

Science & *D*écision

Biotechnologies, brevets et
agriculture :

une nouvelle donne ?



<http://www.science-decision.fr>

Biotechnologies, brevets et agriculture : une nouvelle donne ?

Les agriculteurs ont depuis l'origine sélectionné les plantes afin d'obtenir des récoltes suffisantes et des produits de qualité, tout en allégeant leur travail. Depuis le milieu du XIX^e siècle, les sélectionneurs ont remplacé l'empirisme initial par une démarche plus rationnelle. L'étude du fonctionnement des plantes puis dès la fin des années 1980, le développement des biotechnologies, ont permis de rationaliser encore plus l'amélioration des plantes.

La rémunération des sélectionneurs s'est faite selon des modalités qui ont varié au cours du temps. Avec l'essor des biotechnologies, le brevet a été introduit pour les semences. Fortement médiatisé à propos des OGM (organismes génétiquement modifiés), le recours aux brevets s'étend en fait à l'ensemble du domaine de l'amélioration des plantes.

Comment les biotechnologies contribuent-elles à améliorer les plantes ? Les pouvoirs publics garantissent-ils l'accès de tous aux avancées des biotechnologies ? Pourquoi breveter les plantes ? Les brevets protègent-ils efficacement les intérêts des sélectionneurs ? Remettent-ils en cause les droits des agriculteurs ? Autant de questions auxquelles répond le présent dossier. Les conséquences des OGM sur la santé et l'environnement font l'objet d'un dossier spécifique.

<http://www.science-decision.fr>

L'agriculture et l'amélioration des plantes	5
Comment les plantes ont-elles été domestiquées ?	5
Quelles sont les principales plantes cultivées actuellement ?	5
Pourquoi faut-il sélectionner régulièrement de nouvelles variétés ?	5
Qu'est-ce que l'amélioration des plantes a apporté à l'agriculture depuis les années 1960 ?	6
Les objectifs des sélectionneurs sont-ils en train de changer ?	6
En quoi consiste le travail du sélectionneur ?	6
Quelles ont été les grandes étapes techniques de l'amélioration des plantes ?	7
Quelles ont été les premières semences résultant d'une approche scientifique et industrielle ?	7
Quelle est l'importance des OGM dans l'agriculture aujourd'hui ?	7
Les biotechnologies et l'amélioration des plantes	8
Quel est l'apport des biotechnologies aux productions végétales ? Quels sont les outils ?	8
Quel est le lien entre les gènes et les caractères d'une plante ?	8
Pourquoi dit-on que les techniques de sélection sont de plus en plus précises ?	9
Quel est l'intérêt de gagner du temps dans le processus d'amélioration des plantes ?	9
Comment peut-on savoir si un gène est responsable d'un caractère agronomique donné ?	9
L'amélioration peut-elle être obtenue grâce à un seul gène ?	10
Les essais en champ sont-ils indispensables ?	10
L'agriculture biologique a-t-elle recours aux biotechnologies ?	10
Les recherches en cours en biotechnologies végétales.....	10
Toutes les plantes font-elles l'objet de recherches biotechnologiques ?	10
Qui finance actuellement la recherche et développement en biotechnologies végétales ?	11
Les rôles du secteur public et du secteur privé peuvent-ils être distingués sans ambiguïté ?	11
Quel est l'état d'avancement des biotechnologies végétales hors des pays industrialisés ?	11
Les recherches sur les plantes OGM correspondent-elles aux besoins des pays en développement ? ...	11
Existe-t-il une recherche sur les plantes OGM hors des pays industrialisés ?	12
Où en sont les recherches sur les plantes OGM en Europe ?	12
La recherche des entreprises européennes se déroule-t-elle hors d'Europe ?	13
Les ressources génétiques des plantes cultivées.....	13
Qu'appelle-t-on les ressources génétiques des plantes cultivées ? A qui servent-elles ?	13
Pourquoi ne trouve-t-on plus les variétés anciennes de fruits et légumes sur les marchés ?	13
D'où provient la richesse des ressources génétiques des plantes cultivées ? Comment la préserve-t-on ?	13
L'accès aux ressources génétiques est-il encore nécessaire à l'ère du génie génétique ?	14
Les biotechnologies appauvrissent-elles les ressources génétiques ?	14
Comment fonctionne la coopération internationale pour l'accès aux ressources génétiques ?	14
Les ressources génétiques sont-elles exploitées hors des circuits organisés ?	14
L'accès aux semences.....	15
Comment la qualité des semences est-elle garantie ?	15
Quelles sont les conditions à remplir pour commercialiser une nouvelle variété ?	15
Quel est le marché mondial des semences ?	15
Comment les résultats des sélectionneurs de plantes sont-ils protégés ?	15
Quels sont les droits des agriculteurs en matière de semences ?	16
Les semences OGM coûtent-elles plus cher que les semences traditionnelles ?	16
Les brevets et le marché des semences.....	16
Quel est l'intérêt de breveter des plantes ?	16
Qu'est-ce qui peut-être breveté dans le cas des biotechnologies végétales ?	17
En quoi les brevets portant sur les semences ont-ils modifié les droits des agriculteurs ?	17
L'utilisation involontaire d'une semence brevetée est-elle une contrefaçon ?	17
En quoi les biotechnologies ont-elles modifié les droits des sélectionneurs ?	18
L'application du système des brevets aux plantes cultivées pose-t-elle des problèmes techniques ?	18
Vers une nouvelle donne	18

Comment ont évolué les relations public / privé dans le domaine de l'amélioration des plantes en France ?	18
Quel est l'équilibre actuel en France entre secteur public et secteur privé pour l'amélioration des plantes ?	19
Qui crée les plantes OGM commercialisées actuellement ?	19
Qui détient actuellement les brevets dans les biotechnologies végétales ?	19
La recherche publique tire-t-elle un bénéfice de son portefeuille de brevets ?	20
Les pouvoirs publics peuvent-ils préserver l'accès de tous aux avancées des biotechnologies ?	20
La recherche publique américaine est-elle organisée pour préserver l'accès aux biotechnologies végétales ?	20
La recherche publique européenne peut-elle préserver l'accès aux biotechnologies végétales ?	21
La liberté d'accès aux ressources génétiques des plantes cultivées est-elle contestée ?	21
Références	23

L'agriculture et l'amélioration des plantes

Comment les plantes ont-elles été domestiquées ?

La domestication résulte du repérage et de la mise en culture de plantes ayant des qualités qui facilitent la récolte, la conservation des graines et la préparation des aliments. Elle a commencé par la sélection de plantes dont les grains restent fixés à l'épi à maturité, ce qui facilite la récolte. La multiplication de telles plantes est impossible sans l'intervention de l'homme.

Dans leur région d'origine, les formes cultivées se croisent spontanément avec les formes sauvages. Ce couplage permet aux formes cultivées d'hériter de la résistance aux insectes et aux maladies des formes sauvages. Par contre, les hybrides ayant hérité des caractéristiques des plantes cultivées sont mal adaptés aux conditions naturelles et ils ne se disséminent pas dans l'environnement.

([1] p. 12, pp. 32-33, pp. 64-67, pp. 86-87, pp. 90-92, [20], [30] p. 15, [37])

Quelles sont les principales plantes cultivées actuellement ?

Une trentaine de plantes constituent l'essentiel de l'alimentation humaine actuelle (directement ou par l'intermédiaire des animaux). Les céréales (blé, maïs, riz) sont les plantes les plus cultivées. Pour chacune des trois, la production mondiale est d'environ 600 millions de tonnes par an. Les autres céréales importantes sont l'orge (140 millions de tonnes), le millet et le sorgho (90 millions de tonnes à eux deux).

La deuxième culture est celle des tubercules (pomme de terre, manioc, patate douce, igname, taro). La production mondiale annuelle est de 300 millions de tonnes pour les pommes de terre, 190 millions de tonnes pour le manioc et 130 millions de tonnes pour la patate douce. La production mondiale est inférieure à 100 millions de tonnes pour les autres.

La tomate est le principal légume après les tubercules. La production mondiale dépasse 110 millions de tonnes par an. La tomate représente 18 % de la valeur de la production de légumes frais en France, derrière les salades (23 % en comptant les endives) et avant les haricots verts (6 %).

Viennent ensuite les oléagineux (soja, colza, arachide, etc.). La production mondiale est d'environ 270 millions de tonnes dont la moitié vient du soja ; l'arachide, le colza et les graines de coton comptant chacun pour environ 12 %.

Les plantes sucrières sont la betterave à sucre (environ 230 millions de tonnes par an) et la canne à sucre, cette dernière fournissant 70 % du sucre mondial.

Les principales cultures non-alimentaires sont le coton et l'hévéa (pour le caoutchouc). La production mondiale de fibres de coton était de 19,5 millions de tonnes en 2003.

([2], [6] pp. 306-307, [10] p. 3, pp. 6-10, [11] p. 85, pp. 104-105, p. 109, p. 113, pp. 124-125, [18] p. 51, p. 54, [45], [62], [64])

Pourquoi faut-il sélectionner régulièrement de nouvelles variétés ?

La priorité est depuis toujours de sécuriser les récoltes grâce à des variétés résistant aux aléas de l'agriculture (sécheresse ou humidité excessive, parasites, maladies, etc.).

La résistance aux maladies (champignons, virus) et aux insectes ravageurs n'est jamais acquise de façon définitive car les ennemis des cultures se modifient et s'adaptent sans cesse, entraînant régulièrement la disparition de variétés.

L'élargissement des zones de culture, permettant de cultiver des espèces dans des régions *a priori* peu favorables, est rendue possible par la création de variétés adaptées à des contextes spécifiques (humidité, température, ensoleillement, nature du sol, etc.). Par exemple, le blé provient à l'origine d'une région semi-aride, la pomme de terre des plateaux andins.

Enfin, la demande des consommateurs se diversifie. Actuellement, il faut des variétés pour l'industrie agroalimentaire et l'alimentation animale, mais aussi pour des marchés plus limités comme l'agriculture biologique ou la fabrication de biocarburants et de bio-lubrifiants.

Pour être sûr des résultats, l'agriculteur est obligé d'utiliser des semences produites par des sélectionneurs professionnels.

([1] pp. 64-67, [2], [13], [42], [50] p. 16, p. 18, p. 126, [63])

Qu'est-ce que l'amélioration des plantes a apporté à l'agriculture depuis les années 1960 ?

Depuis quarante ans, la production a augmenté et la qualité des produits a été améliorée : le pain est meilleur grâce à de nouvelles variétés de blé, la fibre de coton est plus longue et plus résistante, etc. Ces progrès sont dus pour moitié à l'amélioration des plantes.

Depuis 1960, l'amélioration des plantes combinée à l'utilisation d'engrais a permis de réduire la sous-alimentation dans le monde malgré la croissance de la population. L'amélioration des rendements du riz a permis d'augmenter de 40 % la consommation par habitant (la consommation mondiale moyenne par habitant est passée de 61,5 kg à 86 kg). Dans le même temps, le rendement a augmenté de 150 % pour le blé et la consommation mondiale moyenne par habitant est passée de 54,5 kg à 67 kg.

La production mondiale de maïs a augmenté de 140 % entre 1970 et 2000 grâce à une augmentation générale du rendement (+ 90 %) et des superficies (+ 26 %). C'est la création de variétés résistant au froid qui a permis l'extension des zones de culture. On observe aussi une croissance de 140 % pour les oléagineux, mais elle est due plus à l'augmentation des surfaces qu'à celle des rendements (respectivement + 65 % et + 41 % pour le soja et + 108 % et + 62 % pour le colza). De même, la production de tomates a augmenté de 120 % depuis 1980 grâce à l'augmentation de la superficie cultivée (+ 79 %, contre + 22 % pour le rendement).

Le rendement de la pomme de terre a augmenté de 47 % entre 1980 et 2000 et celui du manioc de 18 %.

La production de coton a augmenté de 36 % au cours des vingt dernières années grâce à l'augmentation du rendement.

([2], [13], [18] pp. 41-51, [62])

Les objectifs des sélectionneurs sont-ils en train de changer ?

L'objectif actuel est de concilier sécurité et rendement. Pour cela, les sélectionneurs doivent concevoir des mélanges de semences permettant d'améliorer les rendements, mais aussi de garantir une récolte stable quelles que soient les conditions de production (conditions climatiques, insectes ravageurs, maladies).

Jusqu'ici, les sélectionneurs cherchaient à obtenir des variétés très homogènes ayant un très fort rendement dans un contexte donné (qualité du sol, quantité de chaleur et de pluie, etc.). Cette approche a conduit à une amélioration spectaculaire des rendements depuis 1960 et elle est appliquée actuellement aux cultures traditionnelles des pays en développement.

Cependant l'utilisation de variétés très homogènes n'est pas adaptée aux régions où les conditions sont très variables d'une année sur l'autre car la récolte devient alors imprévisible, avec le risque qu'elle soit nulle. C'est notamment le cas dans de nombreux pays en développement. Traditionnellement, les agriculteurs de ces régions mélangent plusieurs variétés ayant des qualités complémentaires pour sécuriser leur récolte. En contre-partie le rendement n'est jamais très bon.

([1] pp. 96-99, [32], [37], [38], [63])

En quoi consiste le travail du sélectionneur ?

Le travail du sélectionneur consiste principalement à réunir dans une nouvelle variété des caractères dispersés dans différentes plantes. Les caractères propres à chaque variété correspondent à une combinaison particulière de gènes. L'amélioration revient donc à créer une nouvelle combinaison de gènes.

Les sélectionneurs croisent les plantes ayant les caractères qu'ils souhaitent rapprocher. Ils sélectionnent ensuite dans la descendance les individus dans lesquels ces caractères sont réunis. Cependant, les individus sélectionnés ont généralement hérité de caractères indésirables en même temps que des caractères recherchés.

Les sélectionneurs vont donc effectuer plusieurs cycles de « croisement puis sélection » jusqu'à obtenir une variété possédant les qualités souhaitées tout en ayant peu de caractères indésirables. L'obtention d'une nouvelle variété prend une dizaine d'années avec les techniques classiques. Les délais sont plus longs dans le cas des arbres.

Aujourd'hui, la sélection assistée par marqueurs permet d'identifier en quelques jours les plantes qui possèdent les combinaisons de gènes recherchées. Le gain de temps est considérable. En effet, avec les approches classiques, il faut étudier au minimum la descendance de deux croisements successifs pour obtenir ce résultat

(soit deux ans pour des plantes annuelles). La sélection assistée par marqueurs est une retombée concrète des programmes internationaux de recherche génétique des dix dernières années.

([2], [13], [50] pp. 10-11, [60] p. 22)

Quelles ont été les grandes étapes techniques de l'amélioration des plantes ?

La méthode la plus ancienne consiste à choisir les plantes qui semblent les plus intéressantes dans une population (beaucoup de graines par épis, etc.) et à utiliser leurs graines comme semences pour la culture suivante. L'opération est répétée de génération en génération, ce qui permet d'améliorer progressivement les performances de la culture. On parle de sélection massale. La diversité génétique des plantes sélectionnées est importante car les croisements ne sont pas contrôlés. Il faut de nombreuses décennies pour obtenir une amélioration notable de la population.

A partir du milieu du XIX^e siècle, les sélectionneurs ont créé des collections de lignées génétiquement homogènes (dites aussi lignées pures) en contrôlant les croisements des individus les plus prometteurs. Chaque lignée contient quelques caractères intéressants, mais aucune ne les contient tous. Les lignées pures sont les éléments de base que le sélectionneur va combiner ensuite par croisement pour créer des plantes ayant les caractéristiques demandées. Avec ces méthodes de « sélection puis croisement », il faut une dizaine d'années pour créer une variété.

Vers le milieu du XX^e siècle, les sélectionneurs ont commencé à combiner les deux techniques d'amélioration (on parle alors de sélection récurrente). La sélection massale est utilisée pour améliorer sur le long terme la qualité moyenne d'une population génétiquement très hétérogène. Et, à tout moment, le croisement contrôlé des plantes les plus prometteuses de la population permet de créer des variétés intéressantes.

Depuis la fin des années 1970, les biotechnologies apportent des outils qui accélèrent considérablement le processus de sélection en permettant d'identifier en quelques jours et avec une bonne précision les plantes réellement intéressantes. Ces outils offrent aussi l'avantage de réduire les surfaces nécessaires à l'expérimentation.

Dans le même temps, la maîtrise des cultures cellulaires a permis de multiplier à l'infini une seule plante ou d'obtenir des hybrides viables entre espèces éloignées. C'est le cas par exemple du triticales, hybride de blé et de seigle.

([2], [30] pp. 47-51, pp. 62-64, p. 70, pp. 77-80, [36])

Quelles ont été les premières semences résultant d'une approche scientifique et industrielle ?

Les premières semences résultant d'une approche scientifique et industrielle sont les hybrides F1 (hybrides F1 est le nom donné aux descendants d'un croisement de deux lignées pures). Chez de nombreuses espèces, dont le maïs, les hybrides F1 sont beaucoup plus vigoureux que leurs parents. Par contre, ce n'est pas le cas chez le blé, sans qu'on sache actuellement pourquoi. Les variétés modernes de la plupart des légumes sont des hybrides F1.

L'étude de l'intérêt agronomique des hybrides F1 a commencé au début du XX^e siècle. L'utilisation des hybrides F1 de maïs s'est généralisée aux Etats-Unis à la fin des années 1930 et elle s'est imposée en France à partir des années 1960.

Pour l'agriculteur, l'intérêt est double. La productivité des hybrides F1 est supérieure à celles des autres variétés et les cultures d'hybrides F1 se prêtent bien à la mécanisation car les plantes sont très homogènes (elles sont mûres en même temps). En revanche, les qualités des hybrides F1 sont perdues dans leur descendance. C'est à dire qu'il faut acheter les semences hybrides F1 chaque année. L'agriculteur qui souhaite consacrer une partie de sa récolte à l'ensemencement suivant (ce qu'on appelle les semences de ferme) ne peut pas utiliser des hybrides F1.

Les semences hybrides F1 sont produites par des croisements contrôlés dans des entreprises spécialisées qui cultivent les lignées parentales. Le plus souvent les lignées parentales n'ont pas en elles-même d'intérêt agronomique. Leur qualité n'apparaît que dans les hybrides.

([2], [30] p. 46, p. 64, pp. 69-80, p. 83)

Quelle est l'importance des OGM dans l'agriculture aujourd'hui ?

Par définition, un OGM (organisme génétiquement modifié) est un mutant obtenu par génie génétique. Les OGM commercialisés possèdent un gène bactérien de résistance aux insectes ou de tolérance aux herbicides. Ils sont

destinés principalement à l'alimentation animale et à l'industrie textile. Leur emploi permet de soulager le travail des agriculteurs et de diminuer la consommation de pesticides.

En 2004, le soja était la principale plante OGM avec 48,4 millions d'hectares cultivés, soit 56 % de la culture mondiale de soja. Venaient ensuite le maïs avec 19,3 millions d'hectares (soit 14 % de la culture mondiale), le coton avec 9 millions d'hectares (28 % de la culture mondiale) et le colza (4,3 millions d'hectares, soit 19 % de la culture mondiale). La surface de l'ensemble des cultures OGM équivaut à une fois et demi la superficie de la France.

Huit pays totalisaient 99 % de la surface mondiale des cultures OGM : les Etats-Unis (59 %), l'Argentine (20 %), le Canada (7 %), le Brésil (6 %), la Chine (5 %), le Paraguay, l'Inde et l'Afrique du Sud (chacun environ 1 %). Six autres pays ont aussi plus de 50 000 hectares de cultures OGM. En Europe, c'est le cas de l'Espagne et de la Roumanie (maïs OGM destiné aux animaux). L'Europe est de toute façon peu concernée car le maïs, le soja et le coton ont besoin de chaleur pour que leur culture soit pleinement rentable.

Les plantes tolérant une dose élevée d'herbicide représentent 72 % des surfaces cultivées en OGM (soja, maïs et colza) et les plantes résistant aux certains insectes 20 % (maïs et coton). Certaines variétés de maïs et de coton OGM possèdent les deux caractères simultanément (8 % des surfaces). Le soja tolérant à un herbicide occupe 60 % des surfaces mondiales cultivées en OGM.

([65])

Les biotechnologies et l'amélioration des plantes

Quel est l'apport des biotechnologies aux productions végétales ? Quels sont les outils ?

Les biotechnologies ont de nombreuses applications en production végétale. La majorité d'entre elles vise à faciliter le travail du sélectionneur. Elles lui permettent de mieux tirer profit de la richesse des ressources génétiques dont il dispose et, au besoin, de donner à une plante des qualités qu'il ne trouve pas facilement dans la nature.

Les principaux outils des biotechnologies sont une bonne connaissance des gènes intéressants (identification, mode d'action), l'utilisation de marqueurs pour simplifier et accélérer la sélection (on parle de sélection assistée par marqueurs) et la production en grande quantité de plantes exemptes de maladies (notamment pour la production de plants de pommes de terre et de bananier exempts de virus).

Grâce aux biotechnologies, le sélectionneur peut obtenir des hybrides viables pour des espèces végétales dont les croisements naturels sont stériles. C'est ainsi qu'ont été créés le triticales (un hybride du blé et du seigle) et le NERICA (un hybride de riz d'Afrique et de riz d'Asie).

Plusieurs techniques sont utilisées pour créer de tels hybrides. Certaines dérivent de la maîtrise des cultures cellulaires, d'autres de la modification de l'ADN par les méthodes du génie génétique. Le génie génétique s'avère d'un emploi en général plus aisé que les techniques de cultures cellulaires. Un OGM est un organisme dont un au moins des gènes a été modifié par génie génétique.

Les biotechnologies sont aussi utilisées pour adapter la qualité des sols aux besoins des plantes en modifiant la flore des micro-organismes vivant dans le sol.

([2], [3], [8], [26], [27], [28], [30] pp. 62-64, [36], [42], [50] pp. 9-21, [68] pp. 23-26)

Quel est le lien entre les gènes et les caractères d'une plante ?

Les caractères d'une plante résultent des conditions de culture et de la séquence de chacun de ses gènes. Une plante « intéressante » est une plante dont les gènes ont des séquences conférant les caractères recherchés. « Combinaison de gènes intéressante » est un raccourci courant pour désigner une telle plante.

L'ADN est la molécule qui porte l'information génétique. Elle est constituée d'un très long enchaînement de quatre motifs (A, T, G, C). C'est la séquence de cet enchaînement qui constitue l'information génétique. Un gène est caractérisé par un segment d'ADN dont la séquence est à peu près la même d'un individu à l'autre. Par exemple, en gros un gène contrôle la couleur des fleurs, mais celle-ci dépend de la séquence précise du gène. Une plante possède quelques dizaines de milliers de gènes. Toutes les plantes d'une même espèce ont les mêmes gènes. Une lignée pure est une population dont toutes les séquences d'ADN sont identiques. Une population génétiquement hétérogène est constituée de plantes qui ont des séquences différentes pour un grand nombre de gènes.

Les capacités de création du sélectionneur dépendent de la richesse des collections de plantes cultivées ou sauvages dont il dispose (et donc de la diversité des gènes). On parle de ressources génétiques pour désigner de telles collections.

Lorsque le sélectionneur ne trouve pas dans les collections les caractères recherchés, il tente de les obtenir en modifiant la séquence des gènes (c'est-à-dire en provoquant des mutations). Une mutation peut être provoquée par des produits chimiques, des irradiations ou par génie génétique. Le génie génétique désigne un ensemble de techniques permettant de contrôler le mécanisme de mutation (on parle alors de mutation dirigée). Le génie génétique facilite aussi l'introduction de gènes provenant d'une autre espèce.

([15], [17] pp. 37-38, pp. 132-133, p. 142, [24], [30] p. 61, p. 93, [42], [50] p. 9, pp. 11-12, pp. 18-19, p. 21, p. 83)

Pourquoi dit-on que les techniques de sélection sont de plus en plus précises ?

L'objectif du sélectionneur est de créer une variété possédant un caractère donné. Les technologies modernes permettent une sélection directe et rapide car elles s'appuient sur l'identification et la sélection des gènes responsables du caractère recherché. Auparavant, les techniques n'étaient pas assez fines pour identifier avec précision les gènes qui gouvernent le caractère recherché. Tout au plus pouvait-on définir sur la molécule d'ADN des zones contenant de quelques centaines à plusieurs milliers de gènes.

Affiner l'identification des gènes pose de nombreux problèmes, notamment parce que l'étude des caractères intéressants pour l'agronome demande souvent une expérimentation lourde et coûteuse. Une solution est d'utiliser un marqueur, c'est-à-dire un caractère très facile à observer en laboratoire et placé aussi près que possible du gène recherché (le mieux est qu'il soit à l'intérieur du gène).

La création d'un marqueur réellement caractéristique de la forme intéressante d'un gène demande, elle-aussi, beaucoup de travail. Mais si l'investissement est important, c'est ensuite une source d'économies car cette technique permet d'identifier très rapidement les plantes qui possèdent les gènes recherchés, sans être obligé de passer par des cultures expérimentales. La sélection porte alors sur les gènes eux-mêmes et non plus sur les caractères agronomiques. On parle de sélection assistée par marqueurs.

([27], [30] pp. 30-36, p. 128, [50] pp. 13-15)

Quel est l'intérêt de gagner du temps dans le processus d'amélioration des plantes ?

Les sélectionneurs doivent répondre le plus rapidement possible aux demandes des agriculteurs et des consommateurs. La dizaine d'années que nécessite classiquement la création d'une variété représente un délai trop long dans de nombreux cas.

Par exemple, les plantes sont régulièrement victimes de nouvelles maladies. Dans le même temps la sélection naturelle favorise l'émergence de plantes résistantes mais ce sont rarement des variétés qui intéressent l'agriculteur. Le sélectionneur doit donc transférer les gènes de résistance dans toutes les variétés cultivées. Il est important de le faire le plus rapidement possible pour limiter le temps pendant lequel les cultures seront dévastées.

Une réponse rapide nécessite une recherche active en amont de la création des variétés.

([27], [50] pp. 16-17)

Comment peut-on savoir si un gène est responsable d'un caractère agronomique donné ?

Le génie génétique permet d'isoler un gène afin de déterminer son rôle et son mode de fonctionnement.

La première étape consiste à provoquer des mutations en insérant au hasard dans le génome des plantes des petits fragments d'ADN connus. Les conséquences de mutations sont très variées. Le chercheur sélectionne celles qui modifient le caractère qui l'intéresse. Il isole alors les gènes qui contiennent les mutations.

L'analyse détaillée de la fonction de ces gènes a lieu au cours d'une seconde étape. Elle passe notamment par la réintroduction du gène isolé dans des plantes mutantes pour vérifier qu'il corrige bien l'effet de la mutation. Les chercheurs étudient aussi les conditions dans lesquelles s'expriment les gènes (certains gènes s'expriment dans tous les organes alors que d'autres sont spécifiques des fleurs, par exemple, ou des racines).

L'isolement d'un gène et l'analyse de sa fonction peuvent demander plusieurs années. Les résultats ont un intérêt pratique certain puisqu'ils permettent ensuite d'agir directement sur les gènes responsables d'un caractère agronomique donné (par exemple le contrôle du mûrissement, la couleur d'une fleur, etc.).

([30] p. 130, pp. 38-40, [48] pp. 10-12)

L'amélioration peut-elle être obtenue grâce à un seul gène ?

Quel que soit le caractère étudié, les biotechnologies permettent le plus souvent d'identifier d'un à trois gènes qui jouent un rôle majeur dans l'expression de ce caractère. Ce n'est cependant qu'une première approximation. Le caractère est aussi sous le contrôle de nombreux autres gènes qui sont notamment responsables de l'adaptation fine aux conditions de culture.

Les techniques modernes d'amélioration consistent à introduire les gènes majeurs dans des variétés possédant déjà de bonnes qualités agronomiques. Une deuxième étape est nécessaire pour sélectionner par une approche classique la combinaison de gènes secondaires la mieux adaptée aux conditions locales.

Ceci explique la coexistence des grandes entreprises, qui ont créé les premières variétés OGM résistant aux insectes ou tolérant aux herbicides, et d'un grand nombre de petites entreprises qui se sont spécialisées dans la création de variétés adaptées aux différents marchés. L'atout de ces dernières est de posséder déjà les variétés répondant localement aux besoins des agriculteurs ; il leur suffit d'y introduire le gène de résistance. En contrepartie, elles versent une redevance à ceux qui ont conçu les OGM.

([16] p. 2, [30] pp. 49-51)

Les essais en champ sont-ils indispensables ?

Les essais en laboratoire sont bien adaptés à l'étude des gènes à effet majeur. Mais ces conditions de culture sont stéréotypées et ne reflètent pas toute la complexité de l'agriculture. Seuls des essais réalisés en plein champ, avec la diversité des situations qui les caractérise (sécheresse, maladies, insectes, etc.), permettent d'évaluer concrètement les qualités agronomiques d'une plante.

Une partie des essais en champ sur les OGM a pour but de définir les conditions de culture permettant la coexistence de plantes OGM et non-OGM. C'est un tout autre problème que la création de variétés adaptées aux conditions locales.

([30] pp. 165-166, [66] pp. 53-54, [67] pp. 161-162, pp. 208-209, pp. 752-753)

L'agriculture biologique a-t-elle recours aux biotechnologies ?

L'agriculture biologique peut utiliser toutes les variétés à condition qu'elles ne soient pas OGM et que les semences aient été produites dans les conditions de l'agriculture biologique (absence d'engrais et de pesticides de synthèse). Ce sont les semences biologiques. Il se développe en parallèle un effort pour la création de « variétés biologiques ».

La création de variétés ayant le label « variété biologique » recourt le plus possible aux techniques génétiques antérieures aux années 1970. Malgré tout, la sélection assistée par marqueur est autorisée sous certaines conditions et les techniques de cultures de cellules (micro-propagation, sauvetage d'embryon, etc.) sont tolérées. Les tolérances sont pragmatiques : la micro-propagation est actuellement la seule solution pour obtenir des plants exempts de virus et le sauvetage d'embryon permet de créer des hybrides bien adaptés à la culture biologique. C'est notamment le cas du triticale, un hybride obtenu dans les années 1970, qui combine les qualités nutritives et la productivité du blé à la rusticité du seigle.

([28], [49])

Les recherches en cours en biotechnologies végétales

Toutes les plantes font-elles l'objet de recherches biotechnologiques ?

Non. Les recherches biotechnologiques ne peuvent être menées que sur un petit nombre d'espèces, les « espèces modèles », qui sont faciles à manipuler en laboratoire (petite taille, cycle de reproduction court). De plus, ce sont des recherches coûteuses.

Les similitudes de fonctionnement permettent de généraliser à d'autres plantes les résultats obtenus sur les plantes modèles. Par exemple, les scientifiques utilisent une petite plante sauvage des régions tempérées (*Arabidopsis thaliana*) pour étudier la résistance à la sécheresse avec l'idée que leurs travaux permettront ensuite de diminuer les besoins en eau du maïs. En effet, un gène majeur découvert sur une plante modèle a de bonnes

chances de jouer un rôle important chez les autres plantes. Ainsi les coûts de la recherche peuvent être amortis en appliquant les résultats à des plantes représentant un marché important.

([30] p. 148, p. 150, [50] pp. 14-15)

Qui finance actuellement la recherche et développement en biotechnologies végétales ?

La part respective du secteur public et du secteur privé est difficile à évaluer. Dans les pays industrialisés, la part du secteur privé est d'au moins 50 % (et jusqu'à 80 % selon certaines sources). La recherche privée donne la priorité aux plantes faisant l'objet de marchés importants et lucratifs, les améliorations visant avant tout à faciliter le travail des agriculteurs.

Le financement des recherches sur les plantes OGM est le mieux connu car les essais nécessitent une autorisation officielle. Plus de 80 % des travaux sur les OGM portent sur les plantes de grande culture, 8 % sur les fruits et légumes et le reste sur des arbres, des fleurs et des plantes utilisées pour des recherches en laboratoire. En Europe, la part des recherches prise en charge par le secteur privé est de 90 % pour les plantes de grande culture, 50 % pour les légumes (principalement la tomate) et 20 % pour les fruits.

([25] p. 59, [31], [35] p. 70, p. 76, [40] pp. 67-71, [42], [50] p. 38, pp. 99-112)

Les rôles du secteur public et du secteur privé peuvent-ils être distingués sans ambiguïté ?

Non. Les partenariats public / privé sont très fréquents, ce qui pose le problème de la répartition des bénéfices générés par les retombées des recherches.

Le secteur privé se préoccupe principalement de la rentabilité à court terme. Le secteur public veille en règle générale à ce que les résultats restent librement accessibles pour la recherche. Il s'attache aussi à obtenir des clauses préférentielles pour les agriculteurs des pays en développement.

([30] p. 115, pp. 141-142, [42], [50] p. 38, pp. 99-112, [52] p. 14, [55] pp. 528-531)

Quel est l'état d'avancement des biotechnologies végétales hors des pays industrialisés ?

La majorité des travaux des scientifiques locaux repose sur les cultures cellulaires. Le coût de ces techniques est relativement faible et elles sont raisonnablement compétitives en raison de l'absence de grands groupes industriels sur ces marchés. En revanche, les recherches sur les plantes OGM restent encore marginales, sauf en Chine.

La technique la plus utilisée est la micro-propagation (appelée aussi micro-bouturage) pour la production en masse de plants exempts de maladies. Elle a été adaptée à la fin des années 1990 à de nombreuses cultures tropicales : la banane en Afrique et en Asie, le manioc en Amérique latine, l'agave au Mexique (pour la production de textiles), la patate douce en Chine, etc.

Au cours des années 1990, un consortium de chercheurs d'Afrique de l'Ouest a utilisé des techniques de culture cellulaire sophistiquées pour créer un riz hybride combinant les génomes du riz africain et du riz asiatique (les hybrides de ces deux riz sont stériles dans la nature). Les chercheurs ont ensuite procédé par sélection classique pour mettre au point NERICA (*new rice for Africa*). Ce nouveau riz a hérité des qualités du riz traditionnel africain (les mêmes qualités culinaires, la résistance à la sécheresse et aux maladies africaines) et de la productivité du riz asiatique (le rendement sans engrais est de 25 % à 100 % supérieur à celui de la variété africaine). NERICA est cultivé dans une douzaine de pays d'Afrique de l'Ouest.

Actuellement, les chercheurs adaptent la sélection assistée par marqueur aux céréales tropicales (riz en Asie, maïs au Mexique, mil en Inde).

([3], [50] pp. 16-18, [59], [68] p. 7-9, pp. 14-23)

Les recherches sur les plantes OGM correspondent-elles aux besoins des pays en développement ?

Dans les régions chaudes plus encore qu'ailleurs, le premier objectif est la lutte contre les insectes et les maladies. Les plantes tropicales pourront être améliorées par les mêmes gènes que ceux utilisés pour les plantes de grande culture (soja, maïs, coton) car il est techniquement possible de transférer le caractère de résistance d'une plante à une autre. Cette possibilité est encore en grande partie théorique puisque les travaux en cours portent principalement sur les plantes de grande culture.

Il est difficile de connaître en détail les recherches menées hors des pays industrialisés lorsqu'elles en sont encore au stade du laboratoire. En revanche, des statistiques fiables sont disponibles pour les travaux menés sur

les OGM par les chercheurs des pays industrialisés car ces recherches nécessitent des autorisations administratives.

Dans la période 1987-2000, 50 % des essais d'OGM en champ dans les pays en développement portaient sur la résistance aux insectes ou aux maladies fréquents dans ces pays. Les OGM tolérant aux herbicides représentaient 29 % des essais d'OGM dans les pays en développement.

Les recherches sont plus spécifiques lorsqu'il faut améliorer la qualité nutritive des cultures traditionnelles (enrichissement en vitamine A des carottes, du riz et de la patate douce, augmentation de la richesse en protéine de la pomme de terre, etc.). Suivant les cas, les solutions font appel ou non aux OGM. Dans les pays en développement, les recherches sur l'amélioration de la qualité nutritive représentaient 6 % des essais d'OGM en champ contre 16 % dans les pays industrialisés entre 1987 et 2000.

Les caractéristiques agronomiques qui intéresseraient vraiment les pays en développement, comme la tolérance à la sécheresse ou à la salinité posent des problèmes scientifiques difficiles. Les chercheurs sont encore loin du but. Les essais en champ sont jusqu'ici peu nombreux.

([34] pp. 108-109, [48] pp. 11-12, pp. 18-22, [50] p. 21, pp. 39-41, p. 47, p. 101, [51] p. 41, [67] pp. 207-208)

Existe-t-il une recherche sur les plantes OGM hors des pays industrialisés ?

La Chine a créé des variétés OGM pour le riz, le maïs, le soja et le coton et des dizaines d'espèces importantes pour l'agriculture chinoise. Elles sont destinées actuellement au marché chinois. La priorité est la résistance aux insectes et aux maladies. Les essais menés à l'échelle de fermes pilotes ont montré que le riz OGM résistant aux insectes permet de réduire de 80 % la consommation de pesticides.

La Chine dispose d'environ 3000 chercheurs en biotechnologies végétales (pour mémoire, la France – qui est à la pointe dans ce domaine – en compte environ 2000). Les autres pays n'ont pas les mêmes ressources.

En Inde, la recherche sur les plantes OGM est en recul à cause de problèmes d'acceptabilité. En 2004, elle ne portait pratiquement plus que sur la création de variétés de coton OGM résistant aux insectes. Les sélectionneurs utilisent des gènes de résistance fournis par des entreprises multinationales, par la Chine et par la recherche publique indienne.

([23], [34] pp. 108-109, [39], [47] pp. 218-221, [50] p. 21, pp. 38-39, pp. 114-117, [53] pp. 11-13, [58], [68] pp. 94-95)

Où en sont les recherches sur les plantes OGM en Europe ?

Entre 1998 et 2002, les recherches sur les plantes OGM ont diminué de 87 % en Europe (environ 30 essais en 2002), tandis que leur nombre est resté stable aux Etats-Unis (environ 1000 essais par an). Cette chute est directement liée au moratoire européen de 1999 sur la commercialisation des OGM et à la destruction des essais menés sur les OGM en laboratoire et en plein champ. Il est trop tôt pour mesurer l'effet de la levée du moratoire en 2004.

Pendant la période 1998-2002, les recherches en Europe ont porté principalement sur la résistance aux insectes et la tolérance aux herbicides (67 % des essais en champ). Venaient ensuite des recherches sur la résistance aux microorganismes (champignons, bactéries, virus) dont l'aboutissement est prévu vers 2010 (13 % des essais en champ).

Des travaux ont aussi été menés sur l'amélioration des qualités nutritives de la pomme de terre, du soja et du colza, et sur le contrôle du mûrissement de la tomate. Ils représentent 6 % des essais en champ. Ils devraient aboutir vers 2010. En raison de sa complexité, l'amélioration des propriétés agronomiques (résistance à la sécheresse, etc.) est un objectif à plus long terme (vers 2015 ou au-delà). Cette recherche représentait 5 % des essais en champ.

Environ 1 % des essais en champ portait sur la création de variétés répondant aux besoins de l'industrie (colza riche en acide érucique pour la production de solvants, peupliers pauvres en lignine pour la production de pâte à papier). Leur commercialisation est attendue vers 2010. Enfin, la recherche sur la production de médicaments par des plantes OGM reste marginale en Europe (moins de 1 % des essais en champ) alors qu'elle se développe très rapidement aux Etats-Unis et au Canada. En 2005, elle était à un stade préindustriel dans ces pays.

([22] pp. 21-22, [33] pp. 52-59, [35] pp. 7-11, p. 15, pp. 23-25)

La recherche des entreprises européennes se déroule-t-elle hors d'Europe ?

En partie. Les sélectionneurs réalisent hors d'Europe les recherches destinées à créer des variétés adaptées aux pays où le commerce des semences est dynamique (notamment l'Amérique du Nord). Dans ce cadre, les entreprises européennes ont des filiales qui produisent des plantes OGM.

([44], [57], [67] pp. 59-60)

Les ressources génétiques des plantes cultivées**Qu'appelle-t-on les ressources génétiques des plantes cultivées ? A qui servent-elles ?**

Pour une plante cultivée donnée, les ressources génétiques sont constituées de l'ensemble des variétés cultivées et des plantes sauvages apparentées.

Les ressources génétiques des plantes cultivées sont le réservoir de diversité génétique indispensable à l'amélioration des plantes cultivées, que ce soit par la sélection par des agriculteurs ou par des méthodes classiques d'amélioration des plantes. Elles jouent un rôle essentiel dans l'adaptation aux changements écologiques et aux évolutions imprévisibles des besoins humains.

Il existe par contre un débat scientifique sur l'importance des ressources génétiques pour les biotechnologies modernes.

([21])

Pourquoi ne trouve-t-on plus les variétés anciennes de fruits et légumes sur les marchés ?

La raison principale est l'évolution de la demande des consommateurs et de l'industrie agroalimentaire. Beaucoup de variétés anciennes restent disponibles chez les sélectionneurs.

Bien que les catalogues des producteurs de semences et de plants soient limités et que les maladies aient fait disparaître certaines variétés, la diversité disponible chez les sélectionneurs est sans commune mesure avec l'état des marchés. Il existe une centaine de variétés de pommes de terre au Catalogue français, une centaine de variétés de pommes, etc.

([4] pp. 32-38, [20])

D'où provient la richesse des ressources génétiques des plantes cultivées ? Comment la préserve-t-on ?

L'enrichissement et la conservation des ressources génétiques des plantes cultivées résultent de l'action de la nature et des hommes. La conservation des ressources génétiques pose moins de problèmes pour les variétés cultivées que pour les formes sauvages.

La richesse des ressources génétiques est particulièrement forte dans les régions où les formes cultivées et sauvages coexistent. La sélection naturelle maintient une diversité génétique très élevée des formes sauvages car les contraintes qui pèsent sur les plantes évoluent sans cesse. Les formes cultivées héritent de cette diversité car le pollen sauvage se mélange au pollen des formes cultivées. En effet, l'agriculteur ne contrôle pas les fécondations, il n'exerce de sélection que sur les caractères agronomiques visibles.

Les plantes évoluent aussi très vite lorsqu'elles sont transplantées loin de leur région d'origine car les contraintes ne sont pas les mêmes (climat, parasites, exigences des consommateurs, etc.). Ainsi les pommes de terre européennes sont devenues en quatre siècles très différentes des plantes américaines originelles.

La conservation des ressources génétiques des plantes cultivées ne peut pas reposer uniquement sur les agriculteurs. L'agriculteur enrichit les ressources génétiques en favorisant la reproduction de plantes ayant des caractères rares. Mais dans le même temps, ces nouvelles variétés prennent inévitablement la place des anciennes car les surfaces sont limitées. En revanche, les sélectionneurs ont un intérêt économique à conserver les variétés anciennes car ce sont des réservoirs de gènes ayant un intérêt agronomique.

La préservation de la richesse des ressources génétiques des formes sauvages revient en quelque sorte à préserver des friches. C'est un problème compliqué car personne n'en a explicitement la charge. Pourtant, c'est dans les formes sauvages que le sélectionneur trouvera les gènes de résistance aux nouvelles maladies et aux nouveaux parasites.

([1] pp. 86-87, [4] pp. 14-25, [20], [37])

L'accès aux ressources génétiques est-il encore nécessaire à l'ère du génie génétique ?

Le débat est ouvert. Certains scientifiques pensent qu'une étude approfondie des plantes modèles fournira la plupart des réponses. D'autres considèrent que c'est une solution envisageable pour la plupart des gènes ayant un effet majeur, mais qu'elle ne permettra pas une adaptation fine aux contraintes locales.

On peut aussi considérer que le génie génétique élargit considérablement la notion de ressources génétiques puisqu'il permet de rechercher les gènes intéressants dans d'autres espèces.

([30] p. 103, p. 150)

Les biotechnologies appauvrissent-elles les ressources génétiques ?

L'essor des biotechnologies s'est accompagné d'une perte d'intérêt pour les ressources génétiques de nombreuses plantes cultivées. En effet, la recherche s'est focalisée par nécessité sur un petit nombre d'espèces, les espèces modèles. Les autres espèces cultivées sont beaucoup moins étudiées. Elles bénéficient malgré tout des retombées des travaux réalisés sur les plantes modèles.

De nombreux scientifiques sont conscients de cette dérive et tentent de l'endiguer. Plusieurs structures sont chargées de la coordination de leur activité parmi lesquelles le Bureau des ressources génétiques en France (le BRG) et les centres internationaux soutenus par la FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture).

([1] pp. 295-303, [20], [30] p. 148, p. 150, p. 152)

Comment fonctionne la coopération internationale pour l'accès aux ressources génétiques ?

La plupart des plantes importantes pour l'alimentation et l'agriculture sont cultivées dans le monde entier. Partout sont apparues des variétés dotées de qualités que n'ont pas les autres plantes de la même espèce. La dispersion mondiale des ressources génétiques fait qu'il n'y a pas de pays où les sélectionneurs peuvent se passer des variétés existant dans d'autres pays.

La FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture) a été chargée de moderniser le fonctionnement de la coopération internationale pour l'accès aux ressources génétiques agricoles. Ses travaux ont abouti au *Traité international sur les ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture* (2001). Il porte sur 35 légumes et céréales et 29 plantes fourragères. Des centres internationaux assurent la collecte et la conservation des ressources génétiques de ces plantes (c'est à dire l'ensemble des variétés cultivées et des plantes sauvages apparentées), chacun étant chargé d'une zone géographique et d'un groupe d'espèces. Ils peuvent échanger librement les ressources génétiques dont ils ont la responsabilité, et ainsi faciliter le travail des sélectionneurs.

([1] pp. 295-303, [20], [30] pp. 92-97, pp. 111-112, [41], [60] p. 27)

Les ressources génétiques sont-elles exploitées hors des circuits organisés ?

La majorité des agriculteurs des pays en développement n'ont pas accès aux variétés créées par des sélectionneurs professionnels. Ils ne peuvent pas non plus envisager une amélioration efficace des variétés qu'ils cultivent faute de moyens et de savoir-faire. Le problème est partiellement résolu dans certains pays par un travail en commun, sur le terrain, des scientifiques et des agriculteurs afin d'obtenir une amélioration des variétés et des espèces locales. On parle de sélection participative : les agriculteurs sont les mieux à même de définir leurs besoins et de fournir les plantes les mieux adaptées à l'environnement local ; les scientifiques maîtrisent les techniques de sélection qui permettront d'obtenir rapidement le résultat souhaité. Au bout du compte, les agriculteurs auront un meilleur bagage technique et les scientifiques une meilleure vision des problèmes prioritaires.

La diversité génétique des plantes cultivées localement est rarement suffisante pour permettre une amélioration importante. L'expérience montre que les meilleurs résultats sont obtenus en combinant des variétés d'origines très différentes. La combinaison la plus fréquente résulte du croisement de variétés locales bien adaptées aux conditions climatiques et aux maladies avec des variétés étrangères présentant des caractères qui font défaut localement (rendement, valeur nutritive, etc.). C'est le cas par exemple du maïs en France : il résulte de croisements entre une variété isolée dans le Tarn, qui a apporté précocité et résistance au froid et des variétés nord-américaines qui ont apporté des rendements élevés.

([19], [30] pp. 16-17, p. 44, pp. 70-71, pp. 78-80, pp. 86-87, [60] p. 27)

L'accès aux semences

Comment la qualité des semences est-elle garantie ?

Il n'existait pas de réglementation lorsque les semences étaient simplement prélevées sur la récolte précédente. Quand les agriculteurs ont commencé à utiliser les variétés créées par les sélectionneurs, des règles ont été mises en place pour garantir à l'acheteur que la semence correspondait bien à la variété décrite dans le catalogue. C'est la « certification » des semences.

Pour pouvoir être commercialisées en Europe, les semences des variétés des principales espèces cultivées sont soumises à une certification des pouvoirs publics. Elles sont recensées dans un catalogue communautaire qui présente plus de 20 000 variétés. Il existe aussi un catalogue international commun à une cinquantaine de pays contenant plus de 30 000 variétés.

La réglementation européenne autorise la libre commercialisation des variétés anciennes menacées d'extinction.

([9], [60] p. 24, pp. 42-47, [61])

Quelles sont les conditions à remplir pour commercialiser une nouvelle variété ?

Une nouvelle variété subit une série d'examen avant de pouvoir figurer dans un catalogue officiel.

En effet, pour être inscrite au catalogue, une nouvelle variété doit apporter une réelle innovation par rapport aux variétés existantes, donner des récoltes homogènes et être stable au cours du temps. Ces qualités sont testées lors de cultures réalisées en différents lieux. L'évaluation s'étend sur un à trois ans selon les espèces.

En France, les thématiques prioritaires de la sélection et les critères d'inscription des variétés au Catalogue sont discutés au Comité technique permanent de la sélection (CTPS), qui est composé de représentants de l'administration, des milieux professionnels et de la recherche.

Seules 30 % des variétés candidates passent les tests avec succès. Elles sont alors inscrites au Catalogue pour une durée de dix ans renouvelable par période de cinq ans.

([43] p. 14, [60] pp. 23-25)

Quel est le marché mondial des semences ?

La valeur totale des semences utilisées dans le monde est d'environ 50 milliards d'euros, 30 milliards donnant lieu à des transactions commerciales et 20 milliards correspondant aux semences de ferme (celles que l'agriculteur prélève sur sa récolte pour les prochains semis). Sur ces 30 milliards, les échanges internationaux représenteraient 3,6 milliards, soit environ 7 % de la production mondiale de semences et 12 % de la valeur commercialisée. Les échanges internationaux portent avant tout sur les semences horticoles (1,2 milliard d'euros), devant le maïs (530 millions d'euros), les plantes fourragères, les pommes de terre (400 millions d'euros), la betterave (300 millions d'euros) et les semences de blé (75 millions d'euros).

Le marché des semences plafonne dans les pays développés alors qu'il connaît une croissance importante dans d'autres pays (Argentine, Brésil, Chine, Inde, Mexique, Pologne, Russie...). En 2000, le marché des semences dépassait le milliard d'euros dans sept pays : les États-Unis (5,7 milliards), l'Europe (5,2 milliards dont 1,4 en France et 1 en Allemagne), la Chine (3), le Japon (2,5), la Russie (2) et le Brésil (1,2). Le commerce intra-communautaire de semences dépasse un milliard d'euros. Les principaux producteurs européens de semences sont les Pays-Bas et la France.

L'obtention et la production de semences sont de plus en plus concentrées : vingt entreprises ont un chiffre d'affaires supérieur à 90 millions d'euros et les six premières possèdent près du quart du marché. Quatre entreprises françaises figurent dans les vingt premières, dont une au quatrième rang mondial.

La production en masse des semences et des plants (pommes de terre, etc.) est l'affaire d'agriculteurs spécialisés.

([60] pp. 76-77, p. 81, [63])

Comment les résultats des sélectionneurs de plantes sont-ils protégés ?

La création d'une variété demande une dizaine d'années avec des succès commerciaux très inégaux (par exemple en France, cinq variétés représentent 45 % des ventes de semences de blé tendre alors qu'il y en a 226 au catalogue). Elle n'est viable que si les sélectionneurs peuvent rentabiliser leur travail. Deux réglementations internationales permettent de protéger les intérêts des sélectionneurs, le certificat d'obtention végétale (COV) et

le brevet. Il existe deux types de protection, le COV et le brevet. Le COV porte sur la variété telle qu'elle est décrite dans le Catalogue ; le brevet porte sur le gène introduit dans la plante (que ce soit par croisement ou par génie génétique).

Le COV confère à son titulaire un droit exclusif sur l'exploitation de la variété protégée. Mais il ne peut pas s'opposer à son utilisation gratuite pour la création d'autres variétés. Cet accès gratuit et automatique aux ressources génétiques des variétés commerciales est la principale différence entre le COV et le brevet. Une soixantaine de pays dont l'Europe et les Etats-Unis utilisent le COV.

Le brevet confère un droit d'exploitation exclusive plus fort que le COV. Il faut systématiquement une licence du titulaire du brevet pour utiliser le gène breveté. Il est toutefois toléré d'utiliser pour la recherche un gène breveté sans bénéficier d'une licence. Celle-ci sera ensuite nécessaire pour commercialiser les résultats de cette recherche.

([25] p. 60, [52] pp. 22-23, [55] pp. 517-522, [60] p. 25, pp. 30-32, [67] pp. 408-409, pp. 482-483)

Quels sont les droits des agriculteurs en matière de semences ?

Les agriculteurs peuvent utiliser comme bon leur semble les semences prélevées sur leur récolte (les semences de ferme) dans la limite de ce qui est autorisé par les législations nationales. Ce principe est affirmé dans le *Traité international sur les ressources phylogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture*.

En général, les législations n'introduisent aucune restriction pour les variétés et les espèces traditionnelles ou anciennes menacées d'extinction. C'est le cas notamment pour les variétés utilisées par les agriculteurs des pays en développement et par un certain type d'agriculture biologique.

Par contre, la plupart des législations nationales interdisent la commercialisation des semences de ferme pour les variétés récentes. Au mieux, l'agriculteur a le droit de les utiliser pour son usage propre. Ainsi, la réglementation européenne interdit l'échange ou la commercialisation des semences de ferme pour les plantes de grande culture et elle prévoit une rémunération des sélectionneurs.

Les semences de ferme sont peu utilisées pour les grandes cultures en Europe, sauf dans le cas du blé tendre pour lequel elles représentent environ 50 % des semences et du colza (20 à 25 % des semences). Pour le blé tendre en France, la rémunération prend la forme d'une cotisation à un fonds de soutien à la recherche en amélioration des plantes.

([5], [7], [9], [21], [32], [43] p. 13, [54])

Les semences OGM coûtent-elles plus cher que les semences traditionnelles ?

Le coût des semences OGM est plus élevé, mais le surcoût est très variable car il dépend des politiques commerciales locales. Deux exemples :

- Les semences de coton OGM coûtent deux fois plus cher que les variétés traditionnelles en Chine, trois fois plus cher au Mexique et six fois plus cher en Argentine.
- Le surcoût des semences de soja OGM est de 30 % en Argentine et de 43 % aux Etats-Unis par rapport aux semences traditionnelles. De plus, en Argentine, les cultivateurs de soja peuvent réutiliser leur récolte pour les semis à venir alors que c'est interdit aux Etats-Unis.

Lorsque les cultures sont non-OGM, le coût des semences représente de 8 à 15 % du coût de production (le pourcentage varie selon les cultures).

([14], [48] p. 17, [50] p. 48, pp. 55-56, [56])

Les brevets et le marché des semences

Quel est l'intérêt de breveter des plantes ?

Le brevet est mieux adapté aux biotechnologies que le certificat d'obtention végétale (le COV). En effet le COV protège la variété, c'est-à-dire une combinaison donnée de gènes, sans qu'il soit nécessaire de connaître les gènes qu'elle contient. Le brevet protège lui un gène dûment identifié.

D'ailleurs, dans les années 1980, un des arguments de ceux qui ne croyaient pas à l'avenir du génie génétique était qu'il était impossible de valoriser économiquement les recherches sur un gène. La réglementation de

l'époque protégeait les intérêts du créateur d'une variété. En revanche, rien n'empêchait de récupérer un gène intéressant dans une variété commerciale et de l'introduire par croisement dans une nouvelle variété sans payer aucune redevance. Depuis, les gènes sont couverts par des brevets et leur utilisation commerciale nécessite une licence.

Le brevet est utilisé depuis plus de deux siècles pour protéger les intérêts des inventeurs. Il est couramment appliqué en agriculture pour les engins agricoles et les produits chimiques (herbicides, pesticides). La nouveauté était de l'appliquer aux gènes.

([2], [66] p. 167, [67] p. 484)

Qu'est-ce qui peut-être breveté dans le cas des biotechnologies végétales ?

La réponse dépend des pays car le brevet relève du droit national. En Europe la protection des inventions biotechnologiques est régie par une directive de 1998, transposée en droit français en 2004. A ce titre, les produits (des constructions génétiques à la plante modifiée) et les procédés (procédés de culture cellulaire, procédés de purification, procédés d'expression d'un gène dans une plante) sont brevetables.

Pour ce qui concerne les semences, la directive a introduit des dérogations au droit européen des brevets. L'une d'elle est le « privilège de l'agriculteur » sur l'utilisation des semences de ferme. Afin d'harmoniser les brevets et le certificat d'obtention végétale (COV), la France y a ajouté le « privilège du sélectionneur » sur la libre utilisation des plantes brevetées dans le cadre de travaux visant la création d'une nouvelle variété.

En règle générale, une personne qui invente une nouvelle utilisation d'un gène breveté doit obtenir une licence du titulaire du brevet, même si ce dernier n'avait pas envisagé cette application. On parle alors de brevet dépendant. Le bien fondé de ce droit est controversé dans le cas des brevets sur les gènes. En France, le brevet sur les gènes porte sur le couple gène / applications figurant dans la demande de brevet.

([66] p. 168, [67] pp. 478-480, pp. 484-485)

En quoi les brevets portant sur les semences ont-ils modifié les droits des agriculteurs ?

En règle générale, les semences de ferme sont interdites pour les semences brevetées. C'est le cas notamment pour les plantes OGM.

Cependant la réglementation diffère selon les pays et les espèces. En Europe, le brevet sur les inventions biotechnologiques reconnaît le « privilège de l'agriculteur » qui permet à l'agriculteur ayant acquis des semences brevetées d'utiliser ensuite une part de sa récolte comme semences dans son exploitation (ce sont les semences de ferme). Les semences de ferme sont autorisées en Argentine pour le soja OGM alors qu'elles y sont interdites pour le coton OGM. En Inde, les semences de ferme sont largement tolérées pour le coton OGM.

Le titulaire d'un brevet peut renoncer à ses droits sous certaines conditions qu'il fixe lui-même. C'est une forme d'aide alimentaire dont bénéficient plusieurs OGM (patate douce résistant aux virus, « riz doré » enrichi en vitamine A, etc.). Ainsi, le « riz doré » est distribué libre de droits aux petits agriculteurs. Une règle semblable est prévue dans le cadre du programme de recherche public / privé français Génoplante. Ces mesures sont récentes. On ne sait pas encore si les petits agriculteurs en tireront réellement un bénéfice.

([29] p. 21, [31] pp. 26-27, [50] p. 56, pp. 100-101, p. 107, [51] p. 45, [53] p. 9, [66] p. 185, [67] p. 164, p. 483)

L'utilisation involontaire d'une semence brevetée est-elle une contrefaçon ?

Non. Il y a contrefaçon lorsqu'on reproduit des semences protégées intentionnellement. C'est typiquement le cas lorsqu'on produit des semences à partir de plantes protégées par un brevet sans l'autorisation du titulaire du brevet. Cependant, il faut qu'il y ait volonté de fraude pour que l'agriculteur soit condamné. Les tribunaux considèrent que l'utilisation de semences contaminées accidentellement n'est pas une contrefaçon.

La question a été débattue au Canada à l'occasion d'un procès opposant un agriculteur et un producteur de semences OGM. L'agriculteur était accusé d'utiliser frauduleusement des semences OGM sans l'autorisation du producteur. Il rétorquait que celles-ci provenaient d'une contamination de ses champs par des cultures OGM voisines et il réclamait des dommages et intérêts. Les débats ont porté sur le caractère fortuit de la contamination car 95 % des semences utilisées par l'agriculteur étaient OGM. Les tribunaux ont donné tort à l'agriculteur. Le procès n'a pas remis en cause le principe de l'absence de contrefaçon en cas de contamination fortuite.

([68] p. 407, pp. 483-484)

En quoi les biotechnologies ont-elles modifié les droits des sélectionneurs ?

Le génie génétique a été l'occasion d'introduire les brevets en amélioration des plantes.

Le travail du sélectionneur consiste à créer une combinaison de caractères, ce qui repose sur une combinaison de gènes originale, en partant des gènes existants dans les variétés commerciales ou dans la nature (l'ensemble constituant les ressources génétiques). Il peut le faire librement en croisant des variétés protégées par un certificat d'obtention végétal (COV). C'est le mode de fonctionnement habituel de l'industrie des semences. Mais l'amélioration des plantes consiste de plus en plus à introduire dans les plantes un gène dont on connaît l'effet. Dans ce cas, le gène est protégé par un brevet. Le sélectionneur ne peut l'utiliser qu'avec l'autorisation du titulaire du brevet et, sauf exception, la licence d'utilisation est payante.

En France, le brevet sur les inventions biotechnologiques reconnaît le « privilège du sélectionneur » selon lequel la protection conférée par le brevet n'interdit pas les travaux menés dans le but de développer d'autres variétés végétales. Ceci ne vaut que pour la durée des études. Le sélectionneur devra payer une redevance au titulaire du brevet lorsque la nouvelle variété sera commercialisée.

Breveter un gène présente un intérêt économique qui peut être supérieur à celui procuré par un certificat d'obtention végétale (COV). En effet, le titulaire du brevet touche une redevance pour toutes les variétés comportant le gène breveté, même s'il ne les a pas créées. Alors que le titulaire d'un COV n'a pas de droits sur les variétés améliorées dérivées de la sienne si elles en diffèrent suffisamment. Toutefois, lorsque l'amélioration consiste simplement à introduire un gène (pour faire une plante OGM par exemple), le sélectionneur qui introduit le gène devra payer une redevance au sélectionneur qui a créé la variété (le titulaire du COV).

([7], [50] p. 101, [55] p. 522, [66] p. 168, [67] pp. 479-481)

L'application du système des brevets aux plantes cultivées pose-t-elle des problèmes techniques ?

Les problèmes sont de deux ordres : l'imprécision du domaine couvert par le brevet en raison de la complexité des phénomènes biologiques et l'enchevêtrement des droits de propriété industrielle.

Il est difficile de décrire une invention biotechnologique avec précision. En effet, le caractère conféré par un gène dépend de la place du gène dans le génome. Ceci fait que deux OGM utilisant la même construction génétique peuvent avoir des caractères différents. C'est pour cela que les brevets sont complétés par un dépôt de graines de la plante brevetée. Actuellement, on ne sait pas comment répartir équitablement les redevances entre deux sélectionneurs ayant obtenu des OGM aux caractères notablement différents en utilisant la même construction génétique. Savoir jusqu'à quel point le créateur de la construction génétique doit bénéficier d'un avantage est un problème ouvert.

Le travail du sélectionneur consiste à combiner des gènes pour obtenir une plante ayant les caractères voulus. Une plante intéressante est susceptible de regrouper plusieurs gènes brevetés, chacun étant lui-même l'aboutissement d'une longue série d'inventions brevetées. L'enchevêtrement des droits pose un problème nouveau en amélioration des plantes. Mais, l'enchevêtrement des brevets existe aussi dans d'autres secteurs industriels, pour lesquels des solutions ont été trouvées.

([43] pp. 17-18, [55] pp. 517-520, [67] pp. 484-485)

Vers une nouvelle donne

Comment ont évolué les relations public / privé dans le domaine de l'amélioration des plantes en France ?

L'INRA (Institut national de la recherche agronomique) a été créé en 1946 pour moderniser l'agriculture. L'INRA obtint très rapidement des variétés de blé, de maïs, de colza et de pommes de terre (la BF 15) très supérieures aux variétés existantes dans le secteur privé.

Jusqu'à la fin des années 1970, le transfert de connaissances entre les secteurs public et privé s'est appuyé sur des relations personnelles. Il était tacite, informel et souvent gratuit. Ce partenariat a facilité le développement en France d'un solide tissu de PME et de coopératives.

A partir des années 1980, les entreprises privées ont pris le relais de l'INRA pour les espèces faisant l'objet d'un marché rémunérateur. L'industrialisation et l'internationalisation du secteur privé ont conduit à la mise en place de relations contractuelles entre public et privé afin de fixer au cas par cas les règles de confidentialité, de

propriété industrielle et les droits d'utilisation. La recherche publique s'est alors orientée vers la compréhension du fonctionnement des plantes et la mise au point de biotechnologies afin de rationaliser la sélection. Ces recherches sont à trop long terme pour satisfaire les critères de rentabilité des entreprises.

Depuis la fin des années 1990, la course aux gènes présentant un intérêt agronomique domine le marché de l'innovation. Elle a entraîné l'adoption des brevets pour défendre la propriété industrielle dans le domaine de l'amélioration des plantes. Etant donné leur coût et leur complexité, ces recherches se déroulent maintenant dans le cadre de collaborations internationales, tant pour le secteur public que pour le secteur privé. Et des contrats de plus en plus complexes sont nécessaires pour préserver les intérêts des partenaires.

([30] p. 9, pp. 42-52, pp. 119-121, p. 134, pp. 146-147, p. 162)

Quel est l'équilibre actuel en France entre secteur public et secteur privé pour l'amélioration des plantes ?

L'exemple emblématique est le programme Génoplante. Il a été lancé en 1999 avec l'ambition de doter la France d'un dispositif global, cohérent et compétitif pour l'étude des génomes végétaux et la valorisation de ces travaux. Il associe secteur public et secteur privé. Le portefeuille de brevets de Génoplante est géré par une société où le secteur public a 50 % des droits de vote et les associations représentatives des filières professionnelles 15 %, le reste allant aux industriels.

Les règles les plus originales en matière de valorisation des résultats sont :

- La communauté de brevets. Tout participant a accès à l'intégralité des résultats issus de chacun des projets, indépendamment de sa part de contribution dans leur obtention et il peut les utiliser librement pour sa propre recherche. Il a aussi l'assurance que la société qui détient les brevets de Génoplante lui concédera une licence s'il souhaite en effectuer une exploitation commerciale. Toutefois, il ne pourra pas demander l'exclusivité de la licence.
- L'aide au développement. Tout résultat peut être concédé à des conditions très privilégiées, voire gratuitement, par l'un quelconque des membres pour une utilisation dans un cadre d'aide au développement, dans la mesure où l'octroi d'une telle licence ne met pas en danger les intérêts commerciaux légitimes des partenaires privés.

([30] p. 50, [43] p. 26, [52] p. 36, [67] pp. 207-209)

Qui crée les plantes OGM commercialisées actuellement ?

C'est une entreprise française d'agrochimie qui a inventé la technologie permettant de rendre une plante tolérante à un herbicide. Une société d'agrochimie américaine a diffusé la technologie auprès d'entreprises de semences du monde entier. C'est ainsi qu'un gène de tolérance à un herbicide a pu être introduit dans un grand nombre de variétés adaptées aux différentes zones géographiques.

En dehors de la Chine, le marché des plantes OGM appartient à des entreprises d'agrochimie. Celles-ci se sont lancées dans la création d'OGM pour faire face à une baisse de la vente des herbicides et des pesticides.

En Chine, c'est l'Académie d'Agriculture qui crée les plantes OGM. La Chine a créé ses propres OGM pour le coton, le riz, etc. Les plantes OGM chinoises résistant aux insectes n'utilisent pas les mêmes gènes que les variétés OGM des entreprises américaines. Jusqu'à leur adhésion à l'Organisation mondiale du commerce (OMC), les Chinois n'ont pas eu recours au système des brevets pour protéger leurs OGM.

Obtenir une autorisation de mise sur le marché des variétés OGM impose des essais longs et coûteux (de 1 à 10 millions de dollars selon les cas), inaccessibles aux petites et moyennes entreprises et à la recherche publique. De tels investissements ne sont rentables que pour les plantes qui font l'objet d'un marché important.

([12], [16] p. 2, [17] pp. 103-104, p. 161, [35] pp. 7-11, p. 15, p. 25, pp. 75-77, pp. 87-89, [48] p. 16, [50] p. 36, p. 100, [53] pp. 4-8)

Qui détient actuellement les brevets dans les biotechnologies végétales ?

La recherche publique mondiale détient environ le quart des brevets dans le domaine des biotechnologies à vocation agronomique, l'équivalent du portefeuille des deux principales multinationales du domaine.

Le portefeuille de brevets de la recherche publique est riche. Une étude théorique portant sur la création d'un riz riche en vitamine A (le « riz doré » qui existe déjà) et d'une luzerne tolérante à la salinité du sol (qui pour l'instant

n'existe pas) a montré que le portefeuille de brevets de la recherche publique mondiale permettrait de mener à bien les travaux sans faire appel à des brevets détenus par le secteur privé.

Mais la propriété industrielle de la recherche publique est dispersée dans un très grand nombre d'institutions. Le plus gros portefeuille de brevets de la recherche publique en biotechnologies à vocation agronomique représente à peine plus de 1 % des brevets mondiaux du domaine. Il appartient à une université américaine. Pour compenser sa dispersion, la recherche publique s'organise afin de devenir un interlocuteur crédible face au secteur privé.

([52] pp. 25-26)

La recherche publique tire-t-elle un bénéfice de son portefeuille de brevets ?

En déposant des brevets, la recherche publique a plusieurs objectifs :

- disposer d'une monnaie d'échange pour avoir plus facilement accès aux connaissances des autres ou à l'exploitation de leurs brevets,
- éviter une appropriation abusive par le secteur privé,
- mieux maîtriser les conditions d'application et faciliter la création d'activités nouvelles,
- générer des retours financiers qui seront réinvestis dans la recherche.

L'utilisation des brevets comme monnaie d'échange est d'un meilleur rapport que les retours financiers directs sous forme de redevance. En effet, ces derniers sont très faibles dans tous les pays. D'une part, le pourcentage de brevets qui donnent lieu à la concession de licences demeure faible dans les biotechnologies végétales. D'autre part, la valorisation économique des innovations dans ce secteur est trop incertaine pour que les petites entreprises puissent prendre en charge les coûts et les risques de la création et du lancement d'un produit.

([52] pp. 34-35)

Les pouvoirs publics peuvent-ils préserver l'accès de tous aux avancées des biotechnologies ?

Il n'existe pas de structure chargée de réguler le marché des biotechnologies. Les pouvoirs publics peuvent cependant agir en augmentant le poids de la recherche publique pour contre-balancer le pouvoir des grands groupes industriels. C'est la solution privilégiée par les pouvoirs publics dans le cas des biotechnologies.

Un exemple marquant est l'étude du génome humain. Les Etats-Unis ont financé un programme concurrent de celui du secteur privé afin d'obliger ce dernier à collaborer et à diffuser ses résultats. Pour les biotechnologies végétales, on peut citer Génoplante en France ou GABI en Allemagne.

Une autre solution est de faire en sorte que la recherche publique apparaisse comme un interlocuteur unique dans les négociations avec le secteur privé. C'est une réplique aux accords existants entre grandes entreprises, avec leur système de licences croisées et d'accès réciproques à leur savoir-faire.

Les pouvoirs publics peuvent mettre dans le domaine public les techniques de base. C'est par exemple ce qui a été fait en 1945 pour les brevets américains sur les techniques radar. Mais ce mode d'intervention a un coût très élevé et reste tout à fait exceptionnel.

Enfin, il existe des clauses dans la réglementation des brevets qui évitent que le titulaire d'un brevet bloque les progrès techniques en refusant une licence à un titulaire d'un brevet ultérieur.

([30] pp. 141-144, [52] p. 21, p. 24, [55] p. 519, [66] p. 167, [46] p. 295)

La recherche publique américaine est-elle organisée pour préserver l'accès aux biotechnologies végétales ?

En 2002, une trentaine d'universités américaines parmi les plus actives dans le domaine des biotechnologies végétales ont conclu un accord afin de conserver la maîtrise des biotechnologies pour le développement des cultures ne faisant pas déjà l'objet d'OGM commerciaux (c'est-à-dire tout sauf le soja, le maïs, le coton et le colza) et pour les cultures vivrières des pays du Sud. Le consortium PIPRA (*Public initiative for intellectual property resource for agriculture*) est opérationnel depuis 2004. Il bénéficie d'un soutien financier de fondations américaines à finalité humanitaire.

PIPRA a pour objet de faciliter l'utilisation des biotechnologies issues du secteur public par les chercheurs du secteur public et d'éviter que le secteur privé ne bloque les innovations grâce à des licences exclusives. Il passe

par le développement et l'actualisation permanente d'une base de données sur la propriété intellectuelle publique pour fournir des informations sur les brevets et les licences. PIPRA réalise deux produits originaux : la conception de lots de brevets couvrant un domaine d'application ; la mise au point d'outils informatiques pour analyser le risque qu'un projet soit entravé pour des raisons de propriété intellectuelle.

([52] pp. 27-31)

La recherche publique européenne peut-elle préserver l'accès aux biotechnologies végétales ?

Créer l'équivalent du consortium américain PIPRA (*Public initiative for intellectual property resource for agriculture*) en Europe n'est pas simple. Le potentiel d'innovation y est plus réduit, la disparité des législations et des institutions plus grande et le contexte social moins favorable à cause de la controverse sur les plantes OGM. Cependant, plusieurs programmes ont le même type d'ambition. On peut citer en France Génoplante et EPIPAGRI.

Génoplante a été lancé en 1999. Bien que le programme associe recherche publique et recherche privée, la propriété intellectuelle des résultats appartient au secteur public.

EPIPAGRI (*Towards European Collective Management of Public Intellectual Property for Agricultural Biotechnologies*) est plus proche dans l'esprit de PIPRA, même si les objectifs à court terme sont plus modestes. Il est tout d'abord question d'élaborer un code de bonnes pratiques pour les relations entre la recherche publique et l'industrie, puis un système d'information sur les brevets et les licences. A terme, EPIPAGRI aidera les participants à concevoir des lots de brevets couvrant un domaine d'application.

([52] p. 9, pp. 54-55, [66] p. 173)

La liberté d'accès aux ressources génétiques des plantes cultivées est-elle contestée ?

Oui. Les pays localisés dans les zones d'origine des plantes cultivées trouvent injuste de n'en tirer aucun bénéfice. D'autant plus que ce sont généralement des pays pauvres. En revanche, les scientifiques qui travaillent à l'amélioration des plantes pensent que le système serait totalement bloqué s'il fallait rechercher tous les ayants droit. Il n'existe pas actuellement de solution conciliant les deux points de vue.

Il n'est pas simple de déterminer la part qui revient à chacun dans l'abondance actuelle des ressources génétiques car celles-ci se sont enrichies au cours des siècles lorsque les plantes ont été cultivées hors de leur aire d'origine.

([1] pp. 67-84, [20], [30] p. 78, pp. 101-103, pp. 111-112, pp. 164-165, [41], [60] p. 27)

Références

Dans la mesure du possible, Science & Décision facilite l'accès aux textes de référence utilisés pour construire ses dossiers.

Lorsque ces documents sont en accès libre, un lien hypertexte est établi entre le site de Science & Décision et le site d'origine des documents.

Lorsque l'accès aux documents est payant, il faut alors s'adresser aux revues concernées. Ceci étant, de nombreux documents sont disponibles dans les bibliothèques universitaires et dans les bibliothèques publiques. Pour savoir dans quelle bibliothèque le document qui vous intéresse est consultable, vous pouvez interroger la base de données SUDOC (système universitaire de documentation) à l'adresse suivante : <http://corail.sudoc.abes.fr/>. Cette base est mise en place par l'agence bibliographique de l'enseignement supérieur (établissement public placé sous la tutelle du ministère chargé de l'enseignement supérieur).

[1] Jean PERNES. Gestion des ressources génétiques des plantes – Manuel. Agence de coopération culturelle et technique. 1984. ISBN 92-9028-043-3.

[2] Max RIVES. L'amélioration des plantes. *La Recherche* n° 155, pp. 752-766. Mai 1984.
<http://www.larecherche.fr/arch/84/05>

[3] Claude MARTIN. La culture des plantes en éprouvette. *La Recherche*, n° 160, novembre 1984, p. 1362-1371.
<http://www.larecherche.fr/arch/84/11>

[4] Martine JOLLY. Merci M. Parmentier ou la gloire de la pomme de terre en 200 recettes. Editions Robert Laffont. Septembre 1985. ISBN 2-221-04653-6.

[5] Règlement (CE) n° 2100/94 du Conseil, du 27 juillet 1994, instituant un régime de protection communautaire des obtentions végétales. Commission européenne. 27 juillet 1994.
http://admi.net/eur/loi/leg_euro/fr_394R2100.html

[6] Gilles FUMEY. *L'agriculture dans la nouvelle économie mondiale*. Collection Major. Presses Universitaires de France. Janvier 1997. ISBN 2-13-0481-752.

[7] Directive 98/44/CE du Parlement européen et du Conseil du 6 juillet 1998 relative à la protection juridique des inventions biotechnologiques. Journal officiel n° L 213 du 30/07/1998 p. 0013 – 0021.
http://europa.eu.int/smartapi/cgi/sga_doc?smartapi!celexapi!prod!CELEXnumdoc&lg=fr&numdoc=31998L0044&model=guicheti

[8] Georges DUCREUX, Jacques DE BUYSER, Valérie DODEMAN, Robert HAÏCOUR, Danièle LAVERGNE, Aimé NATO, Aïcha OUICHOU, Emmanuel PICARD, Darashin SIHACHAKR. Recherches récentes et biotechnologies de la multiplication végétative. Cahiers d'études et de recherches francophones/Agricultures. Vol 7, Numéro 6, Novembre-Décembre 1998. <http://www.john-libbey-eurotext.fr/articles/agr/7/6/447/fr-resum.htm>

[9] Directive 98/95/CE du Conseil du 14 décembre 1998 modifiant, quant à la consolidation du marché intérieur, aux variétés végétales génétiquement modifiées et aux ressources génétiques des plantes, les directives 66/400/CEE, 66/401/CEE, 66/402/CEE, 66/403/CEE, 69/208/CEE, 70/457/CEE et 70/458/CEE concernant la commercialisation des semences de betteraves, des semences de plantes fourragères, des semences de céréales, des plants de pommes de terre, des semences de plantes oléagineuses et à fibres et des semences de légumes ainsi que le catalogue commun des variétés des espèces de plantes agricoles. Commission européenne. 14 décembre 1998.
http://europa.eu.int/smartapi/cgi/sga_doc?smartapi!celexapi!prod!CELEXnumdoc&lg=FR&numdoc=31998L0095&model=guichett

[10] Le secteur du Coton. Document de travail de la Direction Générale de l'Agriculture. Commission européenne. 1999. http://europa.eu.int/comm/agriculture/markets/cotton/reports/rep_fr.pdf

[11] GraphAgri Europe 1999. *L'agriculture dans l'Europe des Quinze*. Editions Agreste. Ministère de l'agriculture. 1999. ISSN 0998-4151.
http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/catalogue/cat_publications.asp?action=fiche&id=19

- [12] Rhône-Poulenc remporte un second procès contre la filiale de Monsanto DeKalb Genetics. 3 juin 1999. Information Services for Seed Professionals. <http://www.seedquest.com/News/releases/europe/RhonePoulenc/N1842.htm>
- [13] Yves DEMARLY. Phytogénétique. © 2000 Encyclopædia Universalis France S.A. DVD Version 6.
- [14] Economic Impacts of Genetically Modified Crops on the Agri-Food Sector. Commission européenne. 2000. <http://europa.eu.int/comm/agriculture/publi/gmo/fullrep/ch5.htm>
- [15] OGM Enjeux des recherches. Ministère de la Recherche. Février 2001. <http://www.recherche.gouv.fr/brochure/enjogm.pdf>
- [16] Pierre-Benoît JOLY, Stéphane LEMARIE, Claire MARRIS. Analyse économique du développement des cultures à base d'organismes génétiquement modifiés aux Etats-Unis. INRA. Avril 2001. <http://www.inra.fr/Internet/Directions/SED/science-gouvernance/pub/OGM-MinAg2001-Synth.pdf>
- [17] Bernard CHEVASSUS-AU-LOUIS. OGM et agriculture : options pour l'action publique. Commissariat général du plan. 2001. <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/BRP/014000692/0000.pdf>
- [18] Robert CHAPUIS, Patrick MILLE. *Systèmes et espaces agricoles dans le monde*. Collection U. Armand Colin. Septembre 2001. ISBN 2-200-25141-6.
- [19] Actes de l'atelier sur la sélection participative – Impliquer les utilisateurs dans l'amélioration des plantes. CIRAD. Montpellier les 5 et 6 septembre 2001. <http://www.cirad.fr/colloque/selpart/selpart.html>
- [20] Michel CHAUVET. Du voyage des plantes à la mondialisation des espèces cultivées. Mission Agrobiosciences. Novembre 2001. http://www.agrobiosciences.org/IMG/pdf/cahier_chauvet.pdf
- [21] Traité international sur les ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture. FAO. 6 novembre 2001. <ftp://ext-ftp.fao.org/ag/cgrfa/it/ITPGRf.pdf>
- [22] Tensioactifs et oléagineux Étude sur les matières premières oléagineuses disponibles sur le marché européen. ADEME AGRICE. Novembre 2001. <http://www.ademe.fr/htdocs/publications/publipdf/etude.pdf>
- [23] Ariel ALVAREZ-MORALES. Les biotechnologies : un outil que les pays en voie de développement ne peuvent pas négliger. In *OGM et alimentation – peut-on évaluer des bénéfices pour la santé ?* Colloque AFSSA. Décembre 2001. <http://www.afssa.fr/ftp/colloques/ogm1/12.pdf>
- [24] Qu'est-ce qu'un gène ? La Recherche n° 348, pp. 50-60. Décembre 2001. <http://www.larecherche.fr/arch/01/12>
- [25] OGM et alimentation humaine : impacts et enjeux pour le Québec. Conseil de la science et de la technologie du Québec. Canada. 15 janvier 2002. <http://www.cst.gouv.qc.ca/ftp/OGM/OGMDebut.pdf>
- [26] La culture in vitro. INRA. <http://www.inra.fr/Internet/Produits/dpenv/scienceauquotidien/ficheshtml/29C.htm>
- [27] La sélection du tournesol : une recherche jeune et dynamique. CETIOM – Centre technique interprofessionnels des oléagineux métropolitains. Février 2002. http://www.prolea.com/dossiers/TOURNESOL/TOURNESOL_SELECTION.PDF
- [28] Jean-François LIZOT, E. LAMMERTS VAN BUEREN, K. P. WILBOIS, L. LUTTIKHOLT, L. WOODWARD. La production et la sélection de semences biologiques. *Alter Agri* n° 52. Mars / Avril 2002. http://www.itab.asso.fr/fichiers_pdf/article%20AA/52%20semences.pdf
- [29] Anne-Katrin BOCK, Karine LHEUREUX, Monique LIBEAU-DULOS, Hans NILSAGARD, Emilio RODRIGUEZ-CEREZO. Scenarios for co-existence of GMO, conventional and organic crops. European commission. May 2002. http://www.jrc.es/projects/co_existence/Docs/coexreportipts.pdf
- [30] L'Amélioration des Plantes, continuités et ruptures. Colloque INRA. 18 octobre 2002. <http://www.inra.fr/gap/vie-scientifique/animation/colloque-AP2002/actes-complets.pdf>
- [31] Accessing agricultural biotechnology in emerging economies. OCDE. Novembre 2002. <http://www.oecd.org/dataoecd/36/47/31109243.pdf>

- [32] Guy KASTLER. Les systèmes de recherche et développement et l'innovation : L'exemple des semences. Dossier de l'environnement de l'INRA n°24. Novembre 2002. <http://www.inra.fr/dpenv/pdf/kastld24.pdf>
- [33] Bernard LE BUANEC, Georges PELLETIER, Jean-Noël PLAGES. La transgénèse végétale en agriculture. In *Les plantes génétiquement modifiées*. Académie des Sciences. Décembre 2002. http://www.academie-sciences.fr/publications/rapports/rapports_html/RST13.htm
- [34] Alain WEIL. Les plantes transgéniques : les pays en développement. In *Les plantes génétiquement modifiées*. Académie des Sciences. Décembre 2002. http://www.academie-sciences.fr/publications/rapports/rapports_html/RST13.htm
- [35] Karine LHEUREUX, Monique LIBEAU-DULOS, Hans NILSAGÅRD, Emilio Rodriguez CERESO, Klaus MENRAD, Martina MENRAD, Daniel VORGRIMLER. Review of GMOs under research and development and in the pipeline in Europe. Joint research centre. Commission européenne. Mars 2003. <http://www.jrc.es/gmoreview.pdf>
- [36] Cellules souches et clonage : l'humain, un cas à part ? Dossier *Science & Décision*. Mars 2003. <http://www.science-decision.net/cgi-bin/topic.php?topic=CLO>
- [37] Thierry ROBERT, Anne LUXEREAU, Cédric MARIAC, Kairou ALI, Clémentine ALLINNE, JibrilBANI, Yacouba BEIDARI, Gilles BEZANÇON, Sonia CAYEUX, Emmanuel COUTURON, Valérie DEDIEU, Djibo MOUSSA, Mammane Sani SADOU, Moumouni SEYDOU, Ousmane SEYNI, Moussa TIDJANI, Aboubakry SARR. Gestion de la diversité en milieu paysan : influence de facteurs anthropiques et des flux de gènes sur la variabilité génétique des formes cultivées et spontanées du mil (*Pennisetum glaucum* ssp. *glaucum* et ssp. *monodii*) dans deux localités du Niger. Les Actes du BRG. 4 (2003) 223-245. <http://www.brg.prd.fr/brg/textePdfs/LaChatre/Robert.pdf>
- [38] R.E. EVENSON, D. GROLLIN. Assessing the impact of the green revolution: 1960-2000. *Science*, 300 (2003) 758-762.
- [39] Elisio CONTINI. Agriculture brésilienne : état des lieux et grands enjeux. Mission Agrobiosciences. Juin 2003. http://www.agrobiosciences.org/IMG/pdf/cahier_contini.pdf
- [40] Accessing agricultural biotechnology in emerging economies. OCDE. 2003. <http://www.oecd.org/dataoecd/36/47/31109243.pdf>
- [41] Michel CHAUVET. La biodiversité ballottée entre intérêt vital et intérêts particuliers. Mission Agrobiosciences. 2003. <http://www.agrobiosciences.org/IMG/pdf/chaudet-96-99.pdf>
- [42] L'industrie des biotechnologies : contraintes et opportunités. Octobre 2003. <http://www.science-decision.net/cgi-bin/topic.php?topic=BIO>
- [43] Pierre-Benoît JOLY, Bertrand HERVIEU. La marchandisation du vivant – Pour une mutualisation des recherches en génomique. *Futurible* n° 292. Décembre 2003.
- [44] Limagrain et KWS renforcent leurs positions en semence de maïs aux Etats-Unis. SeedQuest News section. 4 janvier 2005. <http://www.seedquest.com/News/releases/2005/january/10933.htm>
- [45] Les productions végétales. BIMA Chiffres. Agreste Ministère de l'agriculture. Janvier 2004. <http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/ulf/agreste/reperes/bima2004n10.pdf>
- [46] Yves BLANCHARD. Le radar 1904-2004 Histoire d'un siècle d'innovations techniques et opérationnelles. Ellipses. Février 2004. ISBN 2-7298-1802-2
- [47] Frank VAN TONGEREN, Jikun HUANG. Development of China's food economy and its impact on global trade and on the EU. Agricultural Economics Research Institute (LEI), The Hague. February 2004. http://www.lei.dlo.nl/publicaties/PDF/2004/6_xxx/6_04_04.pdf
- [48] Dossier OGM 2003 – 2004. Académie d'Agriculture. Mars 2004. http://www.academie-agriculture.fr/files/publications/2003-2004_dossier_ogm.pdf
- [49] Triticale gets the best of both worlds — wheat and rye. 8 mars 2004. http://www.innovationsreport.de/html/berichte/agrар_forstwissenschaften/bericht-26609.html

- [50] La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture – Les biotechnologies agricoles, une réponse aux plus démunis ? Collection FAO Agriculture n° 35. 2004. ISBN 92-5-205079-5.
<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/006/y5160f/>
- [51] OGM et alimentation : peut-on identifier et évaluer des bénéfices pour la santé ? Étude au travers de 4 exemples : les plantes résistantes à des insectes ; la betterave tolérante au glyphosate ; l'enrichissement en vitamine A : cas du riz doré ; des microorganismes génétiquement modifiés. AFSSA. 13 mai 2004.
<http://www.afssa.fr/ftp/afssa/2004-SA-0246-B%C3%A9n%C3%A9fices-OGM.pdf>
- [52] Alain WEIL. Vers une mutualisation européenne de la propriété intellectuelle publique en biotechnologies à vocation agronomique. Rapport du groupe de travail « Cirad, Cnrs, Ifremer, Inra et Ird ». CIRAD. 17 juin 2004.
http://www.cirad.fr/upload/fr/communiquer/rap_final.pdf
- [53] Carl E. PRAY, Prajakta BENGALI, Bharat RAMASWAMI. Costs and Benefits of Biosafety Regulation in India: A Preliminary Assessment. International Consortium on Agricultural Biotechnology Research (ICABR). 8th ICABR International Conference on Agricultural Biotechnology: International Trade and Domestic Production. Ravello (Italy), July 8 - 11, 2004.
<http://www.economia.uniroma2.it/conferenze/icabr2004/papers/Pray.C.zip>
- [54] Le Fonds de Soutien à l'Obtention Végétale (FSOV) : 7 nouveaux programmes retenus en 2004. Groupement national interprofessionnel des semences et plants. Juillet 2004.
<http://www.gnis.fr/pages/actu11.asp?art=270&cib=pr>
- [55] Bernard TEYSSENDIER DE LA SERVE, Michel TROMMETER. Protection et diffusion des résultats de génomique et biotechnologies végétales : quels enjeux pour la recherche publique ? In *La génomique en biologie végétale*. J.-F. MOROT-GAUDRY et J.-F. BRIART eds. INRA. 2004. ISBN 2-7380-1167-5.
http://bief.org/?fuseaction=C.Titre&Tid=3017&RDV=0&Catalogue_id=32&E=104
- [56] Coût de production, revenu stabilisé et caractéristiques techniques. La Financière agricole Québec. 19 juillet 2004. http://www.financiereagricole.qc.ca/fr/fr.php?l_id=489
- [57] LG Seeds announces addition of 11 new corn hybrids, 13 new soybean varieties, and a new alfalfa variety for the 2004/2005 season. SeedQuest News section. 4 août 2004.
<http://www.seedquest.com/News/releases/2004/august/9489.htm>
- [58] Jikun HUANG, Ruifa HU, Carl PRAY, and Scott ROZELLE. Plant biotechnology in China public: investments and impacts on farmers. *4th International Crop Science Congress*. September 2004.
http://www.regional.org.au/au/cs/2004/symposia/3/8/1105_huangj.htm
- [59] Monty JONES. From Asia to Africa – NERICA fighting Africa's war against poverty and hunger. Paper presented at the International Year of Rice & World Food Prize Celebration. October 14–15 2004, Des Moines, Iowa, USA. <http://www.worldfoodprize.org/Symposium/04presentations/jones.pdf>
- [60] Tout sur les semences. Groupement national interprofessionnel des semences et plants. Novembre 2004.
<http://www.gnis.fr/pages/actu11.asp?art=167&cib=pr>
- [61] Le contrôle officiel et la commercialisation des semences dans les pays de l'Union européenne. Groupement national interprofessionnel des semences et plants. Novembre 2004. http://www.gnis.fr/pages/2_4.htm
- [62] Base de données agricoles. FAO. <http://faostat.fao.org>
- [63] Les semences dans le monde. La lettre Semences. Groupement national interprofessionnel des semences et plants. <http://www.gnis.fr/lettre/020.htm>
- [64] Cotton: background. United States Department of Agriculture. Economic research service – Briefing room. <http://www.ers.usda.gov/Briefing/Cotton/background.htm>
- [65] Clive JAMES. Global Status of Commercialized Transgenic Crops: 2004. ISAAA. 12 January 2005.
<http://www.isaaa.org/>
- [66] Rapport de M. Christian MENARD sur les enjeux des essais et de l'utilisation des organismes génétiquement modifiés n° 2254, déposé le 13 avril 2005. Tome I – Rapport. Assemblée nationale.
<http://www.assemblee-nationale.fr/12/pdf/rap-info/i2254-t1.pdf>

[67] Rapport de M. Christian MENARD sur les enjeux des essais et de l'utilisation des organismes génétiquement modifiés n° 2254, déposé le 13 avril 2005. Tome II – Auditions. Assemblée nationale. <http://www.assemblee-nationale.fr/12/pdf/rap-info/i2254-t2.pdf>

[68] Annotated bibliography on the economic and socio-economic impact of agricultural biotechnology in developing countries. FAO. May 2005. <ftp://ftp.fao.org/sd/SDR/SDRR/bibliography1.pdf>



Le CNRS et l'Université d'Evry Val d'Essonne ont créé *Science et Décision* pour apporter une aide aux élus et autres décideurs confrontés à des questions ayant une forte composante scientifique ou technique.

Les dossiers de *Science et Décision* apportent :

- une information fiable, synthétique et compréhensible,
- un accès direct aux sources les plus pertinentes,
- un gain de temps et d'efficacité.

Les dossiers de *Science et Décision* en ligne en octobre 2006

Energie : production, consommation, où en est-on ?

Les économies d'énergie : choix ou nécessité ?

Les transports urbains en France : des solutions techniques mais une gestion politique est nécessaire

Internet : facteur d'intégration ou d'exclusion ?

Gestion des déchets organiques et des boues : un choix local

La protection de la nature et des paysages sur le littoral atlantique : que préserver au sein de la biodiversité ? Comment procéder ?

L'industrie des biotechnologies : contraintes et opportunités

Cellules souches et clonage : l'humain, un cas à part ?

Biotechnologies, brevets et agriculture : une nouvelle donne ?

Les OGM dans l'alimentation et l'agriculture : qui est concerné ? existe-t-il des risques ?

La vache folle : analyse d'une crise et perspectives d'avenir

Science et Décision – UMS 2293 CNRS/Université d'Evry – Université Pierre et Marie Curie,
boîte courrier 28 – 4 Place Jussieu 75252 Paris cedex 05 – tel. 01 60 87 37 23 – contact@science-decision.fr

Directeur de la publication : Alain Hénaut – **Directrice de la rédaction** : Florence Javoy

Conception et réalisation : Madison Square Communication madison-square@wanadoo.fr

Illustrations : Antoine Chereau