végétaux*, 1866

⁵ Studies on the Chemical Nature of the Substance Inducing Transformation of Pneumococcal Types: Induction of Transformation by a Desoxyribonucleic Acid Fraction Isolated from Pneumococcus Type III, *Journal of Experimental Medicine* 79, 2 (February 1944): 137-158.

⁶ A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid, *Nature*, vol. 171, , 25 avril 1953, p. 737-738.

Wilhelm Ludwig Johannsen⁷, est défini dans le langage courant comme une séquence de l'ADN qui code un caractère particulier (cas du gène majeur) de l'organisme à travers la production d'une ou plusieurs molécules. La synthèse de l'une d'elles peut aussi avoir pour origine l'action de plusieurs gènes (cas des gènes ayant des locus appelés QTL - Quantitative Trait Loci - codant pour un caractère quantitatif complexe). Par un mécanisme appelé transcription, chaque gène code d'abord pour la production d'un acide ribonucléique messager- ARNm⁸ - destiné à transporter l'information du noyau vers le cytoplasme. A noter qu'il existe aussi des ARN small nuclear (ARNsn) qui participent à la régulation post-transcriptionnelle. Le brin d'ARNm s'associe à un ribosome (petit organite formé d'ARN ribosomiaux et de protéines). Ensuite des anticodons, formés d'ARN transfert, sur lequel s'est fixé un acide aminé, viennent s'apparier aux codons de l'ARNm ; c'est ce que l'on appelle la **traduction**. A ceci s'ajoute une autre étape importante, découverte réalisée dans les années soixante par l'équipe de François Jacob, Jacques Monod et André Lwoff ; Elle porte sur la régulation de l'expression des gènes par des protéines. La compréhension de ce processus s'est fait à l'aide de la bactérie *Escherichia coli*. Il montrait qu'un système d'adaptation au milieu, ici nommé **opéron** lactose, faisait intervenir deux unités de transcription, un opéron - gènes liés ayant une activité métabolique - et une séquence régulatrice. Ce premier exemple préfigurait les interactions moléculaires au sein de la cellule et mettait en évidence la complexité des mécanismes physiologiques mis en jeu.

L'ensemble du patrimoine génétique d'un être vivant constitue le **génom**. Celui-ci est donc fait d'un ensemble d'ADN appelé **chromosome** qui inclut une succession de gènes qui s'expriment ou non, selon les cellules, les étapes de développement, ou les interactions avec des facteurs externes. L'ensemble des gènes exprimés se traduit en caractères et donne un **phénotype**. Il correspond à l'ensemble des traits observables de l'individu. Le phénotype, est dépendant aussi du matériel génétique extrachromosomique (voir plus loin) et du milieu où se trouve l'individu. Le nombre de chromosomes est variable selon les espèces. Ainsi chez les plus courants, les organismes diploïdes, un jeu de deux chromosomes homologues ($2n$) (*autosomes*) existe ; ils ont la même taille, la même structure et des gènes identiques. Pour chacun de ces derniers, il peut y avoir des **allèles** (ou versions), identiques ou différents. Il existe aussi des organismes dont le cycle de vie est essentiellement haploïde (chromosome en un seul exemplaire), tels les champignons et certaines algues, ou polyploïde (plusieurs exemplaires) et représentés par certaines espèces animales ou végétales. C'est le cas du blé hexaploïde (*Triticum aestivum*), dont le génome, de très grande taille, fait 127 fois celui de la plante modèle (*Arabidopsis thaliana*), ou celui de la pomme de terre, espèce tétraploïde. Lors de la division d'une cellule, le phénomène de **réplication** intervient ; C'est la transmission à deux cellules filles des informations génétiques identiques à celle de la mère. Le phénomène débute par un dédouble de la chaîne de l'ADN (matrice) suivi de la formation d'un nouveau brin, néoformé à partir d'un seul point chez les procaryotes, ou multi-sites chez les eucaryotes.

Pour les organismes diploïdes à reproduction sexuée, une division cellulaire particulière, ou **méiose**, aboutissant à la formation de gamètes, se passe en deux temps, précédés d'une phase de réplication du chromosome conduisant à la formation de deux brins d'ADN, appelés **chromatides**. Elles sont reliées par une zone nommée **centromère**. Chez certaines espèces, lors de la première phase méiotique, les paires de chromosomes, avant de se séparer, s'échangent des portions d'ADN au cours de la **recombinaison** (formation de chiasmas et échange de chromatide par **crossing over** correspondant à des échanges d'allèles entre

7 Johannsen WL. Elemente der Exakten Erblchkeitslehre. Jena: Gustav Fischer, 1909: 170.

8 Isolier par François Jacob et Sydney Brenner en 1960.

chromosomes conduisant à un brassage intrachromosomique). Ce phénomène aboutit à une infinité de combinaisons génétiques, premier résultat de la diversité des descendants. La moitié du jeu de chromosomes recombinés à deux chromatides intègre les cellules filles, de façon aléatoire (brassage interchromosomique), qui est donc haploïdes. Lors de la seconde phase, les chromatides de l'ensemble des chromosomes se séparent au niveau du centromère et donnent, à l'issue de cette division, deux cellules à n chromosomes. Ensuite le rapprochement des deux cellules sexuelles au cours de la fécondation conduit à la formation d'un zygote puis d'un embryon diploïde ($2n$), possédant des chromosomes qui diffèrent tous de ceux des parents ; cette situation apporte un second niveau de diversité entre individus.

Quelles que soient les espèces, toute erreur dans la duplication de l'ADN (appariement d'une base non complémentaire) conduit à une mutation, c'est-à-dire le remplacement d'un acide aminé par un autre dans la protéine synthétisée. Cependant des enzymes de réparation peuvent agir ; endonucléases, exonucléases qui coupent l'ADN aux niveaux des mutations. Ensuite des enzymes comblent le morceau manquant (ADN polymérase III). Il peut également se produire une délétion ou insertion d'un acide aminé. Ces mutations, si elles touchent le génome d'un organisme unicellulaire (procaryote), peuvent rester silencieuses (codon différent produisant un même acide aminé), être conservatrices (acide aminé produisant les mêmes effets) ou être bénéfiques et permettre une meilleure adaptabilité à l'environnement ou au contraire être délétères pour l'individu et sa descendance. Chez les eucaryotes elles ne concerneront leurs descendances seulement si elles touchent les gamètes.

La science est capable de déterminer la **carte génétique** de nombreux organismes. Elle correspond aux distances génétiques séparant les gènes. La richesse des informations qu'elle comporte et la précision dépendent respectivement de la quantité de gènes étudiés et de l'étude des transmissions des caractères au fil des générations⁹. Il faut souligner que l'information génétique, chez les eucaryotes, est aussi portée dans une moindre mesure par l'ADN contenu dans le cytoplasme. Ainsi il représente, chez les plantes, au niveau du génome des mitochondries environ 1 % de l'information totale et 4 % pour le génome des chloroplastes. Sa transmission s'effectue par les gamètes femelles. Il joue un rôle important, code pour plusieurs caractères, comme celui se trouvant dans les chloroplastes, qui détermine par exemple la résistance aux herbicides.

1.3. Sciences appliquées à l'agriculture des plantes

Très tôt dans l'histoire de l'humanité, nous retrouvons des traces de la domestication de plantes. C'est ainsi que chez le maïs, il y a 9000 ans les civilisations indiennes ont réalisé sa domestication. La sélection classique - qui caractérise la période traditionnelle de l'agriculture - a pour but de créer de nouvelles variétés à partir de la diversité¹⁰ existante puis de conserver les caractères intéressants chez les lignées de plantes possédant un niveau d'homozygotie important. Via la sélection massale, méthode empirique, ce sont d'abord les paysans qui, génération après génération, ont favorisé la reproduction et le développement des spécimens les plus utiles et les mieux adaptés à leur environnement. Sur chaque espace géographique, un

⁹ Elle résulte des travaux, sur la mouche du vinaigre, de Thomas Morgan. Il travailla sur la transmission des allèles parentaux lors de la méiose et observa que des allèles portés par le même chromosome pouvaient passer sur le chromosome homologue par l'intermédiaire des crossing-overs. La distance génétique se calcule à partir de la fréquence de dissociation lors de cette méiose.

¹⁰ Cette diversité résulte de phénomènes spontanés touchant le matériel génétique ; mutations, recombinaisons, réarrangements structuraux.

petit nombre de variétés et de races animales furent conservés. Cependant, à l'échelle mondiale cela représente une variabilité élevée.

Lors de la période suivante dite « conventionnelle », tout autre fut la politique des semenciers et des centres de recherche agronomiques. Pour cela ils exploitèrent les lois fondamentales de l'hérédité qui permettaient d'intégrer, dans les plantes cultivées, de façon plus efficace les caractères agronomiques dont on avait besoin. Ils isolèrent, lors de la première transformation du « régime d'innovation agricole » (Joly & Hervieu, 2003), quelques variétés à partir d'un nombre restreint de caractères, dont les principaux touchent au rendement, lesquels entraînent l'utilisation abondante d'engrais. Ils ne tinrent pas compte des conditions climatiques et des qualités des sols rencontrées à travers le monde. Aussi les variétés se sont souvent révélées plus sensibles aux maladies et aux ravageurs et il fut nécessaire de faire appel aux traitements chimiques des sols. Un autre moyen de conserver des plantes intéressantes fut de les multiplier végétativement par différents moyens comme le bouturage, le marcottage ou le greffage. La diversité intraspécifique des plantes cultivées est cependant assez limitée. C'est pourquoi l'homme a cherché à l'accroître par des croisements interspécifiques, à l'aide de plantes voisines ou avec des formes sauvages apparentées.

A la fin du XIX^e siècle et début du XX^e siècle, la connaissance des lois de l'hérédité et l'observation faite touchant le phénomène de l'hybridation ont conduit à la naissance de la sélection moderne des végétaux. En effet, tous les croisements entre 2 populations d'espèces allogames rendues homozygotes s'accompagnent d'une perte de vigueur (**endogamie**). *A contrario*, le croisement de deux lignées distinctes conduit à produire des individus plus performants ; c'est le résultat de l'**hétérosis** ou vigueur hybride. Il peut être créé des hybrides simples F1 issus de deux lignées, ou doubles eux-mêmes issus de deux hybrides F1. Il existe une technique réservée aux espèces autogames, appelée rétrocroisement. Elle aboutit, à partir d'un hybride, par croisements successifs avec la même lignée cible, à une descendance ayant intégré un caractère intéressant issu d'une autre variété.

En sélectionnant les meilleurs spécimens issus de ces croisements, les sélectionneurs associent des caractères intéressants et complémentaires après plusieurs générations. Nombre de caractères font l'objet de la sélection – liés au rendement, à l'adaptation au milieu, à la conservation, à la qualité technologique, à la résistance aux maladies et aux parasites... Mais deux limites leur sont imposées : l'imprécision du transfert des gènes vers la descendance, et le temps nécessaire à l'obtention d'une nouvelle variété, comprise entre 5 et 15 ans. La biotechnologie apporte une réponse à ces freins, puisqu'elle cible les caractères recherchés à travers les gènes intéressants et accroît les capacités de production. Cependant les biotechnologies restent liées au programme de sélection classique mais agissent à différents niveaux :

- Celui de l'accroissement de la diversité et d'observation des lignées de départ
- Celui de la détermination des gènes des plantes (par marquage moléculaire...)
- Enfin celui de la fixation (par clonage par exemple)

Les organismes obtenus font l'objet de croisements créés à partir de génotypes favorables aux biotechnologies employées. Le nouveau caractère obtenu doit ensuite être transmis aux variétés exploitables (lignées commerciales élités). Ce travail s'effectue à l'aide de rétrocroisements successifs que l'on appelle **introgression**.

1.4. Biotechnologies

1.4.1. Naissance des biotechnologies et génie génétique

Les premières expériences du génie génétique proviennent des travaux de Paul Berg avec la recombinaison d'un génome associé à celui d'un bactériophage modifié (λ dvgal) en 1971. A l'aide d'enzymes diverses, il obtient un ADN hybride circulaire qui sera intégré dans une bactérie pour être multiplié¹¹. La diversité d'outils de transformation du génome a peu à peu été élargie et est représentée par des molécules organiques comme les enzymes de restriction, ou des technologies bien maîtrisées par les laboratoires académiques et des grands groupes industriels, telles l'électrophorèse, l'hybridation moléculaire ou encore l'amplification PCR¹². Les outils de détermination du génome, outre ceux relevant de la simple observation des caractères, se manifestant à tous les stades de développement, sont également multiples. Ils sont réalisés par l'intermédiaire du marquage moléculaire, biochimique (izozyme, protéine), ou d'ADN (ce dernier est le plus couramment employé). Ils offrent de réelles avancées en matière de sélection végétale tant sur le plan de la précision des gènes insérés dans les variétés – avec la sélection classique c'est des fragments entiers de chromosome qui s'échangent après croisements¹³ – que sur le plan de la durée de sélection. Ainsi chez le colza, avec la sélection par marqueurs de caractères QTL¹⁴, on améliore une variété en quatre à cinq ans au lieu de dix en évitant la réalisation de tests très lourds de caractères polygéniques.

Au départ, jusqu'au milieu du XX^e siècle, la science était peu soucieuse des applications industrielles. La relation va être de plus en plus étroite avec celles-ci au fur et à mesure des avancées scientifiques. La science fut l'initiatrice des premières avancées technologiques. Aujourd'hui le phénomène inverse s'observe ; elle puise ses ressources à partir des techniques pour avancer dans ses travaux. Cependant, la multitude d'outils et de données mis à disposition des chercheurs n'éclaire pas toujours ceux-ci. Par ailleurs le cloisonnement interdisciplinaire s'installe et la foule d'informations mises à leur disposition, pas toujours en adéquation avec le paradigme scientifique, finit par empêcher l'émergence d'un modèle synthétique. La croissance des données est exponentielle, depuis l'arrivée des sciences médicales dans le champ des études biologiques. La bioinformatique est devenue incontournable, avec la création de bases de données régulièrement reliées entre elles et des algorithmes permettant d'analyser et comparer celles-ci.

L'émergence des technosciences¹⁵ a fait naître les premières firmes biotechnologiques dont la logique n'était pas celles des précurseurs de la génétique et de la biologie. Ils ont conduit à la transformation des modes agricoles que l'on pourrait qualifier de période agricole moderne. Les nouveaux moteurs de la recherche sont liés à la mise en œuvre rapide de nouvelles applications, avec la formation d'ingénieurs et de techniciens bien rodés pour assurer leur fonctionnement. La vitesse d'obtention de résultats concrets est exigée de manière à garantir le retour d'investissement et rester dans la compétition industrielle. Le risque est de voir la recherche fondamentale perdre du terrain et avec elle, la formation de scientifiques aux

¹¹ Lambert, G., *La légende des gènes : anatomie d'un mythe moderne*, Dunod, 2006, p. 6-7

¹² Réaction enchaînée de la polymérase. Développé par K. Mullis en 1983 ; l'une des plus grandes découvertes du génie génétique.

¹³ Régulièrement d'autres caractères indésirables lié au gène recherché sont difficilement éliminés.

¹⁴ Pour se faire on étudie la transmission conjointe des caractères et de marqueurs moléculaires ces derniers servant à localiser les gènes correspondants. Ces marqueurs offrent l'avantage d'être aisément visualisables par différentes techniques.

¹⁵ Voir à ce sujet « La logique d'une technoscience », in G. Lambert, *La légende des gènes : anatomie d'un mythe moderne*, Dunod, 2006 ; p. 229-238.

savoirs étendus¹⁶ (Geysler, 2004, p.262), capable d'explorer l'inconnu et le fonctionnement de l'organisme sans être tributaires d'enjeux commerciaux (Geysler, 2004, p.72). Avec ce changement, la part du financement privé s'est accrue de façon considérable, favorisant ainsi l'acquisition d'équipements de plus en plus coûteux. Les politiques des pouvoirs publics sont allées dans le même sens afin d'encourager les chercheurs à valoriser leurs découvertes. Mais ce mouvement a donné lieu à plusieurs dérapages reconnus depuis, notamment dans le domaine de la thérapie génique. En effet, les équipes n'ont pas prit le recul nécessaire avant de passer aux applications directes sur l'être humain. Mais les succès du génie génétique sont incontestables, au moins lorsqu'ils restent confinés dans les laboratoires, comme se fut le cas pour la production de médicaments, avec les bioréacteurs, ou la conception de modèles animaux pour la recherche. Après l'enthousiasme manifesté dans les années quatre-vingt dix, le doute s'est installé dans les esprits la décennie suivante. Notamment avec les complications survenues aux enfants traités par la thérapie génique. On avait oublié de prendre les précautions nécessaires sous la pression des investisseurs. L'enthousiasme du début s'est émoussé. Mais il n'a pas ralenti dans le domaine agricole avec le passage en masse des PGM, ceci sans attendre encore une fois tous les résultats des expertises pour évaluer leurs impacts.

1.4.2. Les méthodes appliquées aux plantes

Ne sont pas explicitées ici les méthodes biotechnologiques qui ne visent pas la modification du patrimoine génétique, tels que le clonage obtenu par la culture à partir d'une cellule (comme l'embryogénèse somatique), de tissu ou de méristème (cellules non différenciées à l'origine de tous les tissus de plantes). Il faut souligner que les OGM sont des organismes dont on a modifié le génome par des modes de reproduction ou de recombinaison qui ne sont pas naturels. La culture *in vitro* et la mutagenèse ne produisent donc pas des OGM à proprement parler. Ces méthodes appliquées aux végétaux visent la création de multiples produits biotechnologiques finaux destinés à l'agriculture, l'environnement, la santé ou l'industrie. Sans être exhaustif, on peut citer la production de semences améliorées à usages agricoles et sylvicoles, de substances médicamenteuses ou enzymatiques, de plantes servant de biocarburants ou destinées à l'assainissement des sols.

La mutagenèse aléatoire et la variation somaclonale

Les agents mutagènes sont variés (certains virus, les rayons ionisants α , β , gamma, les rayons X et ultra violets, les substances chimiques). Les mutations sont des phénomènes spontanés (1/million de divisions cellulaires). Ces agents modifient l'ADN et ce malgré un système qui répare ou supprime les cellules défectueuses.

La variation somaclonale est induite dans des cultures de cellules en milieu artificiel. Elle produit souvent des mutations de gènes dans le noyau ou le cytoplasme.

Ces deux méthodes sont peu utilisées car trop aléatoires sauf dans le cas de certaines espèces comme le riz.

La transgénèse

La transgénèse a commencé au début des années soixante dix avec la modification génétique d'*Escherichia coli*. Les plantes ont été concernées à partir de 1983, avec un tabac résistant à un antibiotique. En 1994, la première plante transgénique a été mise sur le marché ; il s'agissait de la tomate Flavr Savr, à conservation améliorée, de la firme Calgene (Etats-Unis).

¹⁶ Ibidem

Les modifications apportées concernent jusqu'à aujourd'hui un nombre limité de gènes. La transgénèse peut aussi interrompre une expression de gène, voire même la supprimer, en particulier par la stratégie antisens. Dans cette situation, une copie inversée du gène cible est introduite laquelle produit des ARNm complémentaires à celui du gène initial. Par hybridation, il forme un ARN double brin, dégradé ensuite dans la cellule ; le caractère ciblé ne s'exprime plus dans cette situation. Une autre voie est utilisée en introduisant dans la plante un gène codant pour un ribozyme. Ce sont des molécules d'ARN enzymatiques. Ces molécules d'ARN synthétisées possèdent une séquence complémentaire de l'ARN messager du gène cible à inactiver. Le ribozyme s'hybride à cet ARN messager et coupe spécifiquement l'ARN. Dernière technique, la co-suppression (ou gène-silencing), qui consiste à surexprimer le gène. Plusieurs copies du gène présent dans la plante sont introduites dans la cellule. Des mécanismes post-transcriptionnels naturels de régulation se mettent en jeu dans la cellule, et dégradent les ARNm transcrits en grande quantité¹⁷. Cette technique est sensible à son environnement ; en fonction des conditions du milieu, la régulation ne sera pas la même.

Différents moyens de transfert d'ADN existent quant à eux. Le transfert indirect par le biais d'un vecteur tel qu'un plasmide ou virus. Il est intégré dans le génome par recombinaison génétique. Le transfert direct se réalise par des méthodes biolistiques (projection de microparticules de tungstène ou d'or enrobées d'ADN à l'aide d'un canon à particules), de microinjections et de l'électroporation (via un champ électrique) sur protoplastes.

Chez les plantes, les applications sont multiples, notamment pour la production de composés pharmaceutiques et d'aliments :

- Augmentation de la production d'une molécule. Elle est obtenue par régulation des activités des enzymes impliquées (introduction de gènes antisens par exemple), la régulation des flux de carbone, la surexpression de certains gènes.
- Production d'un composé de plante dans des micro-organismes
- Synthèse de nouveaux composés dans des cultures de cellules ou de plantes.

Apomixie et haplodiploïdisation :

L'apomixie, c'est le développement de l'oosphère en embryon sans passer par une fécondation. Elle donne des clones retrouvés chez plusieurs graminées tropicales. Les scientifiques tentent de la transmettre chez les espèces cultivées.

Il s'agit de récupérer les cellules ayant subi la méiose avant la fécondation. L'obtention des plantes haploïdes peut se faire par culture *in vitro* de cellules destinées à fournir les cellules reproductrices ou gamètes. Si l'on emploie des gamètes mâles, on parle d'**androgenèse**. Avec les gamètes femelles, on parle de **gynogenèse**.

Une autre méthode d'obtention d'haploïdes fait appel à l'induction d'haploïdes *in situ*. On peut obtenir des haploïdes après croisements entre espèces ou entre genres. Il y a fécondation, mais les chromosomes incompatibles du parent pollinisateur sont rejetés naturellement.

On peut également provoquer une fécondation anormale à l'aide de pollen dénaturé. Dans ces trois cas, on observe le développement d'un embryon haploïde. Une phase de sauvetage d'embryons *in vitro* est ensuite généralement nécessaire. Mis en culture sur des milieux particuliers, l'embryon haploïde va se développer, les tissus vont se différencier pour donner des plantes haploïdes.

L'état haploïde étant instable, l'individu régénéré est parfois diploïde, on parle de doublement spontané du stock chromosomique. Pour le blé, on peut compter 20 à 25 % d'haploïdes

¹⁷ « Reposent sur des processus fondamentaux de défense mis en jeu par les plantes pour contrôler la stabilité de leur génome et pour combattre les pathogènes qui les infectent », Taline Elmayan, Hervé Vaucheret, Etude du contrôle de l'expression des gènes et de l'inactivation épigénétique, INRA, www-biocel.versailles.inra.fr

doublés spontanément, 60 à 65 % chez l'orge. Sinon, on provoque artificiellement un doublement des chromosomes, le plus couramment par l'action d'un agent chimique, la colchicine.

Les plantes obtenues sont par conséquent homozygotes.

Il est à noter aussi une autre méthode, la polyploïdie ayant pour but de multiplier le nombre de chromosomes dans les cellules à l'aide d'alcaloïdes ou dans des conditions déterminées de culture *in vitro*.

La fusion

Obtenue à partir de protoplastes, cellules sans paroi pectocellulosique, ils sont formés à l'aide de polyéthylène glycol (PEG). Toutes les combinaisons sont réalisables entre le matériel génétique de différentes espèces. On parle alors **d'hybridation somatique** car non issues des cellules sexuelles. La fusion fait appel à des agents chimiques ou des chocs électriques car elle est rarement spontanée. Cette méthode autorise l'association de cellules d'espèces éloignées et par conséquent l'échange d'ADN tant du noyau que du cytoplasme. Cependant fréquemment la fusion des noyaux n'a pas lieu, l'un des noyaux étant écarté après plusieurs divisions cellulaires. Cela conduit à la formation de **cybrides** c'est-à-dire de cellules avec un cytoplasme composite ou recombiné. L'étape suivante consiste en la production de cals suivie d'une différenciation conduisant à la naissance d'une plante entière. Cette méthode est couramment employée avec la pomme de terre et le colza.

Sauvetage d'embryons interspécifiques

Cette méthode vise à placer dans un milieu approprié *in vitro* des embryons issus d'un croisement entre deux espèces. Sans cette précaution ceux-ci ne se développent pas totalement. L'hybride obtenu est ensuite croisé avec des lignées cultivées de manière à conserver des caractères intéressants.

1.4.3. Les premières incertitudes scientifiques et technologiques

Les premières inquiétudes manifestées par l'opinion publique sont nées en 1974, suite aux travaux de Paul Berg avec ses expériences de recombinaisons. Paradoxalement celui-ci, accompagné de nombreux généticiens, a fait appel à un moratoire en juillet de cette même année. Un an après, une rencontre est organisée à Asilomar (Californie) afin de réfléchir à la poursuite de ce moratoire. S'il prit fin à ce moment, des règles de sécurité visant en particulier la dissémination de bactéries recombinées furent mises en place. Elles furent probablement être définies et instituées à l'époque car le génie génétique était alors du ressort du secteur public ; en effet la première firme de biotechnologie, Genentech, voyait le jour l'année suivante. Maintenant avec l'emprise des grosses entreprises sur ce domaine de la recherche, ce temps de réflexion serait-il pris ? Les avancées en matière de biologie moléculaire de ces trente dernières années remettent en cause le déterminisme génétique que nous venons de voir. Pourtant celui-ci continue largement à influencer la communauté scientifique et les savoirs acquis ont été repris très tôt par de grands groupes industriels sans prendre le recul nécessaire (Geyser, 2004 ; Lambert, 2006).

Contrairement à la première moitié du XX^e siècle, où les connaissances en génétique progressaient à partir de modèles imaginés par les savants (tel Mendel, Morgan ou Watson et Crick), ces derniers aujourd'hui ne conçoivent pas de mécanismes moléculaires en adéquation avec les observations constatées en laboratoires et ceci malgré les puissants outils mis à leur

disposition en biomoléculaire et en bioinformatique. Des mécanismes biologiques s'additionnent mais n'intègrent pas un schéma général représentant le fonctionnement du génome et l'expression du phénotype. Prenons l'exemple du processus de maturation des protéines synthétisées par la cellule. Il joue un rôle important dans leur expression. Les protéines subissent des transformations spatiales, pouvant elles même être sous contrôle d'autres molécules dites chaperonnes, et d'associations intermoléculaires. On suppose que le repliement et le réaménagement de ces molécules, eux-mêmes tributaires du milieu, seraient responsables des propriétés métaboliques. Ainsi l'enchaînement des acides aminés n'est qu'une clef de la compréhension du fonctionnement cellulaire, contrairement aux idées émises au départ. Ce processus fait naître l'idée que le fondement du paradigme reposant sur le déterminisme génétique n'est plus satisfaisant mais fait appel à des phénomènes plus globaux, plus complexes. Mais les tenants du tout génétique sont aux commandes des énormes moyens humains, financiers et technologiques et opposent une forte résistance aux controverses scientifiques. Les outils et les enjeux économiques considérables ont été construits sur ce paradigme scientifique, toute remise en cause est susceptible de déstabiliser cet édifice.

Aujourd'hui, selon Brac de la Perrière R. A. et al. ,¹⁸ les technologies employées auraient en définitive une large avance sur les connaissances scientifiques. A son tour la recherche appliquée oriente les axes de la recherche fondamentale en obstruant les hypothèses susceptibles d'apporter les éclairages nécessaires. La puissance financière des grosses firmes et l'obtention répétée de droits de propriétés intellectuelles contrôlent l'essentiel des applications biotechnologiques et la production des semences transgéniques, surtout après leur fusion avec les grands groupes à la fin des années 1990 ; Les petits laboratoires de recherche ne disposent plus de moyens suffisants pour apporter d'autres voies d'études et donc de voies distinctes d'améliorations des plantes.

1.4.3.1 Incertitudes scientifiques

- Critique du dogme central¹⁹ chez les organismes pluricellulaires :

Le caractère universel de l'ADN et le code génétique que l'on retrouve dans l'ensemble des organismes vivants - micro-organismes, plantes, animaux et humain - (et la relative simplicité des lois de l'hérédité) ont conduit à penser qu'à chaque gène correspondait, via la transcription d'un ARNm puis la production d'une protéine, un trait de caractère. Dès lors, les scientifiques ont voulu modifier les génomes d'abord chez les êtres inférieurs puis chez l'ensemble des espèces du monde vivant. Des études, menées quelques temps après le début du développement des biotechnologies, montrèrent qu'au lieu d'un processus linéaire, simple et universel, il s'appuie sur « un modèle plus complexe qui repose sur des notions d'interactions, d'effets réciproques entre la génétique, dont il ne s'agit pas de nier le rôle central, et l'épigénétique dont on découvre progressivement l'importance²⁰ ». La somme considérable d'efforts et de connaissances accumulées n'a pas apporté les espoirs escomptés pour déterminer de nouveaux modèles.

Ainsi le décryptage du génome humain, officiellement lancé en 1990 et terminé en 2003, apporta un nombre important de données sur les séquences de nucléotides mais peu

¹⁸ Brac de la Perrière R. A., Briand-Bouthiaux A., Daydé S., Eddé B., Jacquemart F., Paradigmes scientifiques in Geysse P., *Société civile contre OGM*, Ed. Yves Michel, 2004.

¹⁹ Ce dogme a été émis par Francis Crick en 1957, puis repris par ce dernier en 1970 : « The central dogma of molecular biology », Crick F.H.C., *Nature* 227 : 561-563.

²⁰ Atlan H., *La fin du tout génétique : vers de nouveaux paradigmes en biologie*, Ed. INRA, 1999

d'informations sur la localisation des gènes et leurs fonctions. De plus il montra que le nombre de gènes découverts (30000 env.) de l'organisme par les scientifiques était inférieur d'un tiers au nombre de protéines synthétisées par l'organisme. « La seule conclusion logique est que chaque gène est responsable de tout un ensemble de protéines et de traits différents ²¹ » (notamment par décalage du cadre de lecture et **épissage alternatif** (voir texte plus bas) ou que les deux brins d'ADN codaient pour des molécules distinctes) et / ou que d'autres mécanismes de régulation existent dans la production de protéines. Les recherches récentes ont montré que ces deux conclusions sont justes. On sait maintenant que les protéines elles-mêmes contribuent à définir quelles autres protéines vont intervenir pour influencer leur structure en trois dimensions. Il a aussi été établi qu'il y a de nombreux autres types d'interactions génétiques dans la cellule, y compris ceux où les protéines renvoient l'information à l'ADN. On a aussi découvert récemment que les parties de l'ADN qui semblaient ne coder pour aucune production de protéine (et par conséquent appelées « ADN poubelle » par les décodeurs du génome humain), produisent des molécules qui interfèrent avec la production de protéines et sont par conséquent une partie essentielle du système de régulation cellulaire. Sur le plan des interactions, on connaît aussi le phénomène d'**épistasie** c'est-à-dire le contrôle d'un gène par un autre.

Longtemps considéré comme de l'ADN « poubelle » (junk DNA), semblant n'avoir aucune fonction, les scientifiques découvrent progressivement depuis ces dernières décennies le rôle de nombre de séquences de nucléotides jusque là considérées comme des reliquats témoin de l'évolution. Ces séquences sont capables de représenter 90 % du génome. Cela commença dans les années 1970 par l'observation des séquences répétitives retrouvées dans le génome, avec à priori aucun rôle particulier. Puis vint, en 1977, chez les eucaryotes, le cas de séquences intercalées dans le gène qui après la transcription de l'ARNm sont excisées dans le noyau et forment des **introns** (par opposition au exon qui serviront au codage de la protéine) par un phénomène appelé **épissage**. On sait maintenant que les exons ne sont pas conservés systématiquement (épissage alternatif) ; le résultat produisant des ARNm de tailles distinctes et donc des protéines différentes.

Autre exemple les transposons²². Ils ont été découverts par Barbara McClintock, qui reçut le prix Nobel en 1983, avec sa théorie des gènes transposables (gène sauteur), 50 ans après ses premières observations faites à partir d'un maïs indien. Ce délai s'explique par les grandes réticences de la communauté scientifique d'accepter ses remarques. Finalement nombre d'organismes sont concernés par ce système qui agit en permanence. Ces segments d'ADN sauteurs peuvent représenter jusqu'à 90% du génome. Deux classes existent dans lequel se trouve 3 familles. La première - regroupe les rétrotransposons type LINE et LTR - est représentée par des séquences d'ADN du chromosome transcrit en ARN dans le noyau qui à leur tour font l'objet d'une traduction dans le cytoplasme tout comme les gènes classiques. Mais à la différence de ces derniers, les protéines produites peuvent conduire à une enzyme, la transcriptase inverse, copiant de l'ADN à partir de l'ARN. Ce matériel à son tour réintègre le noyau et s'intègre dans le génome sur un autre site. La seconde classe, représentée par les transposons à ADN, ne fait pas intervenir l'ARN et se concentre dans le noyau, mais est susceptible de jouer le même rôle perturbateur sur le matériel génétique. Leur existence dans les cellules fait largement appel à des mécanismes variés et complexes aboutissant à des modifications importantes du génome (déplacement de l'emplacement des séquences codant les transposons, allongement de la molécule d'ADN du génome, intégration de pseudogènes,

²¹ Voir l'article de l'ONG Grain, « Aveuglé par le gène », juil. 2003, sur www.grain.org/

²² Voir à ce sujet les dernières découvertes dans Anxolabéhère D; et al., Transposons : des gènes anarchistes ?, *Pour le sciences*, n°351, janv. 2007, p.82-89

ou gènes inactifs dans le génome). Leur maintien au cours de l'évolution reste énigmatique. Par ailleurs les transposons joueraient un rôle lors de la recombinaison observée au moment de la formation des gamètes. Au stade de ces échanges entre les paires de chromosomes, ces éléments, se comporteraient comme sites homologues aboutiraient à deux ADN fils non équivalents pouvant cependant rester viables. D'autres actions leur sont attribuées, par exemple dans la structuration tridimensionnelle des chaînes nucléotidiques. Leur présence est importante dans les zones de chromatine compacte (**hétérochromatine**) là où le génome ne s'exprime pas. Mais cette localisation ne s'explique pas. Toutes ces séquences interviendraient donc de façon importante dans les processus d'évolution des espèces.

En dehors des chromosomes, il existe quantité de molécules jouant un rôle dans la synthèse de protéines ou de leur régulation. C'est le cas de certaines molécules de la grande famille des ARN, dont le plus connu est l'ARNm déjà cité plus haut. L'un d'eux, l'ARN interférent²³ (ARNi), découvert à la fin des années quatre-vingt, est intégré dans un complexe de protéines (RISC) et présent dans la majorité des cellules des êtres vivants évolués. Ce petit ARN, constitué d'une vingtaine de bases, possède la capacité d'empêcher l'expression de gènes indésirables chez les plantes et les invertébrés (action antivirale). Ceci explique le « mystère des pétunias » observé en 1990 par l'équipe de Richard Jorgensen qui tentait de renforcer la couleur pourpre de leurs fleurs en introduisant des gènes supplémentaires de gènes codant pour ce pigment. Plus on introduisait de gènes, plus la coloration des pétales s'éclaircissait. La cause en était les ARNi. Ces molécules sont aujourd'hui utilisées en génie génétique afin de modifier certains caractères (cas du pigment toxique, le gossypol des graines de coton qui rend impropre à la consommation celle-ci). L'origine de ces petites séquences nucléiques groupées en deux classes, ARNi et microARN, se situe dans l'ADN non codant et certaines portions des séquences des introns.

Le dogme central indique qu'à chaque protéine correspond un trait de caractère ou une fonction. Or pendant les années quatre-vingt dix, il fut clairement démontré qu'en inactivant un gène la fonction pouvait se maintenir²⁴ et ne pouvait s'expliquer que par un phénomène de **redondance fonctionnelle**. Cette situation pouvait rendre donc inopérant certaines méthodes visant à sélectionner les mutants. Autre phénomène, celui de la compensation ; il correspond « à une la réponse complexe pour pallier au défaut attendu²⁵ » lorsque l'on inactive un gène. Les phénomènes d'épigénétiques - mot inventé par Conrad Waddington en 1942 mais dont le sens actuel a été défini au milieu des années soixante dix - c'est-à-dire non dépendant des gènes, sont connus à travers des travaux menés à la fin des années soixante dix²⁶ commencent à être compris et participent aux contrôles transmissibles et réversibles de l'expression des gènes sans changer les séquences nucléotidiques de l'ADN. Ils sont largement dépendants de l'environnement et de constituants moléculaires variés. Chez les plantes²⁷, il existe par exemple des variations épigénétiques appelées paramutations. Elles restent stables au cours du développement d'un organisme, transmises à la descendance lors de croisements sur plusieurs générations (niveau germinale) mais avec des distributions différentes de celles prédites par les lois de Mendel. Maintes autres phénomènes ont été découverts depuis et relèvent de ce domaine. On peut ainsi en citer quelques uns.

²³ Voir les dernières découvertes et les applications dans Ratel H., l'ARN interférent, tueur de mauvais gènes, Sciences et avenir, n°719, janv. 2007, p. 69-73

²⁴ Brenner et al., « Gene and development : molecular and logical themes », 1990, Genetics, n°126, p. 479-486

²⁵ Morange P., *La part des gènes*, 2001, Odile jacob

²⁶ ils sont rangés en 3 classes : phénomène d'hérédité de structure, modifications structurales de l'ADN, les états métaboliques ou régulateurs alternatifs. Voir Silar, P., L'épigénétisme in *Cours de biologie moléculaire et génétique de la licence de biochimie*, Université de Paris VII, 2004, cgdc3.igmors.u-psud.fr

²⁷ Récemment découverte également chez l'animal (INSERM, 2006)

C'est le cas de **l'historicité des gènes** c'est-à-dire le processus qui les met en place leur activation et désactivation lors du développement de l'organisme, du zygote à l'organisme adulte. Elle concerne les gènes de structures qui aboutissent aux différents organes de l'individu. Tout se passe comme si les cellules filles héritées à la fois du génome de la cellule mère mais également de son état d'activité, phénomène que l'on appelle **héritabilité épigénétique**. Plusieurs expériences montrent que des **variations somaclonales** interviennent spontanément (modification du phénotype de certaines plantes obtenues notamment par culture *in vitro* ; on parle alors de **vitrovariants**). Ces modifications peuvent être **épigéniques** ; elles concernent des modifications héréditaires de l'expression des gènes qui ne résultent pas des séquences nucléotidiques (donc différent de la mutation), résulteraient d'un blocage de la transcription ou de la dégradation spécifique de l'ARNm et ne rendent donc pas uniquement compte des observations faites à partir des lois mendéliennes ni même d'une hérédité du cytoplasme maternelle. « Elles peuvent s'expliquer que si elles font intervenir des systèmes héréditaires ne passant par la méiose contenu dans le cytoplasme voire même le noyau sur des zones non codantes de chromosomes ou non intégrés sur ces derniers ».

Il existe encore d'autres phénomènes encore inexpliqués ou ne faisant pas intervenir d'ADN (pseudo-réplication des prions notamment) qui jouent un rôle important dans l'expression d'une cellule ; Il nous révèle que la compréhension du fonctionnement général d'un organisme, sur le plan de l'hérédité, est encore largement partielle. Les gènes ont une action corrélée et complexe et pouvaient réguler dans le temps le fonctionnement de la cellule et donc de l'ensemble de l'organisme en fonction de nombreuses interactions multifactorielles. En définitif du dogme central il resterait l'idée que l'ADN servirait de matrice inerte dont le rôle serait d'assurer l'enchaînement d'acides aminés conduisant à la protéine. Son expression serait sous influence de diverses molécules activatrices et inhibitrices, elles-mêmes en action à partir de courtes séquences d'ADN en amont des gènes et appelées **enhancers**.

Les industriels et les laboratoires associés considèrent plusieurs de ces observations, découlant de ces multiples interactions entre l'ADN et son environnement cellulaire et de mécanismes encore non élucidés, comme des épiphénomènes acceptables pour la recherche. De plus, ils continuent de solliciter des monopoles de larges étendues, dont nous parlerons plus loin, avec toutes les fonctions et applications connues mais aussi à découvrir, pour des séquences ADN dont le rôle et l'expression sont loin d'avoir été totalement compris.

1.4.3.2. Incertitudes technologiques

La méthode la plus controversée chez les plantes est la transgénèse. L'insertion d'un gène d'intérêt, souvent étranger à la famille botanique de la plante visée, accompagné de gènes marqueurs se fait de façon aléatoire sur le génome de la cellule hôte et produit parfois des interactions entre les différents gènes²⁸. Ainsi, récemment Collonier C semble indiquer que les transgènes commerciaux utilisés montrent une certaine instabilité²⁹ chez quatre plantes génétiquement modifiées (maïs et soja). Certaines parties des séquences transférées initialement (comme le terminateur par exemple) se retrouvent sur d'autres zones de l'ADN des lignées descendantes. Il faut également se souvenir que pour le premier aliment génétiquement modifié (commercialisé en 1994), la tomate à longue conservation, produite par l'entreprise Zeneca, la transformation n'a pas été produite par l'inactivation du gène

²⁸ *Les dossiers de l'INRA*, n°12, 1996.

²⁹ Collonier C et al, Characterization of commercial GMO inserts : a source of useful material to study genome fluidity, Poster présenté au 7^e congrès international de biologie moléculaire des plantes (ICPMB), Barcelone, juin 2003.

responsable de la protéine (polygalacturonase) et son insertion dans le génome, mais par l'inactivation d'un autre gène montrant ainsi que les obtentions de nouvelles variétés par ces techniques ne résultaient pas d'ingénierie totalement maîtrisée et précise³⁰. Ces exemples, parmi bien d'autres indiquent, qu'après avoir vu dans le paragraphe précédent, l'expression du gène changeait naturellement, avec les manipulations de l'homme des phénomènes inattendus et instables dans les générations suivantes sont engendrés sans qu'ils soient bien compris aussi. Ils sont susceptibles de poser des difficultés de maîtrise des procédés d'obtention de matière végétale stable et conduire vers des conséquences néfastes à long terme dans de nombreux domaines.

2. La propriété industrielle s'étend au monde du vivant via les biotechnologies

2.1. Rappel sur la Propriété industrielle

La Propriété industrielle vise la protection de la création de l'inventeur, particulier ou entreprise, par l'obtention d'un monopole en échange de sa divulgation, en opposition au maintien du secret. Elle l'accorde, sous réserve d'autorisation des organes réglementaires, à exploiter exclusivement son invention pendant une durée déterminée et sur un territoire ciblé, ou d'en concéder le droit à un ou des tiers par l'intermédiaire d'une licence exclusive ou non. Au-delà de cette période, l'invention tombe dans le domaine public. Sur le plan des sciences et techniques, ce monopole est octroyé sous forme d'un titre de propriété industrielle nommé brevet. Il confère à son titulaire, inventeur ou entreprise, un droit exclusif sur une invention en contre partie de sa divulgation publique, l'invention est protégée. Elle concerne les produits et les procédés nouveaux et les applications nouvelles de procédés déjà connus. Ce système n'était pas au départ applicable aux organismes vivants même si très tôt (1865 en France) Pasteur pu breveter une levure ; à l'époque cet organisme n'était pas considéré comme une forme de vie. Il visait plutôt les sciences exactes (physique ou chimie) et encourageait l'activité industrielle. Par conséquent, il était étroitement lié au départ au domaine de la technique et non au domaine de la matière vivante.

Le brevet est accordé à toute innovation réunissant trois conditions d'application (Wagret, 2001) :

- ❖ La nouveauté ; ne pas avoir été rendue accessible au public au préalable, ne pas faire l'objet d'un brevet antérieur, ne pas présenter d'antériorité
- ❖ Le caractère industriel³¹ ; l'invention doit pouvoir être fabriquée ou utilisée de façon industrielle.
- ❖ L'inventivité ; elle ne doit pas apparaître évidente, pour un homme de métier, par rapport à l'état de la technique.

En outre, la demande de ce titre exclusif de propriété intellectuelle doit contenir toutes les informations susceptibles de reproduire l'invention. Cette divulgation écrite évite les recherches et les développements identiques menés par la concurrence mais doit encourager également les transferts technologiques. Ces informations sont de précieux indicateurs sur les progrès actuels de la recherche et du développement dans les domaines techniques. Les renseignements communiqués concernent la description technique et la délimitation de la portée revendicative (ou étendue de protection) qui définissent ce qui est protégé. Sont exclus

³⁰ *Nature*, vol. 398, 22 avril 1999, p.651.

³¹ Critère retenu par le Japon et l'Europe. Aux Etats-Unis et en Australie on parle d'utilité, notion qui ne se recoupe pas totalement même si l'OMPI recherche une harmonisation.

de la brevabilité toutes découvertes et phénomènes naturels. Ainsi la découverte d'une molécule dans la nature ne pourra être brevetée. En revanche, un remède tiré d'un principe actif l'est potentiellement. A noter qu'il existe une différence entre le droit anglo-saxon et le droit européen ; Le premier en effet introduit la notion d'utilité à la place du caractère industriel et accorde au premier inventeur ce droit.

Les premiers monopoles remontent à l'Antiquité puis se retrouvent sous forme de privilèges royaux au XV^e siècle en Europe (Laperche, 2001). Mais il revient à la République de Venise au XVI^e d'avoir élaborée la première législation de protection des inventions. La propriété intellectuelle prend son essor dans les années 1790, en France et au Etats-Unis, avec les premières lois sur les brevets (Beltran et al., 2001). Longtemps ils furent délivrés dans un cadre national. Peu à peu sa portée s'étendit sur un plan international. La Convention de Paris sur la propriété industrielle et les marques (20 mars 1883) fut le premier instrument international pour protéger dans d'autres pays que celui d'origine les inventeurs et leurs créations à l'aide de différents moyens dont les brevets. Elle vise à harmoniser et coordonner les procédures en place dans chaque pays. Vint ensuite le Traité de coopération en matière de brevets, fait à Washington le 19 juin 1970. Procédure centralisée simple, qui permet d'obtenir la protection unique des inventions dans les pays signataires de cette convention. Son objectif est de conduire l'inventeur au dépôt et l'examen de son dossier auprès de l'OMPI (Organisation mondiale de la propriété intellectuelle) et peut ensuite redéposer après plusieurs mois son dossier dans chaque pays visé (PCT1) ou passer par une phase intermédiaire d'examen préliminaire international (PCTII). Par ailleurs la Convention européenne de Munich sur les brevets européens (5 octobre 1973), créant une procédure unique de délivrance de brevets régionaux, produisant dans chaque pays choisis parmi les signataires les effets d'un brevet national. La convention de Luxembourg (15 décembre 1975) créant un brevet unique commun à l'ensemble des états membres de la Communauté européenne. Ce brevet communautaire est encore en chantier à ce jour. Il existe par ailleurs d'autres procédures et instituts régionaux d'obtention de brevets ; l'Organisation Africaine de la Propriété Intellectuelle (OAPI) pour l'Afrique francophone, l'African regional Industrial property organization (A.R.I.P.O), pour l'Afrique anglophone, OEAB, Organisation eurasiennne des brevets.

2.2. Premiers éléments de la propriété intellectuelle touchant le monde vivant avant l'arrivée des biotechnologies

En matière de protection des droits pour les organismes, les formes mises en place intervinrent tardivement par rapport à celles des autres domaines d'invention. Au départ elle concerna seulement les plantes. Un droit de propriété exclusif de 15 ans des inventions et des découvertes relatives aux plantes fut instauré pour la première fois en 1833³² avec l'Edit du Pape Grégoire XVI qui visait la protection internationale des produits naturels, les procédés de cultures améliorée mais aussi les nouvelles variétés. Il ne fut cependant jamais appliqué. En outre on voyait mal à l'époque accorder des droits exclusifs sur la matière vivante. La lenteur de mise en place d'un droit sur les organismes vivants s'explique aussi par le fait que les législations n'autorisaient déjà pas les brevets pharmaceutiques³³ et alimentaires notamment en France (loi du 07 janvier 1844 du parlement français) et ces domaines

³² Vannutelli, *Acta Gregorii Papae XVI*, IV/2, 1904, p.269 et suiv., cité dans Bruchhausen, *op.cit.*, note, p.160

³³ Encore que les inventions de l'art de guérir ont été longtemps écartées du secteur technique et industriel avant d'être acceptées d'abord par le biais des outils et appareil médicaux, suivis par les substances pharmaceutiques. Seules sont encore écartées « les méthodes de traitements chirurgicaux ou thérapeutiques... et les méthodes de diagnostics » (art.52.4 CBE).

d'activité relevaient du domaine de l'industrie et du commerce. De même l'agriculture était exclue du champ d'application des brevets, mais l'intensification de l'emploi de procédé de culture³⁴ et traitement des plantes modifia cet état plus ou moins rapidement selon les pays. Une extension au domaine des industries agricoles (vins, grains, feuilles de tabac, fruits, bestiaux, etc.) fut introduite dans la révision de 1925 de la Convention de Paris pour la propriété industrielle (art. 1) afin d'inclure la feuille de tabac.

La révision de 1934 à Londres rajouta le terme d'industries extractives et tous produits fabriqués ou naturels dont le brevetage des fleurs et de la farine. La Convention sur l'unification de certains éléments des droits de brevets d'invention de 1963 (art. 2b), prévoit la brevabilité des procédés microbiologiques³⁵ et des produits obtenus par ces procédés, mais laisse libre choix aux Etats contractants d'envisager ou non l'octroi de brevets pour les variétés végétales ou les races animales. Elle oblige également les états membres à considérer l'agriculture comme un genre d'industrie (art. 3). Malgré quelques tentatives de rapprochements - émanant des obtenteurs de plantes, d'animaux et produits agricoles - de ces deux secteurs économiques visant la délivrance de brevets, les Etats-Unis restèrent longtemps hostiles à leur délivrance pour l'utilisation de micro-organismes, car les lois de la nature devaient rester à l'écart de la brevabilité. Seul la loi du 23 mai 1930 autorisa le brevetage des plantes à multiplication végétative, c'est-à-dire autrement que par les graines, garantissant ainsi la stabilité de ces organismes. Enfin la convention de Munich sur les brevets européens, stipule cette fois que ces derniers ne sont pas délivrés pour les plantes et les races animales ainsi que les procédés essentiellement biologiques d'obtention de végétaux ou animaux, mais maintient l'acceptation pour les procédés (art. 53b). Cependant, de façon limitée, en Europe certains offices de brevets nationaux ont accordé ce droit de breveter, d'abord sur des procédés de culture et de traitement de plantes, puis les variétés de plantes elles-mêmes comme ce fut le cas en Allemagne à partir des années trente, ou en France en 1963 avec l'œillet³⁶.

L'élaboration de variétés sélectionnées plus stables et homogènes débute à la fin du XIX^e siècle en Angleterre. Le système de brevet ne pouvant pas être appliqué pour encourager la création de nouvelles variétés, la voie retenue fut la création d'un titre particulier, le Certificat d'obtention végétal (COV). Défini en 1961 dans le cadre d'une convention internationale, donnant lieu à la constitution de l'UPOV (Union internationale pour la protection des obtentions végétales), il est adopté maintenant par la plupart des pays européens. Il constituait au départ un système de protection des obtentions végétales d'abord réservé aux cultures ; toute variété³⁷ commerciale est protégée par ce biais. Il vise donc à octroyer aux obtenteurs des droits d'exploitation de leurs créations et les protéger de la contrefaçon. Chaque membre signataire de l'UPOV doit s'assurer que les principes sont repris dans les législations nationales. Les cultivars produits par les obtenteurs doivent répondre aux critères de distinction, de nouveauté, d'homogénéité et de stabilité pour bénéficier de ce certificat délivré par le CPOV (Comité de la Protection des Obtentions Végétales). Notons ici que ce n'est pas la plante qui est protégée mais « le matériel de reproduction ou de multiplication » (art 5). Plusieurs tolérances étaient prévues vis-à-vis des obtenteurs, des agriculteurs et de la

³⁴Correspond à tous les procédés de manipulation des plantes développant leurs potentialités par différents moyens mécaniques ou chimiques et sont principe non héréditaire.

³⁵ Ce sont les procédés d'utilisation de micro-organismes, comme la fermentation, qui furent l'objet des premiers brevets appliqués au domaine de la matière vivante. La Convention de 1963 intègre aujourd'hui les procédés de modification génétique.

³⁶ Wuesthooff, F., Patenting of plants, *Industrial property quarterly*, 2, 1957

³⁷ Voir sa définition dans l'art. 1.vi de la convention UPOV 91

recherche. Un libre accès aux variétés était prévu de manière à favoriser le brassage génétique en autorisant l'utilisation de nouveaux cultivars à des fins de recherche et pour la création de nouvelles variétés (exemption de recherche). Les agriculteurs conservaient le libre emploi des semences produites dans leurs champs (privilège des agriculteurs)³⁸. La convention sera révisée plusieurs fois, avant l'emploi des brevets d'utilité des plantes, en 1972 et 1978 sans affecter les droits d'exceptions.

D'autres moyens furent déployés pour renforcer l'appropriation du vivant tout en prenant appui sur les COV. Ainsi, au cours de la première moitié du XX^e siècle, les semenciers tentèrent d'isoler des variétés homozygotes de façon à ce qu'elles répondent aux critères de distinction, homogénéité, stabilité (DHS), tant pour les espèces hétérogames que pour les espèces autogames. Dans ce dernier cas, des sélectionneurs utilisèrent le principe de l'hétérosis ; ils limitent de fait les possibilités de reproduction en champs par les agriculteurs, puisque les graines issues de leurs cultures subissent un phénomène de dégénérescence dès la première génération. Ceux-ci deviennent tributaires des semenciers et de surcroît des firmes agrochimiques, pour les engrais indispensables, à cause de ces variétés à haut rendement, abandonnant progressivement celles qui étaient les mieux adaptées au milieu moins gourmandes d'intrants et moins sensibles aux parasites.

Aux Etats-Unis le système de la propriété appliqué aux plantes vit cependant le jour assez tôt au XX^e siècle afin de stimuler le développement de l'agriculture. Déjà en 1930, le Congrès américain établit une distinction entre l'intervention de l'homme appropriable et la nature inappropriable. Le vote du Plant Patent Act autorisa le dépôt de brevet pour les plantes à reproduction asexuée, autres que celles trouvées à l'état sauvage et celle ayant une multiplication par tubercules³⁹. Sa création fut mise en place à l'initiative d'un horticulteur, Luther Burbank⁴⁰. Si ce fut le premier système de protection spécifique aux plantes, son emploi restera une spécificité des Etats-Unis. Il concerne tant les obtentions végétales que les découvertes. Ainsi le premier brevet de ce type fut accordé à un rosier grimpant en 1931. Il est suivi par la création, dans le même pays, du Plant Variety Protection Act (PVPA), système de protection des variétés qui autorise le dépôt des brevets sur les plantes sexuées et leurs graines.

Cependant le dépôt de brevets reste relativement rare jusqu'aux années soixante, même si dans le domaine pharmaceutique ou biotechnologique l'intérêt pour la propriété industrielle a été plus vite ressenti que dans bien d'autres secteurs. Ainsi aux Etats-Unis, deux systèmes coexistaient à partir de 1970, l'un faisant appel aux certificats, l'autre à un brevet, mais chacun d'eux ne concernait pas les mêmes plantes. En Europe, à de rares exceptions près, seul le COV protégeait les inventions du monde végétal. Ce système était satisfaisant tant que la création variétale se limitait essentiellement aux sélections et croisements de populations. Cela allait changer à partir de la décennie suivante.

³⁸ Ce privilège était accordé notamment parce que l'agriculteur était l'un des acteurs de la sélection. Aujourd'hui ce travail ne se fait quasiment plus (Hermitte, 1999) en Europe du moins.

³⁹ Etait visé la pomme de terre et le topinambour, car la partie servant à la multiplication asexuée constituait un produit alimentaire.

⁴⁰ Il faut souligner que pour l'ensemble des systèmes d'obtentions végétales, Plant patent inclus, c'est dans le domaine des plantes ornementales qu'il y a eut le plus de titres délivrés, depuis leur création, soit 52 % (Srinivasan, 2005).

2.3. Intensification de la législation de la propriété intellectuelle et développement des biotechnologies

A cause des potentialités assez réduites du marché des germoplasmes⁴¹ améliorés, le secteur privé participait peu au départ à l'amélioration des variétés, mais était plutôt concentré sur leur commercialisation (Fugua-Parr, 2006). Seules quelques exceptions sont à relever comme celles de la société Pioneer-Hybrid aux Etats-Unis. Elle fournissait des hybrides de maïs aux petites et moyennes exploitations agricoles. Mais la situation changea progressivement, parce que la valeur des ressources génétiques a augmenté du fait de leur raréfaction, mais aussi du fait du développement des biotechnologies qui ont accru leur importance en tant que ressources conduisant à de nouvelles variétés.

Le rachat des compagnies semencières par les firmes de la chimie et de la pharmacie dans les années 1970 puis le développement et la concentration des agro-industries au cours de la décennie suivante menèrent celles-ci à intensifier leur recherche à partir des ressources génétiques grâce au développement des technologies appliquées aux organismes vivants. Il s'explique aussi par l'acceptation du brevetage des premiers organismes en 1980 à partir de l'arrêt Chakrabarty de la Cour suprême des Etats-Unis. A ce moment, certains éléments du monde vivant passaient du domaine public au domaine privé et financier, via l'obtention de brevets d'utilité. Cette décision allait conduire à l'intensification progressive de l'appropriation de l'ensemble du monde vivant à travers un nouvel outil de protection des inventeurs particuliers et surtout industriels, d'abord du côté de l'Amérique mais ensuite toucher l'Europe et le reste des continents. Il allait aussi entraîner la transformation des autres systèmes de propriété toujours dans le sens du renforcement des droits de l'inventeur. Il faut bien souligner que ces monopoles sur la matière biologique ont pris naissance à partir de larges « revendications couvrant les produits identifiés par l'outil ou la méthode brevetés » issus de la recherche (OECD, 2002, p.14).

La tendance au regroupement avec les plus grandes firmes s'est accentuée et s'explique du côté du secteur de l'agrochimie par l'essoufflement des ventes des produits phytosanitaires dans les années quatre-vingt dix. Ce phénomène est dû aux réticences du grand public et des gouvernements à les employer, mieux sensibilisés aux problèmes d'environnement et aux problèmes de santé qu'auparavant. Elle provient également de la baisse des revenus agricoles et de la crise économique asiatique. Les biotechnologies offrirent sur les 25 dernières années de nouveaux débouchés pour les produits phytosanitaires et la création des nouvelles variétés. Côté secteur des industries cosmétiques et pharmaceutiques, on observe également une concentration des entreprises et une accentuation de l'exploitation des ressources génétiques issues de la nature. Cette tendance a des raisons multifactorielles ; vieillissement des portefeuilles des brevets des médicaments, augmentation des coûts de la recherche, allongement des durées de recherche et réduction du nombre de molécules réellement nouvelles. En outre pour ces dernières, la PI est un élément essentiel de la stratégie et des pratiques ; le système de brevets est approprié pour ce secteur qui fait appel aux applications industrielles et s'appuie sur une organisation de la recherche distincte de celle de la sélection végétale. Celle-ci était dominée au départ par des laboratoires publics qui avaient pour mission le développement de cultivars à haut rendement sensés participer à la lutte contre la faim dans le monde. Avec l'arrivée des biotechnologies, les procédés et produits issus du génie génétique exigent d'importants moyens financiers alors qu'ils sont faciles à reproduire. Les brevets apportent aussi une certaine reconnaissance, source de retombées financières

⁴¹ Ensemble des ressources génétiques d'une variété, race ou espèce.

notamment dans le domaine public. Dans le cadre de partenariat, il sert aussi à évaluer les apports des uns et des autres. Depuis 2000 les grands groupes ont cependant scindé leurs activités agrochimiques et pharmaceutiques, les premières offrant un développement moindre que la seconde (Ilbert, Louafi, 2004).

L'arrivée de l'agrochimie et des firmes pharmaceutiques, via le développement du génie génétique, a modifié la situation. Le brevet au titre de composé chimique a conduit les industriels à se tourner vers un système apportant le plus fort monopole. En effet, lorsqu'un gène est introduit dans une variété et fait l'objet d'une demande de brevet, l'exploitation dans le cadre la recherche de celle-ci devient inexploitable pour les concurrents sans faire l'objet de rémunération. Ces firmes ont ainsi tenté d'imposer ce système de protection via les OGM au détriment des filières classiques et ont essayé de les faire accepter par les consommateurs. Il offre en effet nombre d'avantages en comparaison du COV avec un droit de propriété plus élevé « qui laisse la ressource génétique libre et ne protège qu'une mise en forme originale » (Cassier, 2001, p. 148) ; interdiction, sans payer des royalties, de réemployer par l'agriculteur des semences issues de ses cultures, tout comme celle de l'exploitation des variétés protégées pour en créer de nouvelles. Lorsque le brevet d'utilité fut accepté pour breveter les micro-organismes, la porte était ouverte Outre-atlantique pour passer aux autres règnes du monde vivant. En quelques années l'ensemble de ses représentants, hormis l'homme, pouvait être potentiellement brevetable, du moins s'il était issu d'un processus non naturel, comme nous le présentons dans le chapitre suivant.

De plus, aux Etats-Unis, une possibilité de cumul, brevet d'utilité et système de protection végétale (PPA ou PVPA) fut acceptée par la Cour suprême en 2001, suite à l'affaire J.E.M. Agricultural supply v. Pioneer Hi-Bred⁴². Il faut souligner que le recours au brevet fut également employé par le secteur public après l'entrée en vigueur en 1980 du Bayh Dole University and Small Business Act encouragé en cela par le gouvernement des Etats-Unis qui voulait lutter contre la concurrence, surtout japonaise (Orsi, 2002). Dix ans avant, la suprématie américaine ne nécessitait pas de faire appel largement à ce titre, les innovations étant rapidement intégrées dans les produits commercialisés par les puissantes entreprises de ce pays. Les laboratoires fédéraux et les universités pouvaient déposer dès lors des brevets, céder les licences d'exploitation à des entreprises et conserver les redevances. Cette législation encouragea le développement des jeunes entreprises (start up) créées quelques années plutôt, comme Genentech, Cetus ou Biogen. Sans capital, elles misent sur leurs connaissances et leur maîtrise technologique pour attirer les investissements. Elles se tournent donc naturellement vers le système de brevet en recherchant à étendre au maximum leur champ de revendications.

Face à ces nouveaux élargissements des champs d'action des brevets, l'UPOV a réagi et a modifié en 1991, après quatre années de travaux, sa convention pour contrebalancer le système des brevets et soutenir la recherche. La protection concerne désormais l'ensemble des espèces végétales du supérieur. Les exceptions au droit de l'obtenteur ont été revues à la baisse. L'exemption de recherche se limite désormais aux travaux expérimentaux et reconnaît le droit de dépendance lors de la création de nouvelle variété obtenue à partir d'une variété déjà protégée avec le paiement de royalties au premier obtenteur. Enfin le droit de réemployer les semences par les agriculteurs est remis en cause et devient une exception facultative à l'initiative des membres signataires de cette convention. Néanmoins beaucoup de législations nationales conservent cette exception. Une extension des droits d'exploitation est apportée

⁴² Décision du 10 déc. 2001. 534 US 124 2001

(art 14i), elle concerne en plus un monopole sur la reproduction, l'exportation et l'importation ou encore le stockage. La double protection par un titre de protection spécial ou brevet et COV est autorisée dans certains pays ; la séquence génétique introduite est protégée par le brevet et la variété est protégée par le certificat. En outre, la notion de variété « essentiellement dérivée » (art.5) a été introduite de manière à ce que les sélectionneurs classiques puissent bénéficier en partie des royalties produits d'innovations issues du génie génétique, réalisées par les industriels, sur des variétés déjà protégées par un certificat.

Depuis 1994, la protection des obtentions végétales peut être obtenue sur le plan européen suite à la sortie du règlement 2100/94 du Conseil de l'Europe qui s'inspire largement de l'acte de la convention de l'UPOV de 1991 ; un certificat d'obtention végétale est délivré par l'Office communautaire des variétés végétales (OCVV). C'est le premier titre de protection à portée régionale. Côté européen, afin de résister à la concurrence américaine, la directive européenne 98/44 du 06.07.1998, dite de brevabilité des inventions biotechnologiques, fut votée. Elle autorise la protection des inventions biotechnologiques lorsqu'elles répondent aux critères de nouveauté, application industrielle et implique une activité inventive. Elle peut s'appliquer aux matières biologiques, c'est-à-dire contenant des informations génétiques autoreproductibles ou reproductibles dans un système biologique (art.2.1). Ne sont pas brevetables les variétés de plantes et races animales et les procédés d'obtentions de plantes et animaux (art. 4) qui correspondent à des phénomènes naturels tels que le croisement ou la sélection (art.2.2). Les inventions portant sur ces organismes sont brevetables si la faisabilité technique de l'invention n'est pas limitée à une variété ou une race animale déterminée. Une variété transgénique n'est pas brevetable, car l'invention biotechnologique doit être applicable à plusieurs variétés suite la décision du 20.décembre 1999 (Munich) de la Grande chambre de recours de l'OEB dans l'affaire Novartis⁴³. Désormais il est possible et nécessaire, lors du dépôt d'un brevet relatif aux inventions biotechnologiques, de préciser que le procédé est applicable sur plusieurs variétés ou espèces sans les revendiquer individuellement.

D'autres décisions furent prises au niveau des certificats pour renforcer les droits des obtenteurs et donc apporter un avantage supplémentaire à ces titres. Ainsi un amendement intervint en 1994 pour le PVPA (Public Law n°349, section 11, 103^e session du Congrès) qui supprima le privilège de l'agriculteur c'est à dire les possibilités de vendre les semences issues de son exploitation. Il subsiste cependant le droit de les multiplier à titre non commercial pour ses besoins propres ainsi que le droit pour les semenciers de les utiliser pour l'amélioration des plantes ou la création variétale. Les Etats-Unis ont cependant adhéré à la convention UPOV de 1991 en février 1999 et ont ajusté la législation permettant la libre multiplication des semences par l'agriculteur pour ses propres besoins.

2.4. Extension à l'ensemble du monde vivant

L'appropriation des ressources génétiques s'est étendue progressivement à l'ensemble des règnes du monde vivant, les événements se produisant au départ de façon lente avec les micro-organismes puis s'accéléraient avec les êtres supérieurs, plantes et animaux. Comme indiqué plus haut, c'est à partir de l'arrêt de Chakrabarty de la Cour suprême des E-U, en 1980, qu'a débuté la brevabilité des premiers organismes, ici un *Pseudomonas*. Avant cette date Louis Pasteur avait obtenu en 1865 en France et 1873 aux E-U un brevet sur une levure

⁴³ Décisions de la grande chambre de recours : plante transgénique/Novartis II, G 1/98 ; JO OEB 2000, 111. L'invention concernait le contrôle d'agents pathogènes dans des plantes transgéniques. La demande comportait des revendications de produits obtenus par des procédés susceptibles d'appartenir à une variété végétale. Pour plus d'information consulter le document : legal.european-patent-office.org/dg3/pdf/g980001fp1.pdf

exempte de germes pathogènes mais à l'époque celle-ci était difficilement assimilable à une forme de vie. Dans le cas du *Pseudomonas*, le juge considéra l'organisme comme différent de ceux trouvés dans la nature ; plusieurs plasmides isolés de leur milieu naturel avaient été intégrés à son génome et donc il résultait du produit de l'activité l'homme.

Quand la biotechnologie débuta, Il manquait aussi une description précise du procédé ou du produit obtenu nécessaire au dépôt d'un brevet, à cause du manque de savoirs relatifs à la biologie moléculaire aux processus de transformations des organismes. La connaissance de plus en plus précise des innovations biotechnologiques remplit cette obligation. Le passage aux autres règnes taxonomiques pouvait débiter, d'autant que la découverte de la structure de l'ADN en 1953 suivi du décryptage du code génétique en 1964 et son caractère universel pour l'ensemble des organismes, a conduit à effacer la distinction entre les règnes du vivant que l'on retenait communément. Ainsi le patrimoine végétal a commencé à être breveté à partir de 1985⁴⁴, toujours aux Etats-Unis, dans le cadre de l'affaire *Ex Parte Hilbert*, où un maïs transgénique permettait une surproduction d'un acide aminé (le tryptophane). Quant au monde animal, c'est via la Cour d'appel de l'USPTO, office américain des brevets, que ce titre est octroyé à une huître polyploïde en 1987. A ce moment, cet organisme décide que tous êtres vivants non humains issus d'un processus non naturel sont potentiellement brevetables. L'année suivant le premier brevet sur un mammifère transgénique est accordé à Philip Leder de l'université d'Harvard, ayant octroyé la licence à la société Dupont Corporation, pour une souris oncogène. Sur le plan humain plusieurs tentatives ont été entreprises. En 1984 l'affaire de la lignée cellulaire aux activités anti-cancéreuses avait conduit à l'obtention d'un brevet sur un élément isolé du corps humain⁴⁵. L'appropriation, via d'autres procédés, s'étend ensuite aux espèces et aux écosystèmes via les marchés de droits internationaux (Karsenty et Weber, 2004). Ainsi les biologistes obtenaient des droits de propriété couvrant progressivement les gènes de l'ensemble du monde vivant à partir de créations *ex nihilo*. Ainsi, malgré les difficultés, on passe progressivement de brevets sur le procédé, à des brevets de plus large étendue couvrant le produit associé avec parfois un monopole virtuel sur l'utilisation de l'organisme⁴⁶.

L'Europe, après dix ans de discussion, vota la directive 98/44 dite de « brevabilité des inventions biotechnologiques ». Son objectif était de suivre le mouvement international visant à breveter les organismes vivants, notamment celui observé aux Etats-Unis d'Amérique. Si la brevabilité des espèces végétales et races animales reste exclue, selon la Convention de Munich voté le 5 octobre 1973, elle est envisageable pour des séquences partielles ou complètes. Le matériel biologique doit être isolé de son environnement naturel ou produit par des moyens techniques. Il doit aussi répondre aux critères de nouveauté, impliquer une activité inventive et être susceptible d'applications industrielles. La propriété s'étend à n'importe quelle partie du matériel biologique produit à travers la propagation ou la multiplication dans une forme identique ou distincte possédant les mêmes caractéristiques (art. 8). La question se posa de savoir si une plante génétiquement modifiée pouvait faire l'objet d'une demande de brevet. La grande chambre de recours de l'OEB décida en 1999, suite à l'affaire Novartis, qu'elle ne le pouvait pas, mais que seule une invention l'était si elle

⁴⁴ Il faut citer qu'avant les plantes, en 1982 l'hormone de croissance humaine fut brevetée, suivie deux ans plus tard sur le gène de l'insuline humaine.

⁴⁵Brevet US 4438032 sur une lignée de cellules anticancéreuses prélevée sur John Moore par le Dr Golde en 1976. Voir Bioéthique et droit des brevets : L'homme aux cellules d'or et le peuple Hagahai, *Magazine de l'OMPI*, sept. 2006

⁴⁶ C'est le cas du coton transgénique produit par la firme Agracetus couvrant toutes les variétés transgéniques quelques soient le procédé et les caractéristiques introduites.

était applicable à une infinité de variétés de plantes. Cela ne permettait plus au niveau européen de breveter une variété conformément à la Convention sur les brevets européens (Munich) de 1973. Mais une technologie de génie génétique applicable sur plusieurs variétés pouvait faire l'objet d'un brevet ; de par ce fait non seulement la séquence ADN était protégée mais aussi de façon indirecte les variétés concernées. Une particularité fut aussi retenue quant à divulgation au public de certaines inventions biologiques ; l'absence de description et d'accessibilité au public nécessite le dépôt du matériel biologique.

Sur le plan national, la transposition de cette directive fut pour certains pays assez longue. En France elle aboutit, après moult débats, à l'adoption de la loi du 8 décembre 2004 relative à la protection des inventions biotechnologiques. Elle comporte la particularité d'octroyer le privilège de libre accès à l'invention « en vue de créer ou de découvrir et de développer d'autres variétés végétales. »(art. L 613-5-3). Côté COV, cette protection reste inadaptée à la création de plantes transgéniques obtenues par le génie génétique car il protège une seule variété végétale ou cultivar. Or les inventions ici produites par la biotechnologie, couvertes par un brevet, touchent bien souvent une portion de génome et ne sont pas spécifiques à une variété mais à un taxon botanique de rang plus élevé du moins en Europe depuis 1999, suite à la décision de la chambre de recours de l'OEB. Dans le cas du brevet la protection de l'invention est incluse dans la plante. Cependant afin de renforcer sa portée vis-à-vis du brevet, avec la révision de l'UPOV en 1991, les durées de protection sont augmentées passant ainsi à 20 ans minimum et même 25 ans pour les arbres et la vigne. Au niveau du COV communautaire cette durée est encore plus élevée puisque l'on a retenu 25 ans pour les plantes et même 30 ans pour les arbres et la vigne avec une possibilité de prorogation de 5 ans maximum. C'est d'ailleurs ce qu'a retenu l'Etat français, lorsque celui-ci après nombre d'hésitations adhéra à l'UPOV de 1991 en 2006 (loi 2006-245 du 3 mars) et qu'à titre dérogatoire il appliqua ces mêmes durées que celles prévues par le règlement n°2100/94. De même on passe d'une protection du cultivar à celle de l'espèce ce qui autorise un renforcement de sa portée vis-à-vis du brevet.

On assiste ainsi à une harmonisation progressive entre les différents titres exclusifs de la propriété intellectuelle, toujours dans le sens d'un renforcement des droits au profit de l'inventeur. Le COV ou PVPC, restent cependant encore aujourd'hui pour nombre d'industriels moins intéressants que le brevet, notamment à cause des clauses d'exemption de recherche, de création de nouvelles variétés et surtout du droit de l'agriculteur – même si ceux-ci ont été fortement réduits. Pour éviter un trop grand déséquilibre, l'Europe a mis en place des dispositifs assurant le lien entre le brevet et le COV. C'est d'abord l'octroi de licences réciproques, sous conditions de progrès technique important, évitant une appropriation excessive d'un titulaire d'un titre ou un autre. « Un obtenteur ne peut obtenir ou exploiter un droit d'obtention végétale sans porter atteinte à un brevet antérieur, il peut demander une licence obligatoire pour l'exploitation non exclusive de l'invention protégée par ce brevet, dans la mesure où celle licence est nécessaire pour l'exploitation de la variété végétale à protéger, moyennant une redevance appropriée » (art. 12.1). En contre partie le titulaire bénéficie d'une licence réciproque sur la nouvelle invention. Inversement selon l'article 12.2 « le titulaire d'un brevet ... peut demander une licence obligatoire pour l'exploitation non exclusive de la variété protégée par ce droit d'obtention, moyennant une redevance appropriée ». A son tour le titulaire du COV a droit à une licence réciproque pour utiliser l'invention couverte par le brevet.

Le brevet comporte donc encore des avantages vis-à-vis de la protection *sui generis* des obtentions végétales. Ils expliquent la rapide croissance des brevets biotechnologiques

délivrés par l'USPTO ou l'OEB dès le début des années 90 et qui s'élève à plusieurs milliers aujourd'hui. Néanmoins, leur nombre reste approximatif, car même s'il existe une classification internationale des brevets⁴⁷ employée en Europe et par l'OMPI, d'autres systèmes sont utilisés par certains Etats et administrations. Aussi, le nombre de demandes et de délivrances des brevets est difficilement comparable d'une zone à l'autre.

2.5. Extension à l'ensemble des continents

Les grandes entreprises souhaitent asseoir leurs compétences et trouver des débouchés vers de nouveaux pays pour leurs nouvelles variétés améliorées, notamment le maïs, le colza, le soja et le coton. Leur diffusion devait être sécurisée sur le plan des droits de la propriété intellectuelle par des règles internationales. L'ADPIC, Accord sur les aspects des droits de propriété intellectuelle qui touchent au commerce (ou TRIPS en anglais), signé le 15 avril 1994 dans le cadre de l'accord final de Marrakech qui englobe 3 autres volets (création de l'OMC, accord sur le commerce des marchandises et accord général sur les services) va dans ce sens. Il reprend les grandes lignes de la Convention de Paris de 1883. Pour la première fois, est abordé les droits de la propriété intellectuelle et ce dans de nombreux domaines économiques dont celui des produits agricoles. Son objectif est réduire les distorsions et les obstacles au niveau des échanges internationaux en instaurant des règles internationales tout en respectant les conventions déjà en place. Il fait le choix de l'appropriation privative, modèle retrouvé régulièrement dans les pays développés. Il autorise les possibilités de breveter les micro-organismes mais pas les végétaux et animaux sauf les procédés d'obtention non-biologiques et microbiologiques. Cet accord en matière agricole oblige les pays signataires, n'ayant pas de protection des variétés végétales par des brevets, à se doter au plus tard pour 2005 d'un système de protection pour les obtentions végétales soit en adhérant à l'UPOV, soit à un système juridique (*sui generis*) efficace. Du côté des pays en voie de développement, celui-ci a été accepté avec réticence car ils sont limités dans l'accès à certaines technologies. Il a néanmoins encouragé plusieurs pays à adhérer à la convention de l'UPOV, leur nombre passant de 24 états en 1994 à 58 en 2004. Toutes les conséquences n'avaient pas été mesurées au moment de la signature de l'accord, d'autant que depuis les avancées technologiques elles offrent de nouvelles perspectives d'appropriation du vivant. L'une concerne l'absence de divulgation de l'origine des ressources génétiques utilisées pour une nouvelle invention et celle de la preuve d'un accord préalable donné par les états ou les tenants de savoirs locaux traditionnels. Elle pouvait conduire au biopiratage sans compensation aux innovateurs locaux, voire à l'interdiction d'utiliser une plante ou ses composantes dès lors qu'une demande de brevet était déposée. L'examen du texte initial est à l'étude.

Il faut remarquer que si pour certaines cultures l'agro-industrie a massivement investi dans la recherche et la diffusion de ses produits (progression de plus 10% par an depuis 10 ans soit 102 millions d'hectares en 2006, concernant essentiellement le maïs, coton, soja et colza⁴⁸), pour d'autres espèces, telles la banane ou la patate douce, spécifiques des pays en voie de développement, les firmes biotechnologiques se sont moins impliquées du fait de l'étroitesse du marché (Fugua-Parr, 2006), la faiblesse des systèmes de régulation de sécurité biologique et surtout le non respect des droits de la propriété. Certains, comme D. Osgood⁴⁹, préconisent

⁴⁷ Créé dans le cadre de l'arrangement de Strasbourg de 1971, entré en vigueur en 1975, et révisée à plusieurs reprises.

⁴⁸ Kempf H., *Les OGM ont passé la barre des 100 millions d'hectares cultivés*, Le Monde, 20 janvier 2007.

⁴⁹ Osgood, D., Dig it up : global civil society's responses to plant biotechnology, in Anheir et al, *Global civil society*, 2001, chapter 4, Oxford university press, 2001.

que le secteur privé prenne les devants afin que les plantes génétiquement modifiées participent à la lutte contre la faim dans le monde. *A contrario* dans les pays en voie de développement la stratégie des grands groupes est faible. Si les productions des grandes cultures OGM ont pris leur essor depuis dix ans dans quelques pays (principalement les Etats-Unis, l'Argentine, le Brésil et Canada), leur développement se heurte à l'hostilité dans un grand nombre de ces pays et ce malgré la levée du moratoire de l'Europe en mai 2004 qui n'a pas effacé les inquiétudes des populations et des acteurs hostiles à ce type de transformations des plantes. On note cependant depuis quelques années une percée des cultures PGM en Chine et en Inde, via la culture du coton, ou même en France (mille hectares en 2005 plus de 30 mille hectares prévus en 2007⁵⁰), avec un début de diversification des cultures OGM (riz en particulier) tendant à conforter la croissance rapide observée de ce type de culture.

En résumé, depuis 1980 il existe deux principaux systèmes internationaux de protection des innovations biologiques de la matière végétale (faisant appel aux techniques d'obtentions traditionnelles ou aux biotechnologies) susceptibles de se cumuler (Etats-Unis), ou se distribuer et s'exclure (Europe dont la France) selon le domaine de protection (ou champ d'application) ciblé :

- Le certificat d'obtention végétale et son équivalent américain le PVPC, droit *sui generis*, qui protège les cultivars ou les espèces créées ou découvertes, distinctes, homogènes et stables.
- Le brevet qui s'applique aux procédés de traitement et d'amélioration des plantes et des produits directs qui en résultent, sous respect des conditions de nouveauté, inventivité et application industrielle. Les champs d'application peuvent sensiblement diverger selon les pays. Ces produits pouvant être brevetés en tant que tels (avec les utilisations qui en découlent), sous réserve que leurs fonctions soient définies⁵¹ (OCDE, 2002), correspondent au patrimoine génétique (un gène, un fragment d'ADN ou ARN), ou à une protéine codée ou parfois à une plante entière. Dans ce dernier cas aux Etats-Unis ce peut-être une variété, tandis qu'en Europe une plante génétiquement modifiée est brevetable via son procédé d'obtention si la manipulation est applicable à plusieurs variétés.

⁵⁰ *Les cultures d'OGM multipliées par six en France*, Le Monde, 10 février 2007

⁵¹ Dans ce cas la fonction se substitue au critère d'application industrielle ou d'utilité du brevet.

Tableau 1 : récapitulatif des systèmes existants en Europe :

| | COV Fr ³ adhésion UPOV 91 loi 2006-245 du 3.03.2006 | PCVV Règlement (CE) n°2100/94 du Conseil | Brevet Directive européenne 98/44 Fr : loi 2004-1338 du 8.12.2004 |
|--|---|--|---|
| Organisme | UPOV | Office communautaire des variétés végétales (OCVV) | Office national des brevets Brevet européen OEB |
| Végétaux concernés | COV Cultivar Depuis 91 ensemble des espèces même les découvertes (peut concerner les champignons, levures, bactéries, algues) | PCVV toutes espèces | + Procédé d'obtention végétale avec au moins une étape non essentiellement bio. + Cellule, fruit, partie (si n'est pas mat. de reproduction d'une variété) + Gène isolé de son environnement par un procédé si : Fonction identifiée + Séquence nouvelle, pas évident de l'identifier, de la produire et la reproduire |
| Durée | 20 ans mini 25 ans mini pour les arbres et la vigne | 25 ans sauf pour arbres et vignes 30 ans (possibilité de prorogation de 5 ans max) | 20 ans en général |
| Conditions de l'octroi | Nouvelle, distincte, homogène et stable | Nouvelle, distincte, homogène et stable | Nouveauté, inventivité, application industrielle |
| Divulgation - demande d'octroi | Description de la variété devant être nouvelle, distincte, homogène et stable Dépôt d'un exemplaire témoin + dénomination variétale | Description de la variété devant être nouvelle, distincte, homogène et stable Examen technique + Dénomination variétale | Examen documentaire, examen en champ non requis, matériel végétal pour examen pas toujours nécessaire |
| Droit de l'inventeur (obteneur) | Protection de la dénomination de l'invention monopôle quasi exclusif sur la vente des semences. Depuis 91 : production et reproduction, produits de la récolte, conditionnement, exportation importation | protection de la dénomination variétale monopôle quasi exclusif sur la vente des semences, production et reproduction, conditionnement, exportation importation | Monopole d'exploitation |
| Exceptions au droit de l'obteneur (= sans autorisation) | | | |
| Droit agriculteur | Oui Restriction facultative depuis 91 | Oui pour certaines espèces | Oui pour certaines espèces |
| Exemption recherche | Oui pour Recherche expérimentale | Oui pour recherche expérimentale | Oui. à des fins non commerciales. sinon licence obligatoire avec redevance |
| Exemption des sélectionneurs | Oui pour créer nouvelle variété. Depuis 91 clause de dépendance pour variété dérivée | Oui pour créer nouvelle variété mais clause de dépendance pour variété dérivée | Oui à des fins non commerciales. sinon licence obligatoire avec redevance |

Sources basées sur la législation présentée à partir de sources documentaires multiples

Tableau 2 : récapitulatif des systèmes existants aux Etats-Unis :

| | Plant variety protection certificate = certificat de protection des variétés végétales 7USC 2321 et seq (2003) | Plant patent = brevet de plante 35USC161-164 | Utility patent = Brevet d'utilité U.S.C. 101, "inventions patentable", and 35 U.S.C. 112, "specification". |
|--|--|---|--|
| Organisme | Plant Variety Protection Office | USPTO | USPTO |
| Végétaux concernés | Plantes sexuées et graines | Plantes entières asexuées autres que plantes sauvages et celles multipliées par tubercules | Toutes plantes ou parties qui ne peuvent se trouver dans la nature |
| Durée | 20 ans | 20 ans | 20 ans |
| Conditions de l'octroi | Description de la variété devant être nouvelle, distincte, homogène et stable Dépôt d'un exemplaire témoin + dénomination variétale | Non évidence Plante nouvelle 1 seule revendication | Non évidence Utile Nouveauté |
| Droit de l'inventeur (obteneur) | Reproduire, vendre, importer et exporter, produire un hybride ou autre variété | 1 seule revendication admise, jamais un procédé Exclusivité de reproduire, vendre, utiliser Depuis peu vente et utilisation de toutes les parties + importation | Exclusivité de la méthode de production, d'utilisation et de la vente |
| Exceptions au droit de l'obteneur (= sans autorisation) | | | |
| Droit agriculteur | Oui | Non | Non |
| Exemption recherche | Oui | Non sauf exceptions | Non sauf exceptions |
| Exemption des sélectionneurs | Oui | Non | Non |

Sans entrer dans les détails ici, il existe cependant de nombreuses incertitudes et débats concernant l'interprétation juridique de certains aspects de cette appropriation de la part des tribunaux et des offices de brevets. Citons comme illustration la détermination du sens exact des termes « procédés essentiellement biologique d'obtention de végétaux » « ou procédés microbiologiques » (art. 2b de la convention de Strasbourg retrouvé ensuite dans les différentes législations) excluant dans le premier cas les possibilités de brevabilité des innovations, l'acceptant dans le second. Il en est de même récemment (entre l'OEB et le Conseil de l'Europe) pour ce qui touche les caractères transmis à une plante via la biotechnologie lorsqu'ils sont stables de génération en génération.

3. Comparaison de l'évolution scientifique - droits de la propriété industrielle et enjeux

3.1. Une évolution parallèle

Après la présentation des caractéristiques et de l'historique des sciences appliquées et des systèmes de la propriété industrielle appliqués au règne végétal présentés, il est intéressant dès à présent de juxtaposer leur évolution respective.

Le tableau suivant retrace les grands traits de chacune d'elle :

| Régime d'innovation | Période | Découvertes scientifiques | Technologies agricoles | Systèmes de protection |
|---------------------|--------------------------------|--|---|---|
| traditionnelle | -10 000 ans | | Agriculteurs sélectionnent les plantes les mieux adaptées (sélection massale) | - |
| conventionnelle | Fin du XIX ^e siècle | Loi de l'hérédité 1865 | Applications des principes de l'hérédité : les sélectionneurs introduisent des caractères intéressants à partir de parents sauvages, cultivés ou mutés | 1 ^{er} brevet sur un organisme vivant (levure, Fr., 1865) |
| | Années 1930 | | Mise au point et commercialisation des variétés hybrides | Plant patent (1930) |
| | 1940-60 | Structure de l'ADN (1953) Décryptage code génétique Transposons Enzymes de restriction (1965) Travaux sur l'épigénétique (fin années 60) | Recours à la mutagenèse, culture tissulaire, régénération de plantes. Production de plantes haploïde. | Certificat d'obtention végétale (1961) |
| Moderne | Années 1970 | Transcriptage inverse (1970) | Début du génie génétique (culture de protoplastes, fusion intersp.) Stérilité ♂ cytoplasmique et auto-incompatibilité | Plant variety protection certificate (1970) |
| | 1980-88 | | Introduction d'ADN étranger dans cellules végétales avec plasmides. 1 ^{ère} PGM (tabac) (puis résistance insecte 85, résistance herbicide 87, prod. substance médicamenteuse 88) | 1 ^{er} brevet d'utilité sur micro-organisme (1980) 1 ^{er} Brevet d'utilité sur plante (1985, E-U) Brevet sur la stérilité ♂ |
| | Années 1990 | | 1 ^{ère} Culture en champ d'OGM (Belgique) puis commercialisation en 1990 (Chine, tabac) en 1994 E-U (tomate) en Europe (tabac) | Brevet sur les GURT (annulation) Brevets à large revendication sur des semences issues des PVD ADPIC (1994) Directive CE 98/44 |
| | A partir de 2000 | | Séquençage d'Arabidopsis thaliana (2000) Développement de la bioinformatique, génomique, protéomique, métabolomique | Possibilité de cumul brevet + PVPC (E-U, 2001) |

Tableau remanié de FAO (La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture 2003-2004. chap. 2.)

Ce tableau nous résume et nous éclaire sur les grandes étapes des transformations du système agricole concernant les végétaux, vues dans première partie de cet article. Elles débutent par la sélection massale, où pratiques et savoir-faire traditionnels étaient déployés exclusivement

par les paysans. Au cours de cette période, les spécimens les plus intéressants pour l'homme étaient isolés et multipliés à partir des plantes sauvages endémiques, et voyait l'acclimatation de nouvelles espèces importées d'autres continents. Suit la première transformation du régime d'innovation agricole – la période conventionnelle - et l'apparition des premières applications sur les exploitations agricoles, nées des découvertes de la fin du XIX^e siècle et première moitié du XX^e siècle dans les domaines de la biologie moléculaire, de la génétique et de l'agronomie. La sélection passe progressivement aux mains des instituts publics ou parapublics et certains semenciers proches du monde agricole. Dans un premier temps, la protection des innovations des plantes se limite, avec le plant patent, aux Etats-Unis aux variétés à multiplication végétative. Dans un second temps, sous la pression des sélectionneurs de plantes, de l'Association Internationale des Sélectionneurs pour la Protection des Obtentions Végétales (ASSINSEL⁵²), avec l'appui de la France, l'UPOV et le COV sont créés (Le Buanec, 2006). Grâce aux variétés à haut rendement et à l'utilisation d'engrais minéraux et de pesticides, cette étape sera également le point de départ de la révolution verte engagée dans les années cinquante avec comme leitmotiv la lutte contre la faim dans le monde. Vingt ans plus tard, les techno-sciences prennent naissance et marquent le début de la période moderne ; c'est la seconde grande transformation. Dès lors, les semences intéressent les grands groupes industriels. A ce moment, commence l'exploitation d'un nombre restreint de gènes d'intérêt agronomique et l'utilisation des biotechnologies. Les industriels s'efforcent de promouvoir le système de brevets auprès des instances nationales et internationales (Joly, Hervieu, 2003) et obtiennent gain de cause en 1980 Outre Atlantique. L'Europe suivra cette démarche, en partie, dix-huit ans plus tard avec la directive 98/44, après dix ans de débats. Pendant ce temps la recherche avance ; les premiers programmes de la génomique s'engagent au milieu des années quatre-vingts mais prennent leur essor la décennie suivante. Ils ont pour but de rechercher de nouveaux gènes susceptibles d'être utiles pour l'amélioration des plantes et découvrir de nouvelles molécules. Ils aboutissent à la construction des cartes génétiques des organismes. Actuellement les travaux s'orientent vers la génomique fonctionnelle afin de déterminer la ou les fonctions associées à chaque gène.

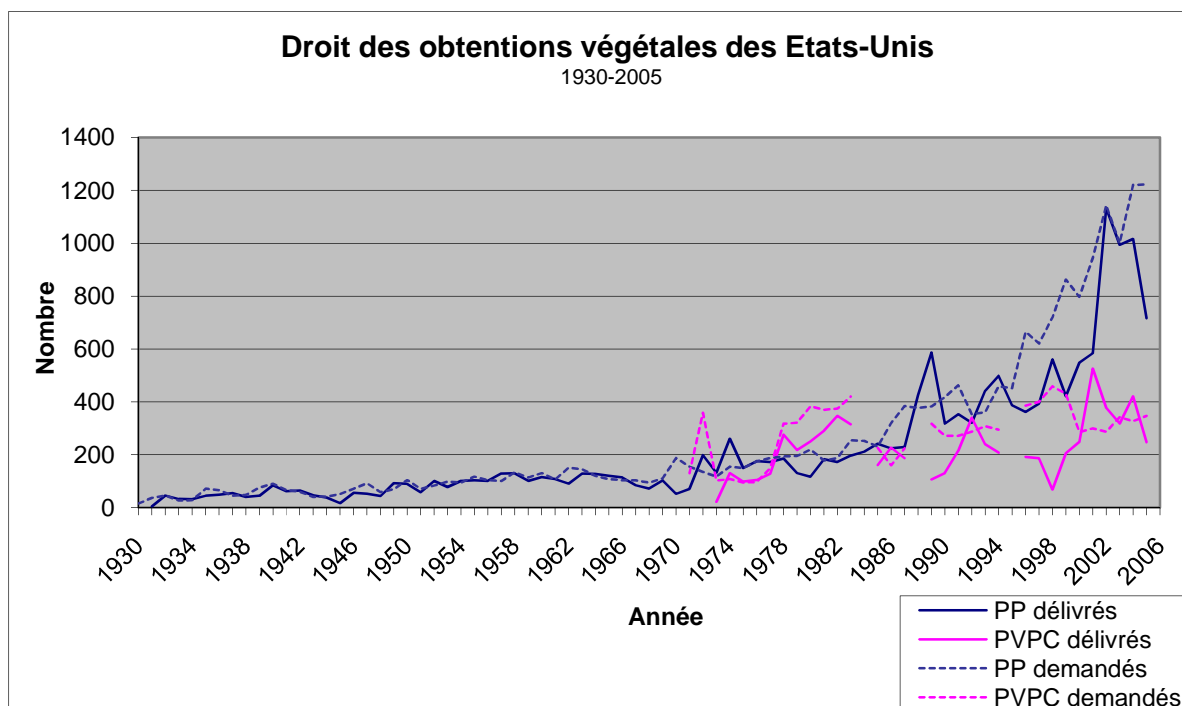
Les données statistiques sur les différents monopoles, présentés dans la seconde partie de cet article apportent également des informations intéressantes. Malheureusement si les renseignements relatifs aux COV, depuis leur création, sont aisément disponibles, il n'en est pas de même des brevets. De plus, il est difficile de déterminer le nombre exact de titres délivrés respectivement pour les obtentions et les brevets relatifs à la biotechnologie et se rapportant aux plantes. Comme indiqué plus haut, Il existe plusieurs systèmes de classification utilisés par les différents organismes (CIB et ECLA⁵³, USPCS⁵⁴...). Pour chacun d'entre eux, il est également malaisé d'en déterminer les applications sans procéder à une étude approfondie à partir de sources d'information ayant un accès restreint.

⁵² Suite à la fusion avec the International Seed Trade Federation (FIS) en 2002, il forme l'ISF.

⁵³ Système européen de classification s'inspirant de la CIB mais est plus précis.

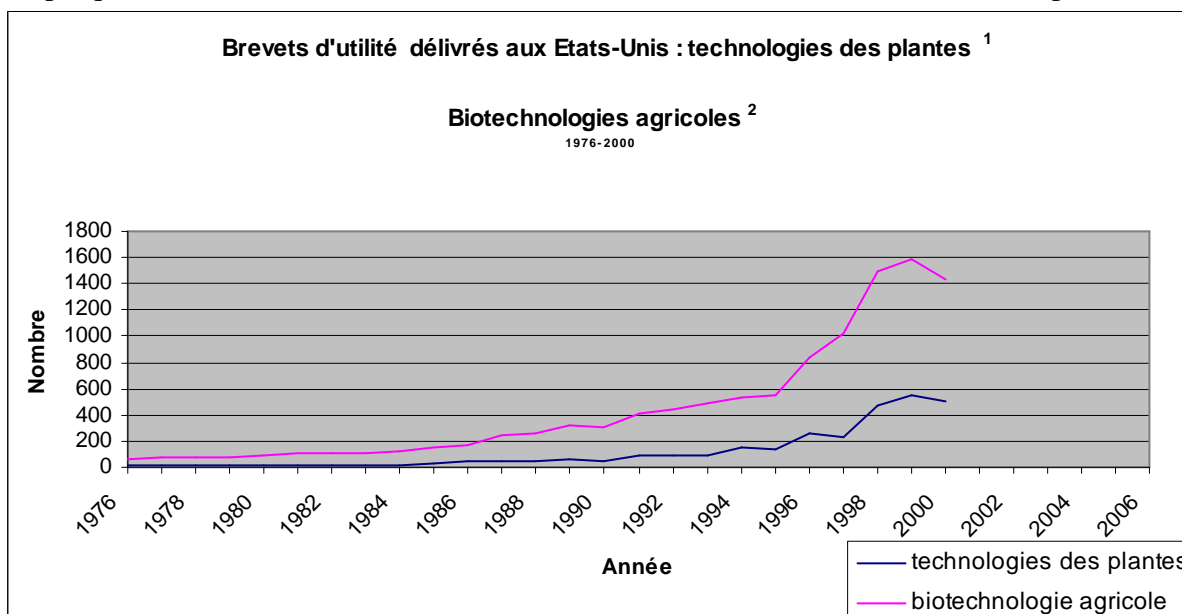
⁵⁴ U.S. Patent Classification System.

Graphique 1 : évolution des deux systèmes de propriété intellectuelle, Plant patent (PP) et Plant variety protection certificate (PVPC) appliqués aux Etats-Unis depuis leur création.



Source : élaboré à partir des données de l'OMPI. www.wipo.int
Les ruptures apparaissant sur les courbes du PVPC correspondent à des données manquantes.

Graphique 2 : évolution du nombre de brevets d'utilité accordés aux Etats-Unis depuis 1976.

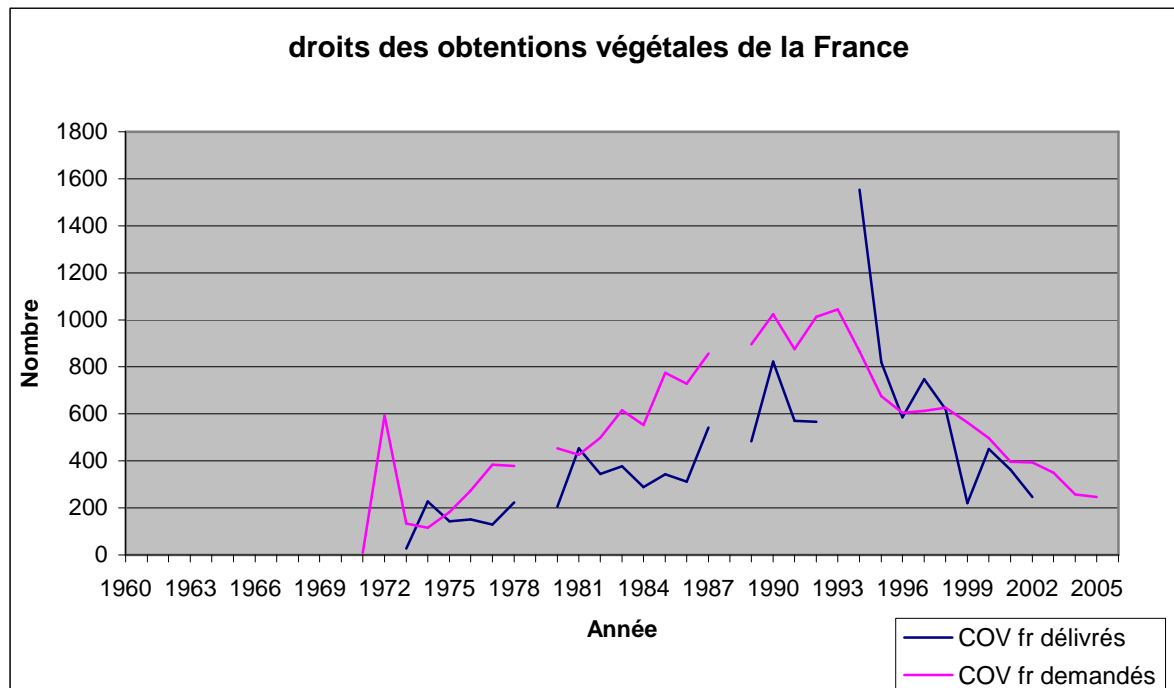


Source : graphique élaboré à partir des données du Département de l'agriculture des Etats-Unis. www.ers.usda.gov

¹ Nutrition, applic. agro, structure physique et fonction des plantes, germoplastes, cultivars, plantes, stérilité mâle, autres techno

² techno des plantes, organismes brevetés, voies métaboliques et procédés bio, protection, nutrition, contrôle bio chez plantes et animaux, pharmaceutique, transformation génétique

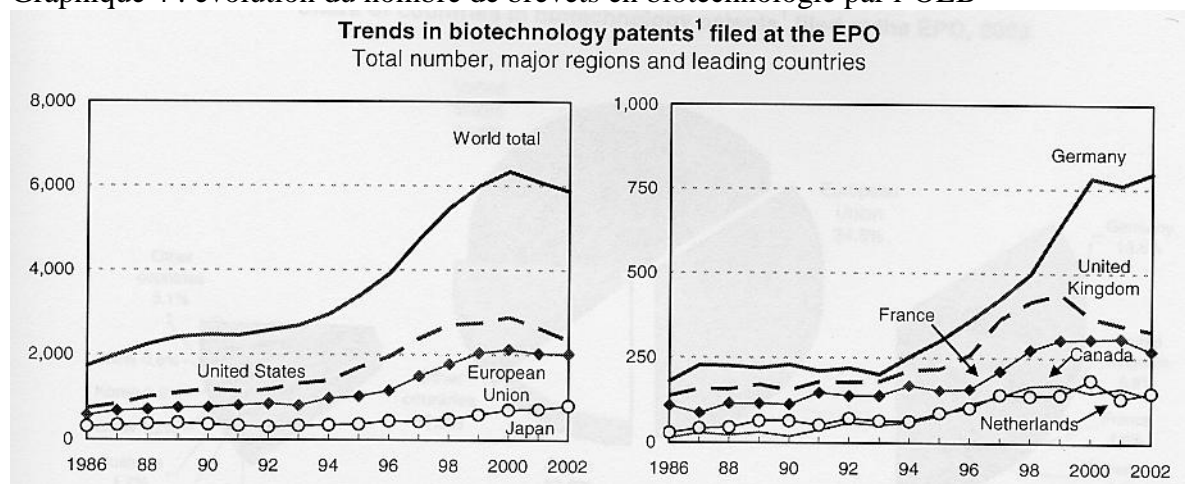
Graphique 3 : COV en France⁵⁵ depuis leur origine



Source : élaboré à partir des données de l'OMPI. www.wipo.int et l'UPOV (statistiques sur la protection des obtentions végétales)

Les ruptures apparaissant sur les courbes du PVPC correspondent à des données manquantes.

Graphique 4 : évolution du nombre de brevets en biotechnologie par l'OEB



Source ⁵⁶: OECD, Compendium of patent statistics, january 2006.

A partir de ces quelques données, on peut relever plusieurs observations. Même si l'augmentation du nombre de brevets entre 1986 et 2000 a été très forte, soit 226 % en Europe (CCE, 2002, p.34), on distingue plusieurs périodes et des différences significatives selon les pays. Ainsi il y a une lente augmentation du nombre de brevets délivrés à partir des années

⁵⁵ La France est l'un des six grands pays (avec les USA, les Pays-Bas, le Japon, l'Allemagne, la Grande-Bretagne) détenteurs de certificats d'obtention, avec 11% des délivrances totales depuis la création de ce système (Srinivasan, 2005).

⁵⁶ Pour connaître les catégories retenues dans la classification internationale des brevets servant à comptabiliser ici les brevets biotechnologiques, voir M. Khan & H. Dernis, *Global overview of innovative activities from the patent indicators perspective*, OCDE, 2006, p.36.

quatre-vingt (graph. 2 & 4), au moment où, règne après règne, les organismes peuvent faire l'objet de monopoles industriels. Ce n'est qu'au milieu de la décennie suivante (1994 en Europe et 1996 aux Etats-Unis) que cette croissance prend son envol. Elle correspond à la période des premières commercialisations des OGM dans un nombre limité de pays. Sur le plan européen, la hausse des demandes de brevets entre 1991 et 2002 représente 8,3 %, taux plus élevé que celui enregistré pour l'ensemble des demandes de tous secteurs d'activité confondus (Van Beuzekom, Arundel, 2006). Cette tendance s'achève peu avant les années 2000, avec des disparités assez significatives entre les pays (voir l'Allemagne notamment). Elle se produit quelques années après les premières contestations apparaissant en Europe⁵⁷, suivies dès 1998 par celles d'une partie de l'opinion publique des Etats-Unis (Gaudillière, Joly, 2006). Il serait intéressant de compléter ces statistiques avec les dernières données américaines relatives à la période 2000-2006. On peut déjà mettre en parallèle ce fléchissement du nombre de brevets accordés avec celui des demandes formulées par les entreprises. Plusieurs études montrent bien au contraire une demande accrue de monopoles de leur part (CCE, 2002, p.38; Claeys, 2004, p.4). Cela tendrait à signifier que ce phénomène serait imputable à la modification de la législation européenne et à un changement de pratiques des offices de délivrance de brevets.

En outre, la brevabilité des plantes à partir de 1985 (graph. 1) n'a pas conduit à une chute du nombre de demandes de PVPC et semble même s'accroître. Cette tendance ne s'observe pas en France bien au contraire. Cette dernière enregistre une profonde baisse dès le milieu des années quatre-vingt dix, c'est-à-dire au moment de l'augmentation brutale des délivrances de brevets relatifs à la biotechnologie, sur les deux continents. Est-ce le fait qu'en France, et peut-être en Europe, il existe une concurrence entre les deux systèmes de protections végétales contrairement aux Etats-Unis ? Il ne faut pas oublier qu'à partir de 2001, la possibilité de cumul du brevet d'utilité et système de protection végétale est autorisée. D'autres fluctuations importantes plus anciennes s'observent, notamment en rapport, semble-t-il, avec les révisions de l'UPOV de 1978 et 1991. Il serait le fait d'un intérêt temporaire des obtenteurs pour ce type de protections⁵⁸, peut-être à cause de la limitation des privilèges accordés à la recherche et aux agriculteurs, ou l'extension des espèces protégeables, car le nombre de demandes augmente comme celui des titres délivrés.

Ces quelques remarques nécessiteraient une étude plus approfondie afin de déterminer les interactions entre développement scientifique, et systèmes d'appropriation des innovations biologiques. Il serait aussi intéressant de croiser ces données très générales couvrant l'ensemble des biotechnologies avec celles plus spécifiques aux applications biotechnologiques végétales employées en agriculture ou dans d'autres domaines. Il serait aussi judicieux d'étudier les évolutions du nombre de monopoles accordés dans chaque grands groupes de cultures (plantes ornementales, agricoles, potagères, fruitières et médicinales) de manière à vérifier si elles divergent et reflèteraient ainsi des stratégies industrielles sectorielles distinctes⁵⁹.

⁵⁷ Les premières destructions massives de champs d'OGM datent de 1997 et plusieurs brevets à larges revendications ou portant sur des plantes déjà employées dans le passé par les communautés autochtones sont réexaminés ou annulés.

⁵⁸ Srinivasan, C. S., International trends in plant variety protection, *The Electronic Journal of Agricultural and Development Economics*, 2, 2005, p. 5

⁵⁹ Malheureusement, hormis celles relatives aux Plantes génétiquement modifiées, ces données internationales portant sur plusieurs années sont rares ou sont en accès restreint.

3.2. Enjeux

3.2.1 Influences de la législation sur la conduite des biotechnologies

L'une des principales difficultés des brevets accordés sur les OGM, que l'on ne retrouve pas dans les autres inventions, est la faculté de ces derniers à se reproduire et d'avoir un impact sur l'environnement sans possibilité de contrôle une fois placé dans le milieu naturel. Il est d'ailleurs important de noter que certains facteurs de risques, comme celui de la pollution génétique du milieu par des OGM, ne sont pas couverts par les assurances. En Europe, les pouvoirs publics ont mis en place un certain nombre de mesures (règlements, instances...) qui ont un impact sur la conduite et le développement des biotechnologies ou les laboratoires et sociétés qui les utilisent. Les instances mises en place apportent un certain nombre de garanties afin de limiter les risques sur l'environnement ou l'homme et rassurer l'opinion public, selon le principe de précaution. En France on peut citer la commission du génie génétique (CGG), La commission du génie biomoléculaire (CGB), l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (AFSSA), le Comité de biovigilance. La réglementation vise notamment l'étiquetage et la traçabilité des produits dérivés d'OGM. En revanche, aux Etats-Unis, aucune disposition spécifique tant sur le plan de la réglementation ou des instances ne fut prises⁶⁰ (Gaudillière, Joly, 2006).

3.2.2. Impact sur l'économie

Beaucoup d'études portent sur l'analyse raisonnée des avantages économiques que l'on peut attendre du développement de la propriété intellectuelle notamment appliquée au monde vivant. Ils sont pourtant empreints d'incertitudes notamment dans le domaine des biotechnologies. D'abord du fait même des difficultés d'évaluer le nombre total de titres délivrés, de déterminer leur exploitation effective. Ensuite celle de comparer des situations proches possédant ou non un système de monopole. Enfin de la nécessité de prendre en compte l'ensemble des effets primaires (c'est à dire attribués au bénéficiaire du monopole) et des effets secondaires (sur les concurrents, les consommateurs, de l'environnement, des populations locales,...).

Habituellement on admet que cette protection est bénéfique sur le plan économique car elle :

- Encourage les investissements en limitant les risques grâce au monopole d'exploitation temporaire
- Rémunère les inventeurs via les licences d'exploitation des brevets
- Stimule la recherche et favorise leur transformation en produits commercialisés
- Diminue les risques d'appropriation par la concurrence

Cependant des effets pervers se manifestent lorsque les revendications accordées sont trop larges empêchant la concurrence de développer toutes nouvelles applications à partir d'un produit protégé sinon après négociation de licence de dépendance coûteuse. Ou bien quand les entreprises utilisent ces titres uniquement pour bloquer les avancées de la concurrence. Ou encore fragmente les droits de propriété sur des biens indivisibles, caractéristique de la génomique, chaque détenteur d'une partie de celle-ci interdisant aux autres de l'exploiter. On peut également assister à des revendications sur des inventions obtenues en aval, obligeant les nouveaux inventeurs à accorder des droits aux titulaires des brevets initiaux. Tout ceci peut

⁶⁰ Décision prise par l'office of Science and technology Policy en 1986 après l'affaire de la dissémination de la bactérie Ice minus assurant la protection des plantes cultivées contre le gel.

conduire à des investissements trop lourds, et donc ne plus permettre d'assurer le développement d'investissements nouveaux, faire barrage aux petites ou moyennes entreprises, dissuader le développement de nouveautés par crainte d'actions judiciaires. On observe d'ailleurs qu'en matière de nouvelles technologies, les législateurs et offices de brevets accordent souvent un monopole étendu et favorise leur détenteur (Tirole J., Henry C., Trommeter M., 2003). Cette façon d'agir semble avoir des répercussions plus importantes dans le secteur d'activité ici étudié. Il a fallu donc prendre certaines dispositions pour limiter ces effets pervers. D'autres sont en cours de réflexion (comme la facilitation de l'octroi de licences de dépendance, concession de licences à bas prix, création de communauté de brevets,...).

Plus spécifiquement dans le domaine végétal et de la santé on relève d'autres difficultés. Ainsi la durée d'exploitation du brevet de 20 ans ; elle a conduit les industries des filières agro-alimentaires et du domaine de la santé à accélérer la commercialisation de leurs produits au détriment des principes de protection. Alors qu'il fallait plusieurs décennies aux agronomes du secteur public pour isoler une variété performante, dans le domaine privé l'obligation de fournir des résultats rapidement a conduit à exploiter quasi exclusivement les OGM et a dans le même temps limité les échanges entre les chercheurs et les sélectionneurs. De même, l'introduction de transgènes dans les variétés existantes a progressivement permis, via l'obtention de brevets, aux grands groupes de s'accaparer des principales plantes cultivées ce qui contribue ainsi à la réduction de la biodiversité. En outre si ce titre interdit la copie, il n'accorde pas toujours le droit d'exploitation comme c'est le cas des médicaments ou les OGM. Cependant les grands groupes agissent auprès des pouvoirs politiques, en s'appuyant sur des considérations économiques, de façon à ce que ces derniers interviennent dans leur défense. Ainsi l'extension de la propriété industrielle peut être renforcée.

Il faut souligner que les grands groupes européens, contrairement à ceux des Etats-Unis, sont partisans des régimes de protection *sui generis* du fait de leur simplicité et des frais réduits par rapport à ceux engendrés par les brevets. Ils sont défendus également par les sélectionneurs du fait de l'exception de l'obtenteur. Il en est de même des agriculteurs, notamment des petites et moyennes exploitations, avec l'exception qui leur est accordée, leur évitant ainsi de payer leurs semences chaque année. En revanche sur ce dernier point, ils font l'unanimité contre eux de la part des de l'ensemble des entreprises semencières des deux continents. Ils restent pourtant conditionnés sur le plan communautaire à l'importance de l'exploitation agricole. Seuls les plus petites bénéficient de la gratuité complète, les autres sont soumises au paiement d'une rémunération (art 14 du règlement CE n°2100/94). En outre ils sont limités toujours sur le plan communautaire à certaines espèces cultivées.

3.2.3. Impact direct sur la recherche

Une disparition progressive du système de sélection végétal traditionnel s'observe ces dernières années. Le nombre de sélectionneurs actifs est en nette diminution dans le secteur public ainsi que celui du système traditionnel depuis que les grosses entreprises, comme Monsanto, Syngenta, Bayer et Dupont, contrôlent l'ensemble de la recherche-développement commerciale sur les plantes. Dans les pays occidentaux les financements se tarissent au bénéfice du génie génétique.

En outre l'exception de l'agriculteur prévue dans la convention UPOV, même si elle devient facultative dans sa dernière révision, a fait réagir les obtenteurs, d'autant que la pratique de

ressemer les graines croît depuis 1984 en France notamment⁶¹. Ils ont par conséquent recherché à la contourner en intensifiant les moyens de protection biologique ou en recherchant de nouveaux. Il en est ainsi des variétés hybrides qui manifestent l'hétérosis, phénomène mentionné plus haut. Contrairement aux variétés fixées et lignées pures d'espèces autogames - c'est-à-dire s'autofécondant rarement - qui se reproduisent identiques à elles-mêmes, ici les exploitants agricoles sont contraints d'acquérir les semences chaque année sous peine de voir les rendements chuter dès la récolte suivante. Les industriels tentèrent d'étendre cette technique à l'ensemble des espèces tant hétérogames (maïs, tournesol,...) qu'autogames (blé, soja, riz...). Cette technologie fut d'abord développée au Etats-Unis à partir des années trente avec le maïs et diffusée à partir des années cinquante en France. Aujourd'hui elle représente dans l'hexagone la totalité de la production des semences du maïs et du tournesol. D'autres grandes cultures telles les céréales à paille sont peu concernées par cette technique car elle offre peu d'avantages par rapport aux lignées⁶². Elle fait actuellement l'objet de plusieurs variantes aboutissant à des variétés hybrides plus complexes pour la rendre applicable à davantage d'espèces (hybrides trois ou quatre voies, variétés hybrides de clones...). Pour produire des semences hybrides à partir de plantes autogames, les chercheurs ont employé d'autres astuces et notamment l'introduction de gènes de stérilité mâle, comme c'est le cas pour le riz depuis 1974.

D'autres techniques nouvelles furent recherchées par ailleurs. Il en fut ainsi des Technologies de restriction à l'utilisation des ressources génétiques (GURT⁶³, appelé aussi Systèmes de protection de technologie, TPS), en particulier le gène Terminator empêchant les graines de germer. Cette invention créée par firme Delta and Pine Land, présentée en 1987, ne fut pourtant pas commercialisée devant l'hostilité qu'elle provoqua. Il faut souligner que contrairement aux hybrides cette technologie « n'apporte aucune qualité supplémentaire à la variété, sa seule fonction étant de l'empêcher d'être reproductible, sa seule fonction étant de l'empêcher d'être reproductible » (Hermitte, 1999, p.33). Des brevets sont détenus par cette société et le Ministère de l'agriculture américain. D'autres grands groupes, Syngenta, Dupont, BASF et Monsanto, ont acquis ces titres. La culture reste actuellement cantonnée à des essais. La nouveauté est qu'elle offrait ici une protection indéfinie contrairement aux protections juridiques offertes par le COV.

Les grandes firmes recherchent à contourner les exemptions accordées par les systèmes de protection des obtentions végétales en faisant appel une nouvelle fois et dans une certaine mesure à la biologie moléculaire ou au génie génétique, mais les réticences des ONG et de certains pays en voie de développement, sont apparus très tôt pour éviter un plus fort monopole de la propriété industrielle sur les ressources génétiques. En outre le prix supplémentaire à payer pour bénéficier de ces nouvelles semences ne correspondait pas aux capacités d'acquisition et aux besoins des agriculteurs à faible revenu. De plus, ces graines risquaient d'entrer dans les lots de semences fournies par l'aide humanitaire et conduire à des pertes agricoles importantes dans les pays pauvres.

⁶¹ Hermitte, 1999 : cette tendance proviendrait de la recherche par les agriculteurs d'économies à réaliser afin de compenser la concurrence internationale et la baisse des prix.

⁶² Ambec, S., Lemarié, S., L'impact économique des innovations agricoles : l'arbitrage entre hybrides et lignées dans le secteur des semences, *INRA sciences sociales*, n°5-6, novembre 2006.

⁶³ Les GURT comportent deux groupes de technologies, qui font appel à des inducteurs chimiques pour contrôler des gènes : la technologie Traitor (traître) dénommée T. GURT concerne un trait spécifique de la plante et les V-GURT, la technologie Terminator, rendant les graines stériles.

Conclusion

Le développement des biotechnologies et l'appropriation des ressources génétiques par des titres de protection suscitent des réactions de plusieurs ordres de la part des acteurs économiques, des pouvoirs publics et de nombre d'associations.

D'une part, sur le plan de la biologie nous sommes passés d'un modèle simple, s'appuyant sur le déterminisme génétique, à celui d'un système complexe, sans que la recherche appliquée, l'agriculture, les entreprises biotechnologiques ou de l'agro-alimentaire et les laboratoires pharmaceutiques en tiennent totalement compte au départ. A partir des PGM, il s'en est suivi de nombreuses incertitudes et polémiques sur la maîtrise de ces inventions, manifestées, surtout en Europe, par une partie de la communauté scientifique et de l'opinion publique. Les questions que suscite cette ingénierie biologique sont d'ordre plutôt environnemental (conséquence sur la biodiversité, biorésistances) et de santé humaine (toxicité, apparition d'allergènes, usages incontrôlés de plantes produisant des substances médicamenteuses). Parfois elles ont abouti à une remise en cause générale, quelquefois abstraite, de l'ensemble des OGM, sans toujours faire la distinction entre les différents domaines d'application. De façon concomitante, les résultats d'expériences scientifiques ne sont pas unanimes sur les conséquences environnementales et sur la santé humaine de ces nouveaux organismes modifiés. On ignore encore largement ces effets et les moyens de les contrôler. Les pouvoirs publics ont réagi en votant une législation qui assure notamment la traçabilité des OGM et une évaluation des risques. Cependant, il sera nécessaire d'encourager le développement de l'acquisition de nouvelles connaissances et de déployer les procédés de contrôle des risques à l'échelle mondiale. Il ne faut pas oublier qu'en ce domaine, les brevets accordés l'ont été par l'affaiblissement des critères de base relatifs à leur octroi. Il suffit par exemple de considérer la notion de découverte ici non prise en compte, particulièrement vrai dans le cas de monopoles accordés sur des gènes ; son support de l'information et de son contrôle des diverses activités, connu ou inconnu, sur l'organisme étant le fruit de la nature, jamais celui du travail du détenteur du droit et pourtant ce dernier à souvent un privilège de l'ensemble de ses fonctions. Sur le même plan, les bio-industries englobent dans leur demande de monopoles le fruit de leur innovation mais également « le système biologique qui lui sert de support, sans lequel l'innovation ne fonctionnerait pas » (Hermitte, 1999). Hors celui-ci résulte du patrimoine naturel et du travail antérieur de sélections. L'expérience a aussi conduit, après de multiples décisions judiciaires et jurisprudence, à la modification de la législation relative à l'octroi des brevets et des COV et favorisé les réformes de l'administration de gestion de ces titres de propriétés. Ces réactions ont freiné le développement des biotechnologies et donc corrélativement ralenties la multiplication du nombre de demandes de titres de la propriété industrielle propre au secteur de l'agrochimie. En réaction ces grands groupes ont ajusté leur technologie afin de contourner certaines difficultés, comme par exemple le remplacement des gènes marqueurs antibiotiques ou la mise en suspend des technologies Terminator⁶⁴. Ils ont également modifié le discours en ne cherchant plus systématiquement à prouver l'absence de danger des plantes génétiquement modifiées mais en mettant en avant la lutte contre la malnutrition et les problèmes de santé publique des pays en voie de développement, et la réduction de l'emploi des pesticides.

D'autre part, l'opposition, d'ordre économique et éthique, à la propriété industrielle sur les organismes a du mal à s'exprimer car cette dernière est largement sous contrôle d'experts, souvent dans le domaine juridique issus d'offices de brevets, de conseils en propriété

⁶⁴ Appelé également V. GURT

intellectuelles ou encore de cabinets d'avocats et d'autre part des entreprises familiarisées avec ce sujet.

Le développement des monopoles d'exploitation, via les brevets, des organismes, dont les plantes génétiquement modifiées, a été aussi sources de réticences, voire de violentes oppositions. Celle-ci ne porte pas tant sur le principe des droits de la propriété intellectuelle et au progrès scientifique et technologique qui l'accompagne, mais sur le respect du patrimoine commun de l'humanité et le partage de ses richesses dans l'intérêt général de tous les habitants dont certaines sont le fruit d'un travail cumulatif et collectif effectué sur plusieurs lieux et générations. L'augmentation des coûts de recherche et des transactions, des litiges et des procédures juridiques constitue dans certains cas un handicap pour les pays à faibles ressources mais également pour les petites entreprises biotechnologiques ou de sélection végétale, ces dernières ayant recours jusqu'à présent aux COV plus simples et moins coûteux. Sur le plan de la recherche, il reste à définir l'impact de l'appropriation de ces ressources sur le plan de l'accès à l'information ou des plantes elles-mêmes nécessaires au développement d'applications, de procédés ou de création de nouvelles variétés. On sait ainsi que les monopoles ou les oligopoles restreints ont plusieurs influences. Ils ralentissent le développement de la recherche et des innovations, surtout pour la recherche universitaire et fondamentale compte tenu du coût d'obtention des droits nécessaires, déplacent celle-ci vers le secteur privé, exercent des pressions trop élevées sur la concurrence (CLAEYS, 2004, p.40-43 ; Tirole et al., 2003). On sait de même que les premières avancées scientifiques biologiques ont été réalisées avant d'accepter cette protection industrielle. Il est donc difficile de déterminer leurs effets globaux sur les innovations ou l'économie car ils dépendent de nombreux facteurs et doivent tenir compte des avantages et des inconvénients apportés à l'ensemble des acteurs. Dans l'idéal, il serait nécessaire, pour en évaluer les conséquences (sur la recherche, l'utilité sociale, l'environnement,...), d'examiner la situation et l'évolution de pays, comparables au départ, se distinguant uniquement par une législation en matière de droits de propriété intellectuelle sur les innovations et les ressources biologiques distinctes (avec de faibles et forts monopoles).

Parallèlement, nous observons une tendance à l'uniformisation des systèmes de protection des obtentions végétales guidée par le choix retenu par les Etats-Unis de s'approprier les ressources génétiques via notamment les brevets d'utilité. Les autres pays dont ceux de l'Europe ont réagi en adoptant une législation spécifique contraignante. Mais tous ces titres de protection complémentaires, dans une certaine mesure, sont appelés à coexister à moyen terme car un grand nombre de questions juridiques et économiques sont à éclaircir ou négocier. En attendant, la complexité des formes de protection juridique de la matière végétale est source de nombreux débats. Cette caractéristique est due en partie aux avancées biotechnologiques aboutissant à des produits dont les retombées économiques n'avaient pas été évaluées au moment de la création des systèmes de protection.

Bibliographie

- BERLAN, Jean-Pierre, Brevet du vivant : progrès ou crime, *Revue Tiers Monde*, t. XLVI, n°181, janvier-mars 2005.
- BELTRAN Alain, CHAUVEAU Sophie, GLAVEZ-BEHAR Gabriel, *Des brevets et des marques : une histoire de la propriété industrielle*, Fayard, 2001.
- BERGMANS, Bernhard, *La protection des innovations biologiques : une étude de droit comparée*, Maison Larcier, Bruxelles, 1991

BOISVERT, Valérie, *Biodiversité et théories économiques des droits de propriétés : une mise en perspective des négociations entourant la Convention sur la diversité biologique*, th. doct., Scie. Eco., 2000, université de Versailles Saint Quentin en Yvelines.

BOIS, Laurence, Propriété intellectuelle : l'agriculture en première ligne avec l'accord ADPIC, in *Déméter 2002, Economie et stratégies agricoles : nouveaux enjeux pour l'agriculture*, A. Colin et VUEF, Paris, 2001.

BRIAND-BOUTHIAUX, *OGM brevets pour l'inconnu*, Ed. Faton, 2001

BUFFET DELMAS D'AUTANE, Xavier, DOAT, Amandine, La protection des plantes : entre brevet et certificat d'obtention végétale, *Propriété industrielle – Revue mensuelle du Jurisclasseur*, mai 2004, p. 8-13.

CAILLAUD Bernard, *Propriété intellectuelle*, La Documentation française, 2003.

CASSIER, Maurice, La tendance à la privatisation de la recherche génomique et quelques mesures de régulation et de correction, in *Propriété industrielle et innovation*, LAPERCHE, Blandine (coord.), l'Harmattan, 2001, p.127-158.

CLAEYS, Alain, *Rapport sur les conséquences des modes d'appropriation du vivant sur les plans économique, juridique et éthique*, Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, 2004.

Commission des communautés européennes, Rapport de la commission au Parlement européen et au Conseil, *Evolution et implication du droit des brevets dans le domaine de la biotechnologie et du génie génétique*, 2002.

DUFUMIER, Marc, Biotechnologie et développement agricole dans le Tiers Monde, *revue Tiers Monde*, n°188, 2006, p.693-842.

FUKUDA-PARR, Sakiko, Introduction : global actors, markets and rules driving the diffusion of genetically modified (GM) crops in developing countries, *International Journal Technology and Globalisation*, vol. 2, n°1/2, 2006, p.1-11.

GAUDILLIERE, Jean-Paul, Appropriation et régulation des innovations biotechnologiques : pour une comparaison transatlantique, *Sociologie du travail*, 48, 2006, p. 330-349.

GEYSER, Frédéric Prat (dir.), *Société civile contre OGM : argument pour ouvrir un débat public*, Barret-sur-Méouge, Ed. Yves Michel, 2004.

GNIS, Les biotechnologies végétales, de nouveaux horizons pour l'amélioration des plantes, sur www.gnis-pedagogie.org

HERMITTE, Marie-Angèle, Le geste auguste du semeur n'est plus ce qu'il était ! , *Natures sciences société*, vol. 7, n°4, p.32-35.

ILBERT, Hélène, LOUAFI, Sélim, Biodiversité et ressources génétiques : la difficulté de la constitution d'un régime international hybride, *Revue Tiers Monde*, t. XLV, n° 177, janv.-mars 2004, p.107-127.

JOLLIVET, Marcel, MONOULOU, Jean-Claude, Le débat sur les OGM : apports et limites de l'approche biologique, *Natures sciences sociétés*, 13, 2005, p. 45-53.

JOLY, Pierre-Benoît, HERVIEU, bertrand, Lamarchandisation du vivant : pour une mutualisation des recherches en génomiques, *Futuribles*, n°292, décembre 2003.

KARSENTY, Alain et WEBER, Jacques (dir), Marchés de droits et environnement, *Revue Tiers Monde*, n°177, janvier-mars 2004, p. 7-28.

LAMBERT, Gérard, *La légende des gènes : anatomie d'un mythe moderne*, 2^e éd., Paris, Dunod, 2006.

LAPERCHE, Blandine, Brevets et normes techniques : de l'incitation à l'invention au contrôle de l'innovation, in *Propriété industrielle et innovation*, l'Harmattan, 2001.

LE BUANEC, Bernard, Protection of plant-related innovations: evolution and current discussions, *World patent information*, 28, 2006, p. 50-62.

MCMANIS, C., *Colloque OMPI-UPOV sur la coexistence des brevets et du droit d'obtenteur dans la promotion des innovations biotechnologiques*, organisé par l'OMPI et UPOV, Genève, 25 octobre 2002.

OCDE, *Inventions génétiques, droits de propriété intellectuelle et pratiques d'octroi de licences : éléments d'information et politiques*, 2002.

ORSI, Fabienne, La constitution d'un nouveau droit de propriété intellectuelle sur le vivant aux Etats-Unis : origine et signification économique d'un dépassement de frontière, *Revue d'économie industrielle*, n°99, 2002, p. 65-86.

ROUVILLOIS, Philippe, LE FUR, Guy, *La France face au défi des biotechnologies : quels enjeux pour l'avenir ?*, avis et rapports du Conseil économique et social, les Ed. des Journaux officiels, 1999.

SRINIVAN, C. S., International trends in plant variety protection, *The electronic journal of agricultural and development economics*, 2, 2005, 30 p.

TIROLE, Jean, HENRY, Claude, TROMMETTER, Michel, TUBIANA, Laurence, *Propriété intellectuelle*, rapport, la Documentation française, 2003.

TOURTE, Yves, *Génie génétique et biotechnologies : concepts, méthodes et applications agronomiques*, Paris, Dunod, 2002.

TRIPP Robert, LOUWAARS Niels, EATON Derek, Plant variety protection in developing countries: a report from the field, *Food policy*, 2006, 18 p., doi:10.1016/j.foodpol.2006.09.003

VAN BEUZEKOM, Brigitte, ARUNDEL, Anthony, *OECD Biotechnology statistics -2006*.

WAGRET, Frédéric, WAGRET Jean-Michel, *Brevets d'invention, marques et propriété industrielle*, 7^e éd., Paris, Presses universitaires de France, 2001.

WOOD, Derek, European patents for biotechnological inventions – past, present and future, *World patent information*, 23, 2001, p. 339-348.