LA QUATRIEME RESSOURCE

Le Patrimoine Génétique Végétal

Par Luc Rousseaux

PIONEER FRANCE MAÏS / Privat

LA QUATRIEME RESSOURCE

Le Patrimoine Génétique Végétal

LA QUATRIEME RESSOURCE

Le Patrimoine Génétique Végétal

Par Luc Rousseaux

PIONEER FRANCE MAÏS / Privat

Edition 1988
© 1987, Pioneer France Maïs, pour le texte.
1987, Pioneer France Maïs/Privat, pour la présente édition.
ISBN 2.7089.9112.4.

LA QUATRIEME RESSOURCE

Le Patrimoine Génétique Végétal

Par Luc Rousseaux

PIONEER FRANCE MAÏS / Privat

Maintenir les « ressources génétiques », c'est veiller à ne pas empêcher la poursuite de l'évolution pour un nombre croissant de formes vivantes dont la diversité conditionne l'équilibre de la biosphère.

A. Cauderon.

La mémoire des semences, c'est la mémoire des civilisations rurales et des hommes qui les ont façonnées.

J. Grall – B. R. Lévy.

Sommaire

Avant-propos des Editeurs 9

Préambule 10

1 – La quatrième ressource 13

Introduction 14
Un révolutionnaire nommé Norin 10 16
La substance de la vie, le germoplasme 18
Un programme biologique 20
La carte au trésor 23
Des pois de Mendel aux gènes baladeurs de McClintock 26

2 – La vie du patrimoine génétique .. 31

Les ponts botaniques 33
Des gestes créateurs 37
De la population à l'hybride 42
Les biotechnologies : • cultures *in vitro* 44
• deux découvertes capitales 46

3 – Les enjeux 49

LA SCIENCE :
• Un progrès permanent : Donald N. Duvick 51
• Un sélectionneur prudent : M. Rives 58
LE DROIT :
• Le cas Chakrabarty 63
• Les gènes sont-ils le patrimoine commun de l'humanité ? 64

Conclusion : Un délai de réflexion 69

Chronologie 74

Glossaire 77

L'auteur : Ingénieur Agricole et journaliste, **Luc Rousseaux** a collaboré pendant 8 ans à *la France Agricole.*
Devenu journaliste indépendant, il s'intéresse tout particulièrement aux recherches dans le domaine du vivant et à leur vulgarisation.

Avant-propos des Editeurs

Les semences sont apparues depuis quelques années au premier plan de l'actualité, que ce soit par l'attrait qu'elles ont exercé sur de grands groupes économiques internationaux ou par le développement de sciences nouvelles regroupées dans l'ensemble des biotechnologies.

Présentées comme nouveau lieu stratégique de l'an 2000, parfois accusées d'être le domaine de monopoles peu justifiés, les semences ont surtout été envisagées à travers l'expression de leur potentiel dans les plantes et les récoltes.

Ce n'est pourtant là que la partie visible de l'iceberg dont il restait à explorer la partie immergée et à retracer l'histoire. Le livre récent d'un journaliste américain — *Steven C. Witt** — lève, sur le mode très libre et volontiers polémique qu'affectionnent les lecteurs d'Outre-Atlantique, un coin de voile et, à ce titre, il méritait d'être connu du public francophone. Il était l'occasion d'attirer l'attention des responsables, spécialistes ou non, de notre agriculture sur l'importance des ressources génétiques végétales et de leur gestion.

Nous avons confié à *Luc Rousseaux*, journaliste indépendant ayant une longue expérience des productions végétales, la tâche de faire, à l'usage d'un large public, le point des recherches sur le « germplasm ». Le but que nous recherchons n'est autre que d'alimenter la réflexion sur l'une des bases de notre agriculture.

Pierre Sarazin

* **« Biotechonology and Genetic Diversity »** by Steven C. Witt — 1985 — California Agricultural Lands Project, 227 Clayton Street, San Francisco, Californie 94117.

Préambule

Biotechnologie et diversité génétique : sous ce titre neutre se développe un texte très incisif et par endroits polémique. Steven C. Witt entre dans la lignée des journalistes américains, de ces journalistes de terrain dont le style rugueux étonne leurs confrères européens plus enclins à l'analyse et volontiers moralisateurs.

L'auteur est aussi très américain par le fait que son enquête menée auprès de deux cents spécialistes, s'est déroulée pour l'essentiel auprès des firmes, des universités et des administrations des Etats-Unis. Rares sont les chercheurs non anglo-saxons qui figurent sur son carnet d'adresses à côté de André Cauderon, Inspecteur Général de l'INRA. Le nom du Professeur Montagu, dont l'équipe de Plant Genetic Systems, Gand (Belgique), est pourtant considérée comme l'une des meilleures au monde en génétique végétale, n'y figure pas. On chercherait aussi en vain des références du Japon, pourtant l'un des pôles incontournables pour les biotechnologies.

L'ouvrage de Steven C. Witt nous aura donc servi de référence plus que de guide dans l'élaboration de cette plaquette. Une soixantaine de pages, c'est trop peu pour développer et étayer une thèse, si telle avait été notre intention. Cela suffit pour poser les termes du débat, présentés selon la distinction classique dans l'étude des techniques : les matériaux, les outils, les acteurs.

Le dossier comporte donc trois parties :

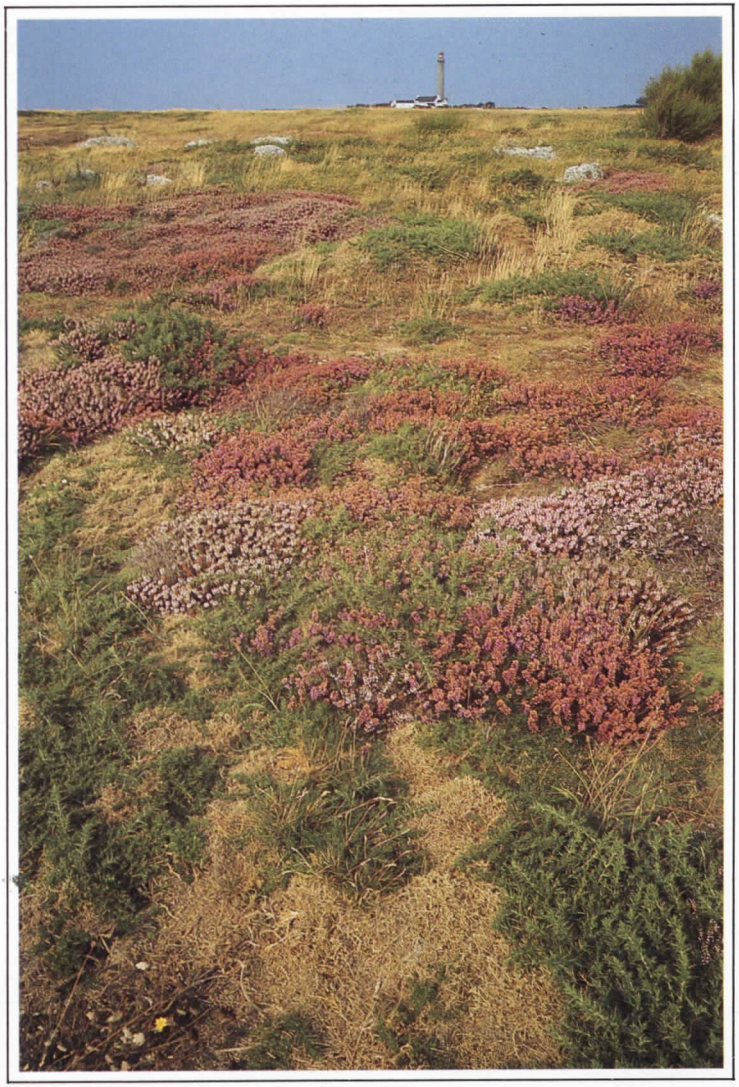
La quatrième ressource

La vie du patrimoine génétique

Les enjeux : la science, le droit

Le lecteur ne s'étonnera pas de l'absence d'une véritable conclusion. Conclure aurait été une façon de clore le débat avant même qu'il ne s'ouvre.

Luc Rousseaux



La vie du patrimoine génétique

1

La quatrième ressource

La quatrième ressource

Il existe une quatrième ressource. Il s'agit du « germplasm ».

« Si vous demandez à des scientifiques spécialisés dans l'agriculture d'énumérer nos ressources naturelles, la plupart répondront probablement : « le sol, l'eau et l'air ». Il existe pourtant une quatrième ressource qui, pendant de nombreuses années, a suscité peu d'intérêt. Il s'agit du "germplasm" (*), la ressource naturelle vitale qui fait de la Terre une planète unique — autant que nous le sachions — dans le système solaire ».

Conclusions du Forum sur la Recherche en Sélection Végétale de 1983, Pioneer Hi-Bred International, Inc.

Le contrôle de la création des variétés est un instrument de puissance.

« ... Le contrôle de la création des variétés et de la production de leur semence est un instrument de puissance pour une entreprise ou pour une nation, puissance qu'elles n'apprécieront sans doute qu'avec un délai de dix à vingt ans ... ».

Extrait du Rapport : Sciences de la Vie et Société, 1979, De MM. François Gros, François Jacob et Pierre Royer.

* Le terme "germplasm", couramment utilisé par les sélectionneurs anglo-saxons, ne correspond pas à un concept scientifique défini, pas plus, d'ailleurs, que les expressions "ressources génétiques" ou "matériel génétique" préférées par les chercheurs de l'INRA. Des textes publiés par la F.A.O. utilisent encore la vieille traduction "plasma germinatif". L'anglicisme "germoplasme" a été introduit par M.A. Sasson, Directeur Scientifique à l'Unesco, dans son ouvrage "Biotechnologie et Pays en Voie de Développement", Ed. Unesco-Biofutur, 1986. Plutôt que de recourir à cet anglicisme peu satisfaisant d'un point de vue lexical, nous avons préféré utiliser soit l'expression "patrimoine génétique" soit, pour des raisons de commodité, le terme anglais "germplasm", ces deux dénominations ayant l'avantage de donner aux ressources génétiques une connotation dynamique et évolutive.

La quatrième ressource

La ressource qui fait de la terre une planète unique.

La génétique est devenue un enjeu comparable au nucléaire.

La génétique est devenue un enjeu essentiel, comparable au nucléaire. Comme l'énergie atomique, la génétique peut bouleverser l'équilibre social et économique d'un pays ou servir à son développement et les « puissances génétiques » détiendront, si elles ne le détiennent déjà, un moyen d'influence équivalent aux « puissances atomiques », ... d'où l'âpreté des débats autour du « patrimoine génétique ».

Un révolutionnaire nommé Norin 10

En 1957 le Mexique devient autosuffisant en blé.

En 1943, la Fondation Rockefeller, conjointement avec le gouvernement mexicain, envoya au Mexique quelques-uns des meilleurs sélectionneurs du monde pour atteindre un objectif précis : rendre plus productives les cultures alimentaires les plus importantes du Mexique, notamment le blé et le maïs.

« La seule chose qui manquait aux sélectionneurs végétaux du Mexique, c'était le « bon » "germplasm" — un "germplasm" qui puisse offrir une bonne résistance à la rouille de la tige, maladie qui faisait régulièrement chuter les rendements de blé au cours des étés mexicains humides. Ce "germplasm", ils le trouvèrent dans des variétés de blé créées aux Etats-Unis, en Amérique du Sud, en Australie et en Nouvelle-Zélande. Il fallut les 10 ans habituels pour transférer les gènes résistants à la rouille dans les variétés mexicaines mais, pour la première fois en 1957, le Mexique devenait autosuffisant en blé ».

Les trois plantes qui ont révolutionné la culture mondiale du blé.

Une seconde étape visait, souligne S.C. Witt, à augmenter le rendement de ces blés, en les rendant capables de supporter des doses élevées d'azote. La difficulté consistait à raccourcir la paille sans raccourcir l'épi.

En 1946, le Dr. D. C. Salmon, spécialiste de l'agriculture et conseiller militaire des Etats-Unis au Japon, tomba par hasard sur des blés nains du nom de « Norin 10 ». Salmon envoya 16 exemplaires de Norin 10 aux Etats-Unis où le Dr. Orville A. Vogel, chercheur de l'USDA* qui travaillait à la Station d'Expérimentation Agricole de Pullman (Washington), les croisa avec une variété moderne qu'il avait lui-même mise au point, « Brevor ». En 1953, Vogel envoya ce croisement — Norin 10 x Brevor — à Norman Borlaug, le sélectionneur qui dirigeait l'équipe Rockefeller au Mexique. Celui-ci entreprit le croisement avec des blés mexicains résistants à la rouille, créant des milliers de descendants. Trois d'entre eux seulement furent retenus pour créer les blés de la « Révolution Verte » ; ceux-ci furent semés pour

* USDA : Département de l'Agriculture des Etats-Unis.

la première fois au Mexique en 1962 et, dès 1968, ils étaient présents en Inde et au Pakistan. Ces trois plantes constituèrent le point de départ d'une sélection vigoureuse à partir de laquelle furent produits des millions d'hectares de blé. L'utilisation spécifique nanisante de Norin 10 eut des répercussions sur l'approvisionnement en nourriture d'un quart de la population mondiale (plus d'un milliard de personnes) et, pour plus de 100 millions d'êtres humains, cela représentait la marge de survie. Cette caractéristique issue d'une race locale japonaise a littéralement transformé la culture mondiale du blé.

Rendre plus productives les cultures alimentaires.

La substance de la vie : Gènes et "Germplasm"

Bien que le mot « génétique » n'apparaisse qu'en 1906, le mot gène en 1909 et l'expression « ressources génétiques » en 1967, l'existence d'une substance contenant les caractères héréditaires avait été découverte dès le siècle dernier. En 1883, l'Allemand August Weissmann utilisa, pour la première fois, le terme « germplasm », combinant « germe » — ce qui est à l'origine de toute vie — et « plasm », le matériau vivant.

Le patrimoine génétique contrôle l'hérédité et détermine son mode de transmission.

Les mots « gènes » et « germplasm » désignent tous deux du matériel génétique, pourtant ils ne sont pas vraiment synonymes, souligne S. C. Witt.

« Le "germplasm" est le matériau qui contrôle l'hérédité, la somme des caractéristiques et du potentiel génétiques. Il détermine le mode de transmission de l'hérédité dont les gènes ne sont qu'un des éléments ».

Le "germplasm" contient quelque chose de plus que les gènes, quelque chose qui intervient dans la transmission du patrimoine génétique. Quant à connaître la nature exacte de ce quelque chose, les chercheurs en sont réduits aux hypothèses.

Le "germplasm" désigne en effet non seulement le support de l'hérédité, mais aussi les diverses formes que peut prendre cette hérédité : il peut désigner une des 100 000 graines de pétunia que peut contenir une simple cuillère à café, ou bien les millions de pommiers de la variété Golden, tous issus d'un même pied d'origine.

Il peut aussi bien se présenter sous la forme d'une simple pousse prélevée sur une plante par un jardinier amateur pour servir de bouture qu'être contenu dans les gènes ou groupes de gènes incorporés dans des plasmides bactériens par les soins d'un spécialiste en biologie moléculaire.

Le « germplasm » peut se présenter sous la forme d'une simple pousse ...

Un programme biologique

Les gènes sont des granules d'information assemblés en programmes biologiques.

Sans vouloir verser dans l'anthropomorphisme, nous pourrions dire que le "germplasm" désigne tout à la fois la mémoire ou le savoir des plantes inclus dans les gènes et la façon dont cette mémoire, ce savoir, s'expriment dans des formes aussi variées que peuvent l'être l'écriture, le langage, l'architecture ou l'habillement comme expressions de la mémoire et du savoir humain. De même que ces formes d'expression évoluent dans le temps et dans l'espace, les formes matérielles que peut prendre le "germplasm" varient selon les époques et les pays, sous l'effet de l'évolution naturelle et des interventions humaines. En somme, il y a les gènes, « granules d'information », et leur assemblage structuré formant un « programme biologique » dont les expressions varient avec les milieux dans lequel cet ensemble est placé.

Les généticiens sont les archéologues des gènes.

Steven C. Witt compare d'ailleurs les généticiens à des archéologues des gènes décryptant des codes et des messages très sybillins. Insistant sur l'aspect évolutif du "germplasm" et sur son caractère vagabond, il écrit :

« Recueillies par les vents, les vagues, les oiseaux et les animaux, les semences ont parcouru la terre bien avant que les humains n'aient émergé de la boue originelle ».

Il y voit un argument à l'appui de la thèse qu'il défend. Pour résumer, les pays n'auraient aucun droit à faire valoir sur les ressources génétiques qui s'y trouvent, ce qu'un chercheur en biologie moléculaire travaillant pour Calgène, un laboratoire privé de biotechnologie, exprime en ces termes : « ce qui compte, ce sont les gènes exprimés ».

Recueillies par les vents, les vagues, les oiseaux et les animaux, les semences ont parcouru la terre.

La carte au trésor

Si, dans le début des années 1930, l'Union Soviétique put apparaître comme le premier centre mondial de génétique végétale, elle le doit à Vavilov. Steven C. Witt lui rend un hommage appuyé :

Un fabuleux collectionneur : Vavilov.

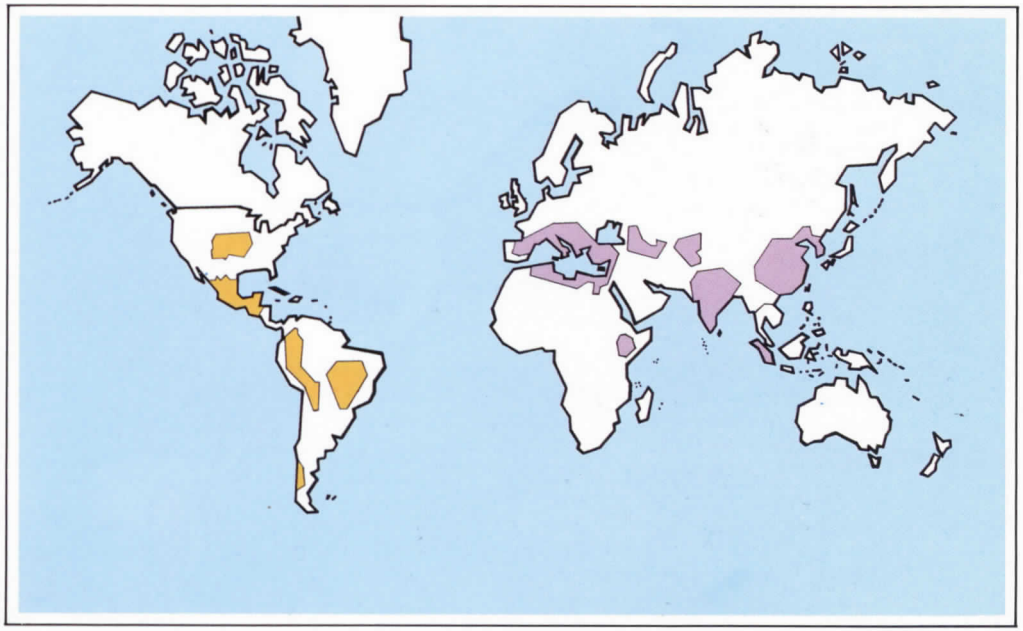
« Collectionneur de plantes le plus boulimique que l'histoire ait connu, Vavilov fut le premier à essayer de « ratisser le globe » à la recherche de nouvelles espèces végétales, et il y réussit presque. Il ne lui manqua que l'Afrique de l'Ouest. A partir de 1916 environ jusque vers le milieu des années 30, il organisa des expéditions en Iran, en Turquie, en Ethiopie, en Afghanistan, en Chine et au Pérou. Il établit 400 instituts de recherche comptant plus de 20 000 employés ; il construisit la plus vaste collection de plantes au monde, avec plus de 50 000 espèces de fleurs sauvages, 2 800 spécimens de maïs, 31 000 échantillons de blé et d'autres encore. Et il dirigea l'Académie Nationale Lénine des Sciences Agricoles de 1920 à 1940 ».

« Mais la contribution la plus importante de Vavilov, ce fut sa grande carte du trésor génétique. Il fut le premier à établir une cartographie générale des régions du monde où l'on peut trouver les plus importantes concentrations de diversité génétique. Ces 9 « centres de diversification » (depuis lors passés à 12 ; voir la Grande Carte du Trésor Génétique) sont essentiellement situés à proximité de l'équateur, dans des régions intouchées par les glaciers, les plus anciennes où les hommes aient fait pousser des plantes ; c'est donc là qu'on peut trouver la plupart des races indigènes, espèces sauvages et mauvaises herbes apparentées aux plantes agricoles modernes ».

La gloire de Vavilov tourne court. En 1941, son rival, Lissenko, parvient à le faire désavouer et juger pour sabotage de l'agriculture et espionnage.

Lénine s'efface devant Vavilov.

En janvier 1943, Vavilov meurt de malnutrition dans une cellule de prison. Vingt-cinq ans plus tard, l'Union Soviétique lui rend justice et donne son nom à l'Institut National des Plantes, précédemment dédié à Lénine.



La grande carte du trésor génétique

Cette carte montre les 12 régions du monde — appelées *centres de diversité* — où se trouvent les plus fortes concentrations de "germplasm" important pour l'agriculture moderne et la production alimentaire mondiale. Certaines des cultures énumérées ci-dessous sont, de toute évidence, originaires de leurs centres de diversité respectifs mais, pour la plupart, nul ne connaît avec certitude l'endroit exact où elles sont apparues pour la première fois sur la terre.

La quatrième ressource

TIRÉ de WORLD AND SCIENCE

Le Nouveau Monde

1. Mexico-Guatemala

Amarante
Cacao
Coton
Courge
Goyave
Haricots
Maïs
Noix de cajou
Patate douce
Papaye
Poivre de Cayenne
Tabac
Tomate

2. Pérou — Equateur — Bolivie

Cacao
Coton
Courge
Goyave
Haricots
Maïs
Papaye
Poivre de Cayenne
Pomme de terre
Quinoa
Quinquina
Tabac
Tomate

3. Sud du Chili

Fraise du Chili
Pomme de terre

4. Brésil — Paraguay

Ananas
Arachide
Cacao
Hévéa
Manioc
Noix du Brésil
Noix de cajou

5. Etats-Unis

Airelle
Canneberge
Noix Pécan
Riz sauvage
Topinambour
Tournesol
Vigne sauvage

L'Ancien Monde

6. Ethiopie

Banane
Blé
Café
Gombo
Lin
Oignon
Orge
Ricin
Sésame
Sorgho

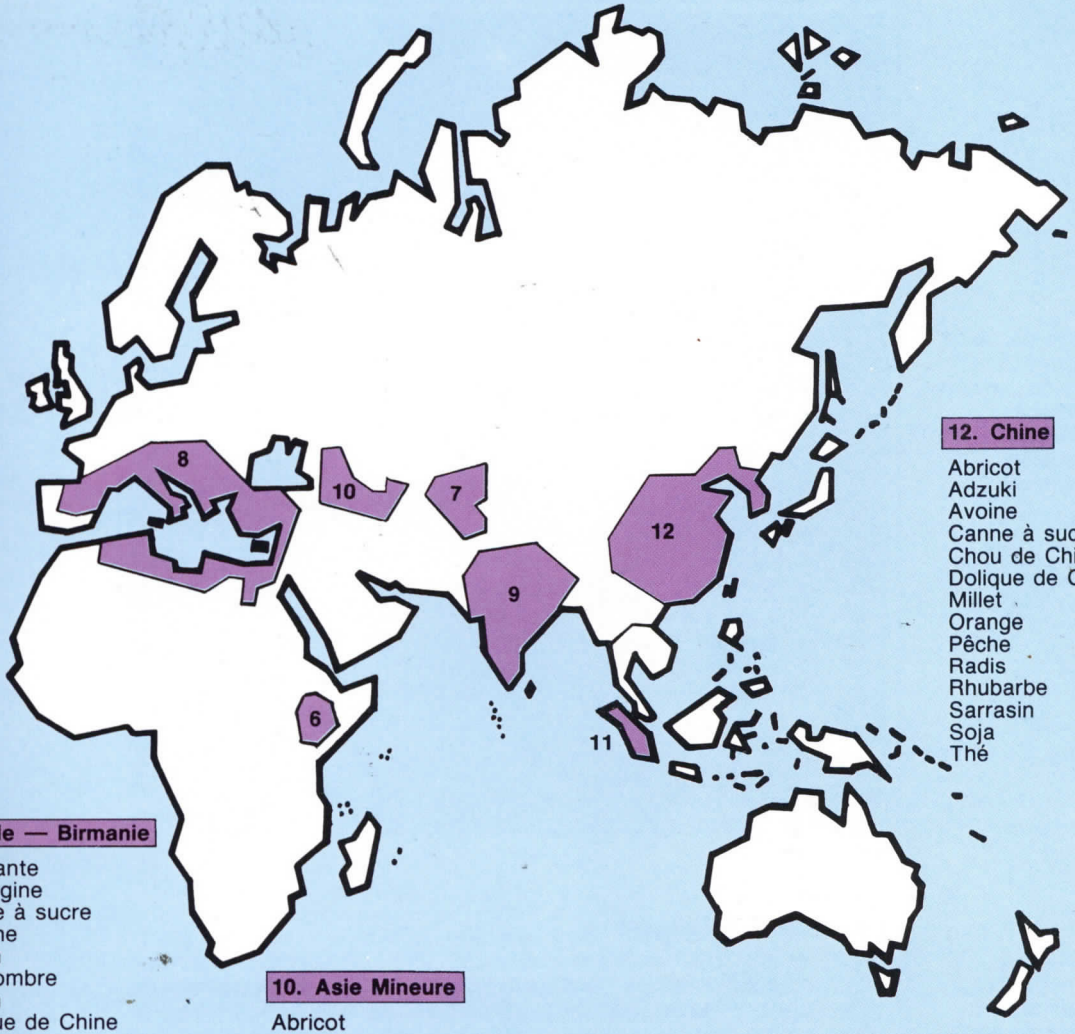
7. Centre de l'Asie

Abricot
Amande
Blé
Cantaloup
Carotte
Channe

Coton
Epinard
Fève
Lentilles
Lin
Moutarde
Navet
Oignon
Poire
Pois
Pois chiche
Pomme
Sésame
Vigne

8. Bassin Méditerranéen

Asperge
Avoine
Betterave
Blé
Carotte
Chicorée
Chou
Houblon
Laitue
Olive
Panais
Rhubarbe



12. Chine

Abricot
Adzuki
Avoine
Canne à sucre
Chou de Chine
Dolique de Chine
Millet
Orange
Pêche
Radis
Rhubarbe
Sarrasin
Soja
Thé

9. Inde — Birmanie

Amarante
Aubergine
Canne à sucre
Channe
Citron
Concombre
Coton
Dolique de Chine
Igname
Jute
Mangue
Millet
Noix de bétel
Orange
Pois chiche
Poivre de bétel
Poivre noir
Riz
Taro

10. Asie Mineure

Abricot
Amande
Avoine
Betterave
Blé
Carotte
Cerise
Chou
Figue
Grenade
Lentille
Lin
Luzerne
Oignon
Orge
Palmier dattier
Pavot somnifère
Pistache
Pois
Poire
Seigle
Vigne

11. Thaïlande — Malaisie — Java

Arbre à pain
Arec
Banane
Igname
Gingembre
Noix de coco
Pamplemousse

Des petits pois de Mendel aux gènes baladeurs de McClintock

Les lois de l'hérédité découvertes par Mendel demeurèrent longtemps ignorées ...

Vavilov connut les plus grands honneurs et les pires humiliations. Le moine Mendel n'eut ni les uns ni les autres. L'inventeur de la génétique mourut comme il vécut, dans l'anonymat d'un couvent.

Steven C. Witt s'attache à réparer cette injustice.

« Imaginez que vous passiez 22 ans de votre vie à étudier les pois, des dizaines de milliers de pois. Vous auriez besoin d'une bonne dose de foi. Ce fut le cas du Père Grégor Mendel, un Augustin qui commença à étudier les pois en 1843 et, 30 000 pieds de pois plus tard, en 1865, parvint à la conclusion que certains "facteurs" (plus tard appelés gènes) déterminaient les caractères ou caractéristiques transmises d'une génération à l'autre. A partir de ses observations, Mendel établit les lois de l'hérédité qui allaient devenir plus tard la pierre d'angle de la génétique moderne.

Lorsque Mendel fit part de sa découverte dans un discours à la Société de Science Naturelle de Brunn (Autriche), ses contemporains l'accueillirent avec indifférence. La vérité, c'est que cette découverte les dépassait complètement ».

Les gènes baladeurs

Avant d'être bousculées par les gènes sauteurs de B. McClintock.

En 1900, seize ans après sa mort, trois savants, effectuant chacun de leur côté des recherches bibliographiques de même nature, redécouvrent simultanément ses travaux et en perçoivent enfin la signification. Cette même année, naissait Barbara McClintock.

D'où tenait-elle sa passion pour la sélection ? Nul ne le sait, mais cette passion lui permit de venir à bout de tous les obstacles. A l'époque, il n'était pas bien vu qu'une jeune fille s'inscrive à l'Université. En dépit des réticences familiales, elle parvient à suivre les cours de l'Université Cornell,

Barbara McClintock découvre et démontre l'existence des gènes « sauteurs ».

mais se voit interdire l'accès aux travaux de sélection végétale. Obstinée, elle commencera par faire de la botanique, pour enfin se tourner vers la génétique du maïs, science à laquelle elle consacrera toute sa vie.

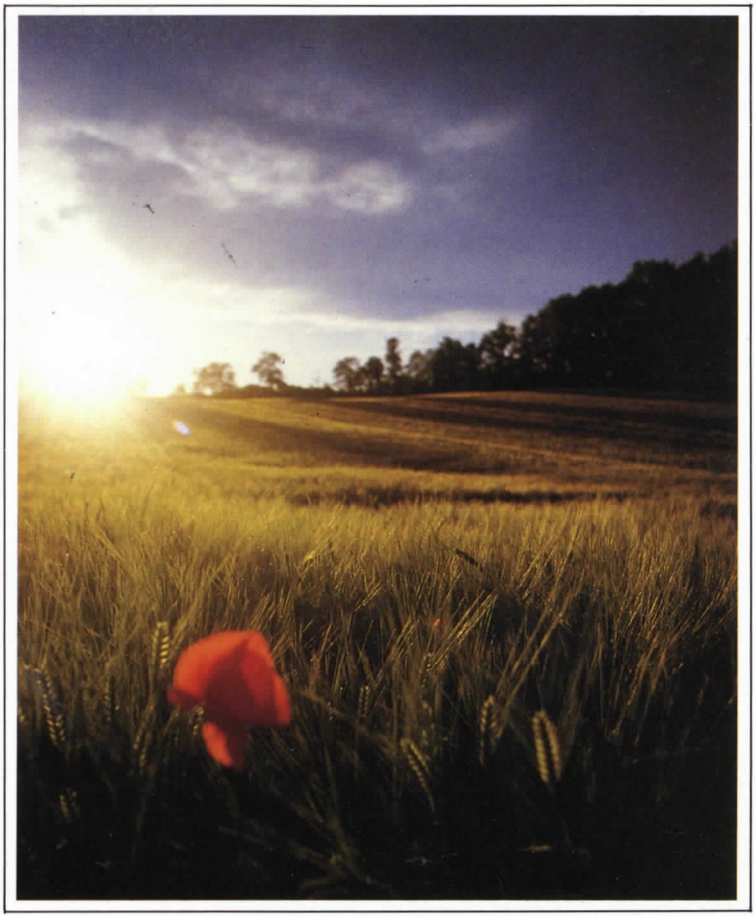
C'est ainsi qu'elle découvrira et démontrera l'existence des gènes « sauteurs », ces gènes qui, au lieu de rester sagement en place, peuvent se déplacer d'un point à un autre du chromosome. Ces sauts entraînent des modifications des gènes eux-mêmes, ainsi que de leur enchaînement le long du chromosome. Ils provoquent de la sorte des mutations du matériel génétique et des modifications dans les caractéristiques des plantes.

La génétique attend son Einstein

Cette découverte vaudra en 1983 à Barbara McClintock, de devenir la première femme américaine à gagner seule le Prix Nobel. Sa longue attente n'avait en rien altéré son enthousiasme. Peu après, elle écrivait dans le magazine Science :

« Parce que je me suis intéressée activement à la génétique 21 ans seulement après la redécouverte en 1900 des principes de l'hérédité de Mendel ... j'ai eu le plaisir d'être un témoin actif de l'enthousiasme soulevé par les changements révolutionnaires qui ont marqué la science génétique depuis une soixantaine d'années. Je suis convaincue que nous sommes actuellement en train de vivre une autre révolution de ce type. Elle modifie nos concepts du génome : les parties qui le composent, leur organisation, leur mobilité, et leurs modes d'opération ... Indubitablement, nous sortirons de cette période révolutionnaire avec une vision modifiée des composantes des cellules et de la

La génétique attend son Einstein



Le domaine à explorer est si vaste ...

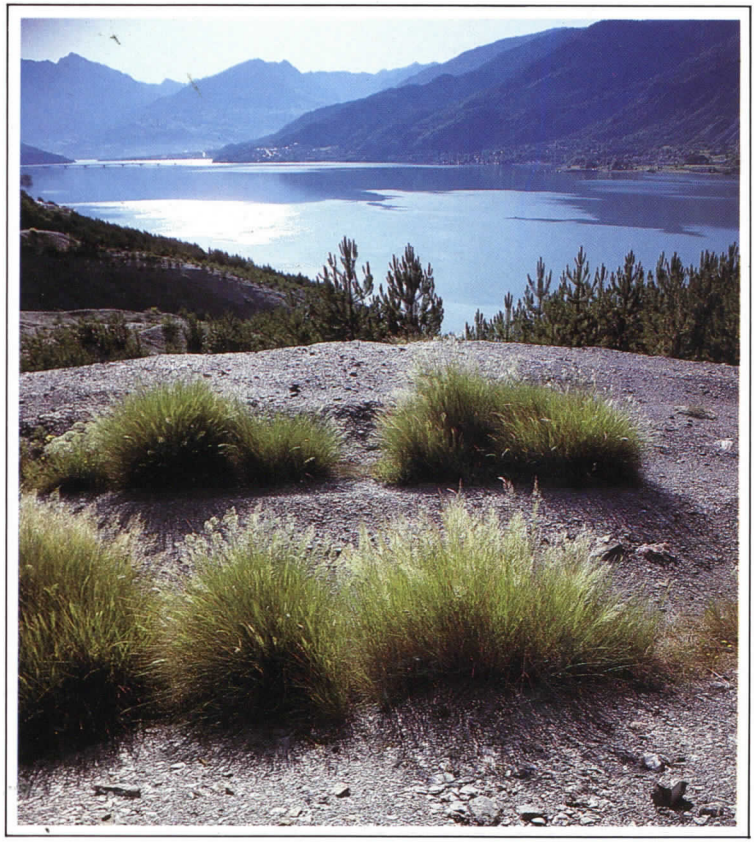
manière dont elles agissent mais ce ne sera néanmoins qu'une étape, viendra ensuite une autre phase révolutionnaire qui, à son tour, apportera des modifications extraordinaires des concepts ».

Les biotechnologies font éclater la génétique en une multitude de sciences.

Les biotechnologies font exploser la génétique en fragments dont chacun devient une science à part entière : génétique moléculaire, génétique virale, génétique nucléaire, génétique mitochondriale, génétique des populations ... Le domaine à explorer est si vaste que les généticiens doivent se spécialiser sur des secteurs de plus en plus fins. Le mystère du "germplasm" ne sera élucidé que le jour où un Einstein de la génétique en donnera une vision synthétique.

2

La vie du patrimoine génétique



Les « mauvaises herbes » sont un pont botanique entre les espèces et les plantes cultivées.

Les ponts botaniques

De la plante sauvage, cueillie par l'aborigène pour se nourrir ou par le botaniste envoyé en collecte par un des grands centres mondiaux de ressources génétiques, à la plantule protégée dans l'enrobage translucide d'une semence artificielle, il y a tout le savoir-faire acquis durant des millénaires, tout un savoir-faire dont Steven C. Witt s'attache à décrire les étapes, qui sont autant de formes du "germplasm".

Les plantes colonisent tous les milieux.

Les espèces sauvages n'ont fait l'objet d'aucune intervention humaine directe. Il n'est aucun milieu, même le plus hostile, qui ne soit colonisé par des végétaux. On trouve ainsi des plantes qui parviennent à pousser dans des sols salés ou dans des conditions de sécheresse ou de température extrêmes, des plantes qui s'accommodent de la présence de maladies ou de ravageurs. Ces caractères de résistance sont commandés par des gènes que les sélectionneurs s'emploient à introduire dans les variétés cultivées. Steven C. Witt cite le Dr. Charles Riek, l'homme qui aurait collecté le plus d'espèces sauvages apparentées à la tomate. Selon lui, celles-ci auraient déjà livré des gènes de résistance à 25 maladies de la tomate, 15 de ces gènes ayant été introduits dans les variétés actuellement commercialisées.

Les espèces commensales :

Les généticiens éprouvent une légitime tendresse pour les mauvaises herbes, tant redoutées des agriculteurs.

Ces espèces se développent dans des lieux transformés par l'homme. Elles assurent la transition, ce que Steven C. Witt appelle le pont botanique, entre les plantes sauvages et les plantes cultivées grâce auquel des gènes peuvent passer des unes aux autres. La plupart des espèces cultivées possèdent dans leur famille ces herbes qui, poussant sur les mêmes lieux, leur font une rude concurrence. C'est pourquoi les généticiens éprouvent une légitime tendresse pour les mauvaises herbes tant redoutées des agriculteurs.

Les Cultivars traditionnels :

Les cultivars traditionnels constituent un réservoir de diversité génétique irremplaçable.

Les cultivars, traditionnels ou primitifs, sont issus d'une sélection opérée à la fois par la nature et par les hommes sur une très longue période. Les hommes repéraient les plantes les mieux adaptées à l'endroit où ils se trouvaient et dont ils portaient ensuite les semences ou les plantes dans leurs déplacements. Adaptés à des situations très variées, tout en ayant déjà fait l'objet d'une première domestication, ces cultivars traditionnels représentent un réservoir de diversité génétique irremplaçable pour les sélectionneurs modernes qui se découvrent ainsi les héritiers lointains des premiers cultivateurs du Néolithique.

Les Cultivars modernes :

Véritables « déchets » du processus végétal, les cultivars modernes nourrissent le monde.

Issues de la sélection végétale moderne, avec ou sans recours aux manipulations génétiques, ces variétés sont incapables de se maintenir sans intervention humaine. Steven C. Witt les assimile à des « produits dont les caractéristiques séduisent les consommateurs — légumes gigantesques par exemple — mais que la nature rejette comme aberrants. Véritables « déchets » du processus végétal, ils ont besoin des hommes pour survivre, mais ce sont eux pourtant qui nourrissent le monde ». Le premier objectif d'une espèce est sa pérennité. Toute la stratégie de la reproduction vise à assurer la génération suivante. La production agricole à usage humain n'a pas les mêmes objectifs.

Les variétés modernes ne peuvent se passer des interventions de l'homme.

Les lignées évoluées :

La biologie moléculaire abolit les frontières.

Elles font l'objet de tous les soins des sélectionneurs car elles servent à la création des variétés, notamment des hybrides, vendues aux agriculteurs du monde entier. Ce "germplasm" a été tellement manipulé et transformé par les hommes que la Mère Nature ne le reconnaîtrait probablement pas. D'ailleurs serait-il capable de se reproduire dans la nature ? De plus en plus, ces lignées évoluées seront issues de transferts génétiques, grâce auxquels les spécialistes de biologie moléculaire découpent et transportent des gènes d'une lignée à l'autre, d'une espèce à l'autre. Ces variétés représentent l'expression la plus avancée de la sélection moderne. Celle-ci acquiert une dimension non plus seulement nationale, ni même continentale, mais planétaire. Elle devient un enjeu international.

Des gestes créateurs

Comment furent domestiquées les premières plantes et pourquoi celles-ci de préférence à d'autres.

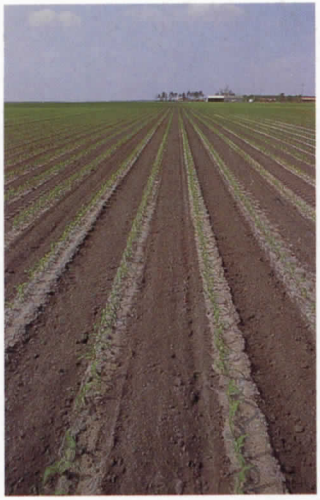
Des travaux menés par une équipe du C.N.R.S. (Centre National de la Recherche Scientifique) dirigée par Jean Pernes sur le mil africain * aboutissent à la théorie du « syndrome de la domestication ». Les plantes cultivées seraient celles dont les caractères utiles pour les hommes se trouvent régis par des structures génétiques assez simples. Les premiers agriculteurs purent donc en tirer parti par des méthodes agronomiques rudimentaires. Ces méthodes visaient en particulier à sélectionner des plantes faciles à récolter (de gros épis à maturité groupée dans le cas des céréales), faciles à cuisiner (enveloppes fines ou faciles à décortiquer, ces mêmes caractères favorisant une germination groupée). Les caractères intéressants pour les agriculteurs vont ici à l'encontre des caractères favorables à la reproduction de la plante. Les cultivateurs devaient donc épurer régulièrement leurs champs des formes sauvages et des hybrides résultant du croisement entre plantes domestiquées et plantes sauvages. Des études analogues menées sur le maïs (J.R. Aulan) et sur le riz confortent l'hypothèse selon laquelle les caractères recherchés par les premiers agriculteurs correspondent à un petit nombre de gènes situés sur un même chromosome donc facilement reproductibles avec des méthodes culturales simples. De là l'hypothèse selon laquelle seules les espèces offrant cette facilité auraient pu être domestiquées, multipliées, améliorées.

La quatrième ressource

Les plantes cultivées ne sont pas nécessairement originaires d'un seul lieu.

J. Pernes signale avoir retrouvé de telles pratiques chez des agriculteurs traditionnels africains. Il observe que ceux-ci veillent à laisser quelques pieds hybrides ou sauvages au cours des épurations pour maintenir la diversité génétique et la possibilité de variations bénéfiques. Ses travaux l'amènent également à conclure à l'existence des « non centres génétiques » à savoir qu'une plante cultivée ne serait pas nécessairement originaire d'un seul lieu. Une même espèce a pu être domestiquée en des lieux et à des époques différents. Ainsi la culture du riz aurait été découverte indépendamment en Afrique (Oryza glaberima), en Inde (Oryza sativa, type indica) et en Chine (Oryza sativa, type japonica).

* « La Recherche », juillet-août 1983.



... maintenir la diversité génétique.

La sélection végétale connaît l'accélération propre à l'ensemble des activités scientifiques.

De la population à l'hybride

Pour domestiquer les plantes cultivées, les premiers cultivateurs n'usèrent d'aucun outil, ils ne disposaient que de leur intelligence et de leurs mains. Par la domestication des plantes, l'homme marque pour la première fois son emprise sur la nature, il lui a fallu pour cela une capacité d'abstraction et d'imagination, une habileté de la main qu'il est seul à posséder.

La sélection généalogique

Mendel ouvre la voie de la sélection généalogique.

Jusqu'au début du vingtième siècle, le travail du sélectionneur n'avait guère subi de changements depuis les agriculteurs du néolithique. Il consistait à trier des individus remarquables et à les multiplier pour la génération suivante et ainsi de suite. Les populations, autrement appelées « variétés de pays », offraient une parfaite adaptation aux conditions de culture auxquelles elles étaient destinées et une extrême souplesse face aux aléas de toute sorte. La contrepartie résidait dans la difficulté de les diffuser largement et dans des performances moyennes liées à leur variabilité génétique. Les travaux de Mendel devaient ouvrir la voie à la sélection généalogique, élaborée en France par M. De Vilmorin. Cette méthode introduisait la notion de fixité génétique, obtenue par l'isolement de lignées pures. Elle permit la création des variétés modernes, de plus en plus productives ... et dépendantes des soins prodigués par les agriculteurs. La sélection généalogique éloigne les cultivars modernes de leurs origines sauvages.

La sélection récurrente

La sélection récurrente assure le brassage génétique.

La sélection récurrente ou test de descendance a l'avantage de maintenir un brassage génétique à chaque étape de la sélection. On commence comme en sélection généalogique, par croiser entre eux des individus présentant les caractéristiques souhaitées puis à trier les plus intéressants de leurs descendants. Par contre, ces descendants ne seront pas autofécondés mais croisés entre eux pour essayer de conjuguer leurs caractères favorables et ainsi de suite pendant plusieurs générations. Cette méthode intéressante tant pour le maintien d'une diversité génétique que pour l'amélioration des performances connaît depuis quelques années un regain d'intérêt, malgré les délais supplémentaires qu'elle impose aux sélectionneurs. Ceux-ci tendent toutefois à lui préférer les méthodes plus spectaculaires et réputées plus rapides des manipulations génétiques. La sélection récurrente a toutefois un domaine de prédilection dans la création des lignées parentales destinées à la mise au point des variétés hybrides, dont le maïs est l'archétype.

Les cultures de tissu et le génie génétique ouvrent la voie de la sélection créatrice.

La sélection végétale connaît l'accélération propre à l'ensemble des activités scientifiques, une accélération que l'introduction des biotechnologies va précipiter. Schématiquement les biotechnologies se développent selon quatre axes : culture de tissus, génie génétique, génie enzymatique et fermentations. Les cultures de tissus et le génie génétique ouvrent la voie à la sélection créatrice.

Les biotechnologies

Cultures in vitro : vers les semences artificielles

Les cultures in vitro permettent de contourner les incompatibilités de la reproduction sexuée.

L'une des applications des biotechnologies à l'amélioration des plantes réside dans les cultures « in vitro ». L'un de leurs principaux avantages, outre la vitesse de multiplication, réside dans la possibilité de contourner les incompatibilités de la reproduction sexuée. Chronologiquement, les cultures in vitro sont passées par des étapes dont la première fut la production d'haploïdes (plantes dont les cellules ne portent qu'un seul lot de chromosomes, mâle ou femelle).

Ainsi furent créés, à Orsay, les premiers blés haploïdes par androgénèse (culture d'anthères), et les premières variétés haploïdes d'orge et de betterave par gynogénèse (culture d'ovaires).

La deuxième étape consista dans la modification des caractères héréditaires par la mutation provoquée (emploi de radiations ou de substances mutagènes). Elle aboutit à la création, entre autres, de variétés résistantes aux maladies.

L'étape en cours vise à créer des hybrides par voie non sexuée. La création de nouvelles espèces ou le transfert direct de caractères d'une espèce à l'autre est envisagé.

Semences artificielles : le développement industriel demandera plusieurs années.

A plus long terme apparaîtront les semences artificielles. Ces semences contiennent des plantules, issues de cultures in vitro, englobées et protégées dans un enrobage contenant toutes les substances nutritives et protectrices propres à un bon départ dans la vie. L'équipe du Professeur Demarly de l'Université d'Orsay a réalisé une première mondiale en préparant de telles semences en laboratoire. Le passage à l'échelon industriel demandera encore quelques années. Elles ne seront pas de trop pour mettre au point les techniques et les matériels appropriés.

Cultures d'arbres « in vitro ».

La quatrième ressource

Génie génétique : deux découvertes capitales

Le clonage permet d'isoler un gène et de le multiplier à l'identique en quantité illimitée.

La base du génie génétique repose sur le clonage, c'est-à-dire la capacité d'isoler un gène et de le multiplier à l'identique en quantité illimitée. Le clonage n'est devenu une opération « classique » en laboratoire qu'à la suite de deux découvertes.

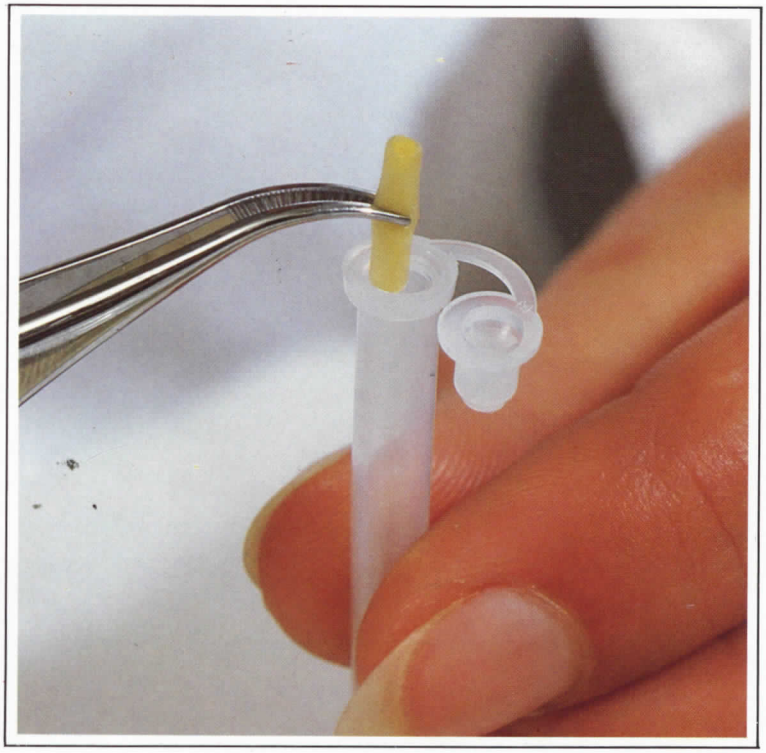
La première réside dans l'utilisation des enzymes de restriction, souvent comparés à des bistouris capables de découper l'ADN en des points précis. Les morceaux d'ADN sont insérés dans des plasmides, (chromosomes bactériens), introduits dans une bactérie relais (Escherichia Coli).

La seconde étape a été franchie lorsqu'on a pu transférer le plasmide de la bactérie relais à une autre bactérie (Agrobacterium tumefaciens). Lors de l'infection de la plante par Agrobacterium, celui-ci injecte le plasmide initial. Le morceau d'ADN correspondant au caractère que l'on souhaite transférer d'une plante à une autre ou d'une bactérie à une plante est d'abord prélevé, transféré sur Escherichia Coli, multiplié, transféré ensuite sur Agrobacterium tumefaciens, lequel l'injectera dans le génome de la plante que l'on veut améliorer. Ainsi le processus est le suivant : ADN, fragment d'ADN, enzyme de restriction, bactérie relais, bactérie infectieuse, plante.

Les céréales fixatrices d'azote : un objectif encore lointain.

C'est par cette « longue marche » qu'a été réalisé le transfert sur le tabac de la résistance aux insectes du Bacillus Thuringiensis. De nouvelles découvertes devraient bientôt vouer cette méthode au rang des curiosités scientifiques.

Les nouvelles méthodes consistent dans l'injection directe de gènes isolés dans des cellules végétales préalablement privées de parois externes, de protoplastes. L'amélioration des techniques de transfert permettra-t-elle de réaliser le vieux rêve de variétés de céréales capables de fixer elles-mêmes l'azote ? L'objectif semble encore lointain, dans la mesure où près d'une vingtaine de gènes commandent la fixation de l'azote par le Rhizobium. Une première étape, en voie d'être franchie, consistera dans l'amélioration de ses performances.



3

Les enjeux

La quatrième ressource

Quelle est la part de la nature dans la nature transformée ?

Les biotechnologies apportent de nouveaux outils aux sélectionneurs. Que peuvent en attendre ceux-ci ? Une révolution dans l'amélioration des plantes ou simplement une accélération du processus de sélection ? C'est l'enjeu scientifique, sur lequel les avis sont partagés.

Par ailleurs, au fur et à mesure que la nature est non seulement domestiquée mais transformée par l'action de l'homme, faut-il parler encore de « nature » ou bien « d'artefact » ? Cette question, à laquelle l'avènement des biotechnologies donne une acuité nouvelle, exprime un enjeu économique et stratégique considérable. Nous avons choisi, pour alimenter ces débats, de laisser ici la parole à deux généticiens et à une juriste et de verser à ce dossier un cas devenu célèbre.

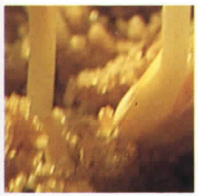
La Science

Un progrès permanent

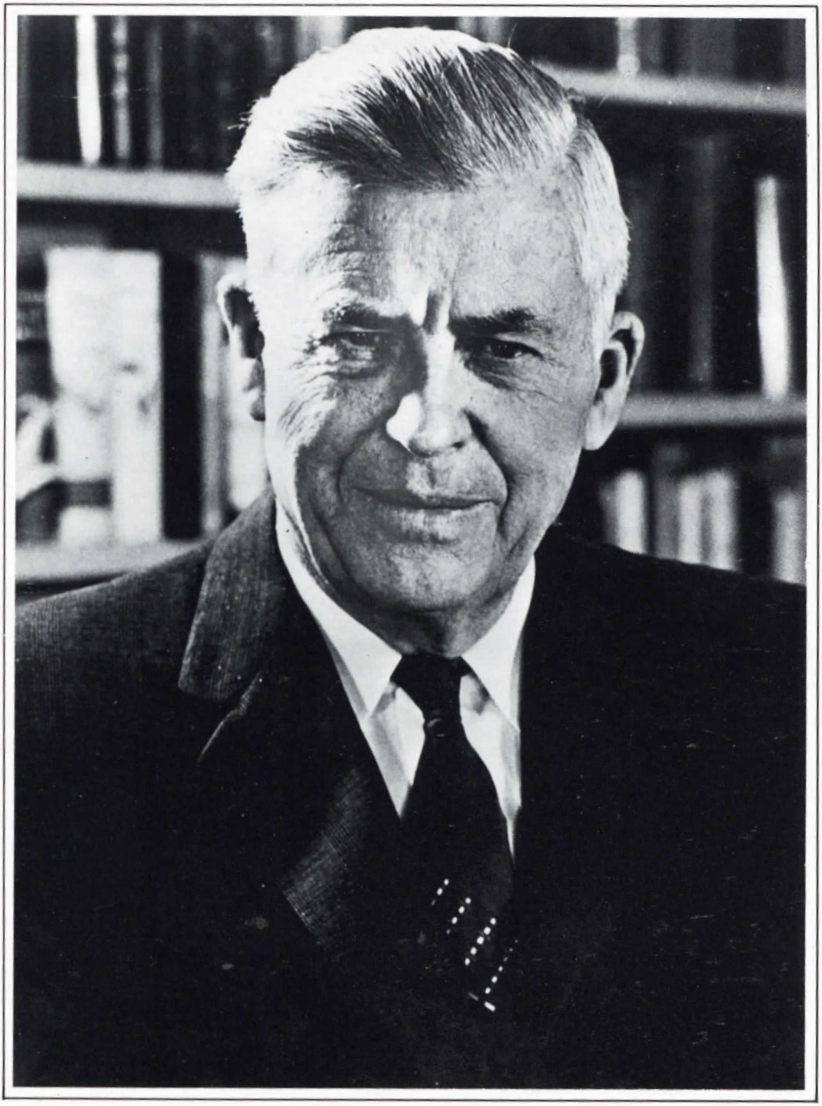
Des questions de génétique fondamentale de plus en plus difficiles pourront trouver une réponse.

Donald N. Duvick, directeur scientifique de Pioneer Hi-Bred International, Inc., déclarait en 1983 à l'issue du symposium de Stadler :

« Je voudrais vous expliquer comment, à mon avis, la biologie moléculaire et les sciences annexes peuvent aider la sélection végétale. En premier lieu, elles peuvent contribuer à donner au sélectionneur de solides connaissances de base sur l'action des gènes et la génétique des caractères importants. J'ai déjà signalé que la plupart des caractères importants du point de vue agronomique semblent être contrôlés par de nombreux gènes. La génétique moléculaire et son application, l'ingénierie génétique, sont malheureusement à l'heure actuelle obligées de travailler dans les organismes supérieurs, avec des gènes uniques. Mais je pense que si les études de génétique moléculaire peuvent se combiner d'abord avec la génétique mendélienne, puis avec la génétique quantitative, des questions de génétique fondamentale de plus en plus difficiles pourront finalement trouver une réponse, au bénéfice des praticiens de la sélection végétale. Parmi les questions nécessitant une réponse, j'en citerai quelques unes : A quoi est due une résistance durable — de longue durée — aux maladies ? Qu'est-ce que la tolérance au stress, du point de vue physiologique, biochimique et génétique ? Comment identifier les combinaisons utiles et comment prédire les croisements les plus rentables de lignées ? ».



Henry A. Wallace *(1888-1965) : Créateur du « Copper Cross », premier maïs hybride à avoir été commercialisé dans la « Corn Belt ». Fondateur en 1926 de Hi-Bred Corn Company qui devait quelques années plus tard s'appeler Pioneer.*
Secrétaire de l'agriculture puis Vice-Président des USA sous Roosevelt.



La quatrième ressource

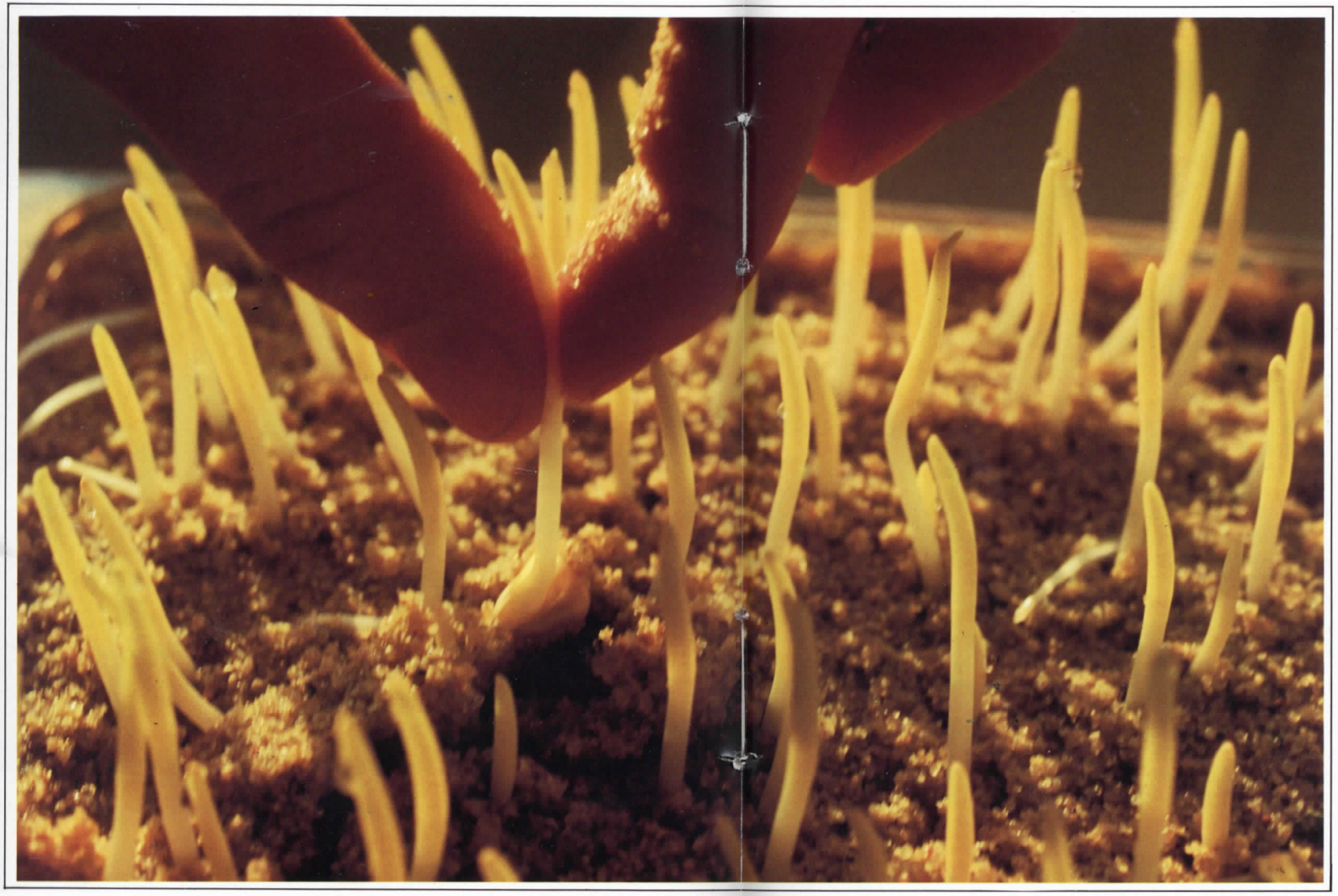
La protection des variétés et leur identification seront facilitées.

« Voici un exemple de l'aide que pourrait apporter la génétique moléculaire : comprendre les interrelations qui existent entre la structure et l'action des gènes porteurs de la résistance à la rouille de la tige du blé pourrait nous aider à concevoir des types plus efficaces et plus durables de gènes de résistance aux maladies ».

« Des raccourcis utiles, employant des techniques nouvelles issues de la biotechnologie, seront vraisemblablement disponibles pour les sélectionneurs bien avant que les questions fondamentales énumérées ci-dessus aient trouvé une réponse. Certaines cultures de tissus et de cellules fournissent déjà des boutures indemnes de toute maladie pour des cultures produites végétativement. La reproduction végétative d'hybrides sélectionnés est sur le point d'être pratiquée pour certaines cultures forestières et elle sera vraisemblablement adoptée pour certaines espèces horticoles. Les premières utilisations de la biologie moléculaire pour l'identification des maladies ont déjà été dépassées par une seconde génération de techniques d'identification spécifique basées sur la molécule. Dans un avenir proche, la protection des variétés et leur identification — preuve de propriété — seront facilitées par des outils d'identification fournis par cette science nouvelle qu'est la biotechnologie. Toute liste qui serait faite aujourd'hui des apports possibles de la biotechnologie paraîtrait, dans quelques années, trop limitée et dépourvue d'imagination ».

« Le facteur limitant sera la capacité des sélectionneurs à comprendre comment ils peuvent se servir de cette science et la capacité des biotechnologistes à comprendre ce dont les sélectionneurs ont réellement besoin ».

Certaines cultures de tissus et cellules fournissent des boutures indemnes de toute maladie.



La difficulté, c'est qu'il faut un grand nombre de mesures, des milliers en quelques jours.

Un sélectionneur prudent

Pour accroître la photo-synthèse, le sélectionneur et le physiologiste doivent conjuguer leurs efforts.

Max Rives, Directeur de Recherches à l'Institut National de la Recherche Agronomique, se déclare perplexe quant à l'utilité réelle du génie génétique pour le chercheur.

« Que peut attendre le sélectionneur de la biologie en général ? Au risque de faire scandale, je suis obligé de répondre : pas grand chose ! Le rendement du blé en est un bon exemple. Il a quadruplé en cinquante ans. On pourrait penser que c'est parce que la photosynthèse a été améliorée, qu'il capte une plus grande proportion de l'énergie solaire qu'il reçoit, pour produire plus de grain. Ce serait le couronnement d'une coopération entre le sélectionneur et les physiologistes des fonctions. Il n'en est rien.

« Le progrès génétique a été obtenu à biomasse totale constante (grain + tiges et feuilles), et même légèrement décroissante. Il y a simplement eu transfert de la matière sèche vers le grain. La photosynthèse par unité de surface de feuille a légèrement diminué, ce qui est compensé par une surface plus grande des feuilles.

« Le physiologiste végétal de la photosynthèse peut ressentir cela comme une insulte : combien de fois n'a-t-il pas justifié son salaire et ses coûteux appareils par la nécessité de lutter contre la faim dans le monde ! ».

« Il semble bien qu'il existe une certaine variabilité génétique pour la photosynthèse : en clair, cela signifie qu'on devrait pouvoir sélectionner pour un accroissement de la photosynthèse, donc pour un accroissement corrélatif du rendement en grains.

« La difficulté, c'est qu'il faut faire un grand nombre de mesures, des milliers en quelques jours. Peu importe alors leur précision, car la fluctuation aléatoire du caractère chez les plantes est bien supérieure à la précision habituelle de ces mesures biophysiques ».

« C'est là que le physiologiste, biochimiste féru de mesures très précises, mais qui a tout son temps et est peu entraîné à les rendre simples, rapides et peu coûteuses, à les industrialiser, se heurte au sélectionneur, qui a beaucoup de mal à expliquer que, pour lui, ces aspects sont impérieusement prioritaires sur la précision.

« Mais je suis un vieil homme, et il me faut enfin dire mon plaisir à voir que cette vieille querelle que j'ai cherchée pour une dernière fois, est maintenant révolue : nos jeunes collègues ont fait la paix et se sont compris ! il était temps, car la limite des possibilités de transfert de la biomasse totale vers le grain approche : on en est à 60 % de grain ! La poursuite de la courbe ascendante ne pourra se faire, dès les quinze prochaines années, que par l'augmentation de la biomasse totale.

« Il me reste à faire un sort au génie génétique, symbole des biotechnologies.

Une réussite sur une espèce n'est pas toujours transposable à une autre.

« Paradoxalement, il me semble que ce ne sont pas les multiples obstacles à la réalisation effective des merveilles énoncées dans les prospectus des compagnies de génie génétique à la recherche de capital sauvage qui soient les plus difficiles à surmonter. Chaque jour, en effet, apporte un nouveau succès, de nouvelles astuces, des voies imaginées de manière plus proche de la réalité des vrais problèmes, et du simple bon sens ».

« Pourtant, le sélectionneur reste sceptique : l'expérience lui a prouvé qu'une réussite sur une espèce n'est pas nécessairement transposable à une autre : on sait obtenir des haploïdes de tabac ou de piment presqu'à volonté, mais on peine encore pour faire décoller les taux de réussite d'où ils étaient lors de la première réussite pour le blé, il y a quinze ans.

Les enjeux

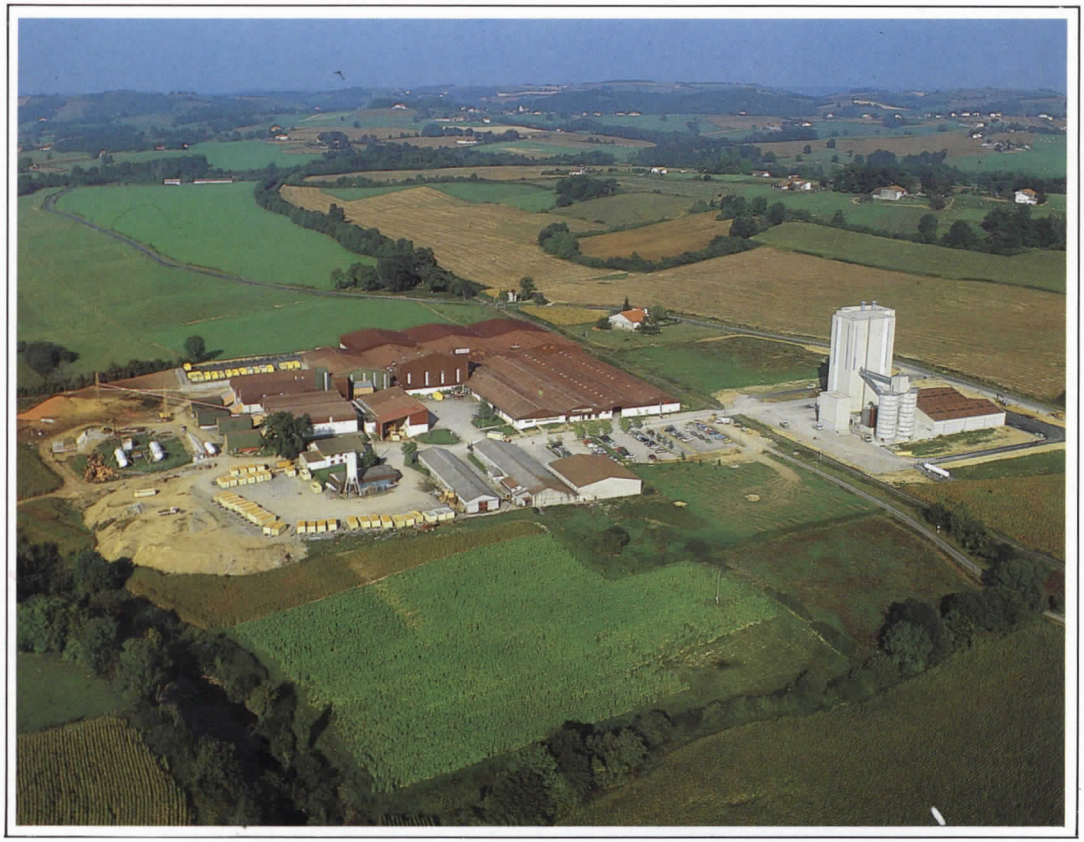
« Passons sur le fait que, pour le sélectionneur, le gène de telle ou telle caractéristique n'existe pas. L'erreur principale consiste à avoir cru à une profitabilité de ce type de transfert chez les plantes cultivées. En supposant qu'on puisse effectivement transférer les gènes à volonté, l'opération n'aurait qu'un intérêt réduit pour une firme privée. En effet, la règle fondamentale de la protection des obtentions végétales porte que toute variété commercialisée peut être utilisée par quiconque pour créer de nouvelles variétés par croisement à partir d'elle. De la sorte, dès que l'on voudra rentabiliser le fruit de ce travail difficile et coûteux, il se trouvera à la disposition de n'importe quel concurrent qui pourra l'utiliser par les méthodes classiques.

Le seul cas de vraie rentabilité : celui des gènes de résistance à des herbicides.

« Le seul cas de vraie rentabilité, c'est celui des gènes de résistance à des herbicides : la firme qui détient l'exclusivité de l'herbicide a intérêt à ce que l'on transfère le gène de résistance à l'herbicide au plus grand nombre possible de variétés : cela rendra son marché captif. Elle fera du profit en vendant son produit, pas son gène ! ».

« C'est donc le service public, et non le secteur privé qui devrait être chargé de travailler sur le génie génétique et les transferts de gènes : ils risquent d'être faisables, et leur utilité sociale est évidente ».

Extrait de :« L'amélioration des Plantes » Max Rives (INRA) In « Culture Technique », édité par le Centre de Recherche sur la Culture Technique, 69 *bis*, rue Charles Laffitte, 92200 Neuilly-sur-Seine



L'agriculture moderne : des champs mais aussi des laboratoires et des usines.

Vue aérienne de la station de conditionnement de semences de Lur Berri, Aïcirits, Saint-Palais.

Le droit

Le cas Chakrabarty : une décision historique

La distinction n'est pas entre vivants et choses inanimées, mais entre produits de la nature et inventions humaines.

Le 16 juin 1980, dans la désormais célèbre affaire Diamond contre Chakrabarty, la Cour Suprême des USA décidait par 5 voix contre 4 que les micro-organismes modifiés par recombinaison de l'ADN étaient brevetables. Le jugement était rendu en ces termes : « Le Congrès a ainsi reconnu que la distinction pertinente n'était pas entre êtres vivants et choses inanimées, mais entre produits de la nature, qu'ils soient vivants ou non, et inventions humaines ».

Avant l'affaire Chakrabarty, l'Office des Brevets recevait entre 10 et 20 demandes de brevets par an venant de ce qu'il appelle « le secteur du génie génétique ». Après l'affaire, il y en eut 400 par an. Les demandes se sont multipliées au point que, à la fin de l'année 1984, l'Office des Brevets avait enregistré plus de 2 600 candidatures. Steven C. Witt voit là une relation de cause à effet. Mais le dynamisme de la science n'est-il qu'une conséquence du droit ?

Les gènes sont-ils le patrimoine commun de l'humanité ?

Sans cette décision aboutissant à autoriser le dépôt de brevets sur les gènes, les biotechnologies connaîtraient-elles l'essor que nous leur voyons prendre aujourd'hui ? Combien de firmes auraient engagé des recherches dans ce domaine sans un minimum de garanties sur la valorisation de leurs recherches ?

Marie-Angèle Hermitte, spécialiste du droit sur les obtentions végétales au C.N.R.S., analyse le problème sous un angle juridique.

Le droit d'obtention végétale est un compromis entre la nature et l'industrie.

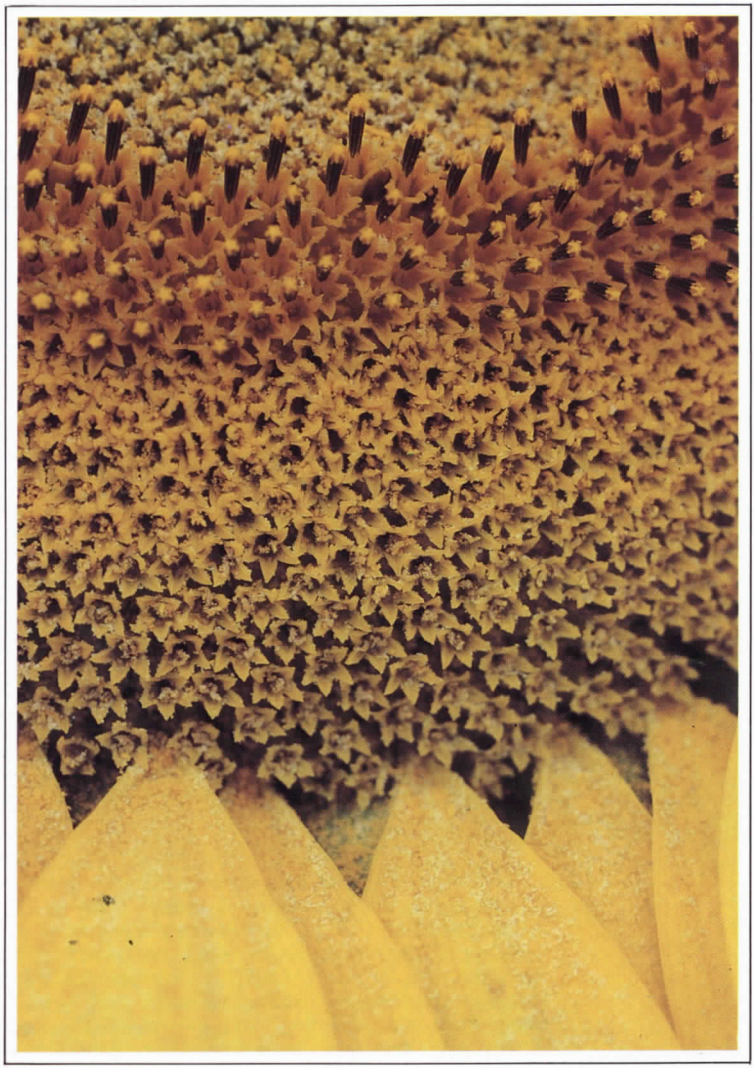
« Dans l'orthodoxie juridique, l'invention végétale n'était pas *appropriable*, sous quelque forme que ce soit. Mais, en même temps, elle est une *intervention de l'homme* qui nécessite des investissements. Il fallait donc leur assurer une rentabilité, ce qui impliquait de les *breveter*, et par suite de se les approprier temporairement. Seule une « ruse juridique » pouvait résoudre cette contradiction ; la ruse, ce fut le *droit d'obtention végétale* ».

« Le DOV, compromis entre la nature et l'industrie, fut imaginé principalement par les pays européens dans le cadre de la Convention de Paris (1961) ».

« *Pour l'intervention humaine*, on accorda un *droit exclusif temporaire* à l'obtenteur : nul ne peut se servir de son matériel de reproduction pour le commercialiser sous forme de semences, boutures, etc. C'est le *modèle du brevet* ».

L'obtenteur ne dispose que d'un monopole restreint sur sa variété.

« *Pour la nature*, on récuse partiellement le modèle du brevet en n'accordant à l'obtenteur qu'un *monopole restreint.* La restriction profite au fermier qui conserve le droit de prélever sur sa récolte la semence de l'année suivante et aux autres obtenteurs. En effet, le créateur d'une variété ne peut s'opposer à ce qu'un autre obtenteur se serve de son matériel pour créer une nouvelle variété et, qui plus est, il ne peut lui réclamer de redevances ».



Produit de la nature et invention humaine.

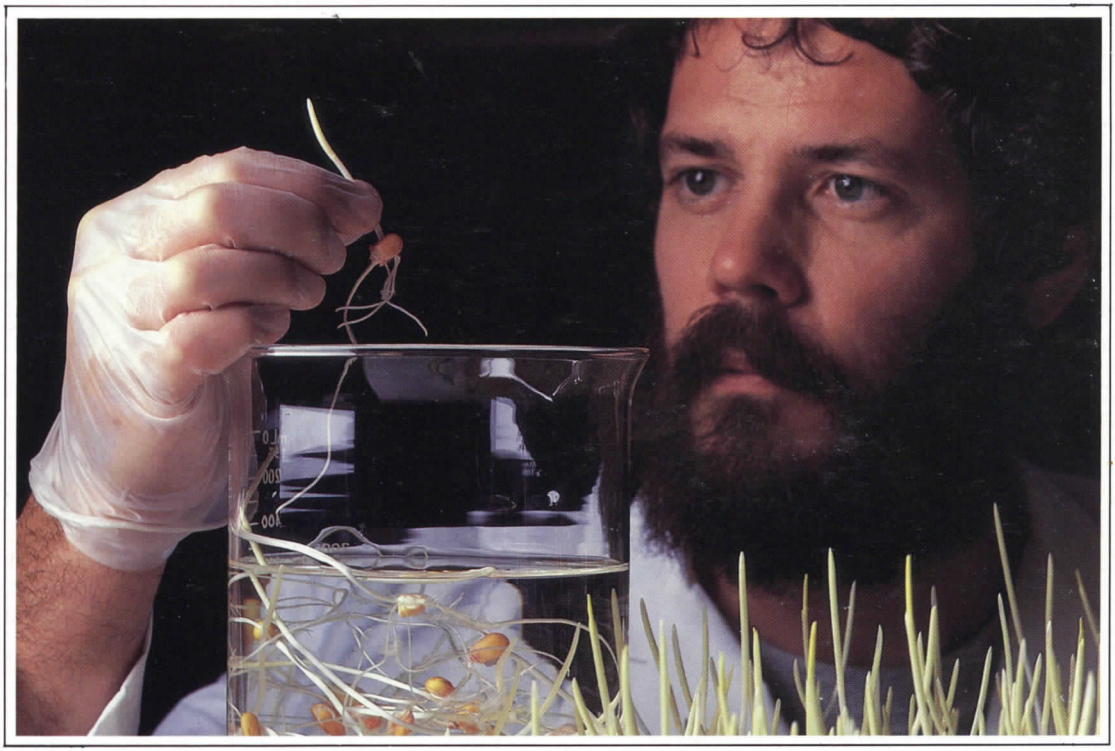
La diversité génétique est-elle menacée par l'industrialisation de l'agriculture ?

« Ce compromis satisfaisait les différents intérêts en présence, mais réalisait aussi un équilibre collectif : en effet, le « *libre accès* » aux variétés, *même protégées*, donné à tous les obtenteurs, faisait de l'ensemble des variétés existantes une sorte de *patrimoine génétique commun* dans lequel chacun était libre de puiser ... On arrivait ainsi, sinon à protéger, du moins à *ne pas entamer du fait du droit une diversité génétique* déjà menacée par l'extension de la monoculture et, de manière plus générale, par l'industrialisation de l'agriculture ».

Le droit international public seul habile à faire valoir la protection de la diversité génétique.

« C'est cet équilibre qui pourrait être remis en cause par l'irruption des biotechnologies. Le travail de laboratoire paraît l'emporter sur le travail du sélectionneur, et certains revendiquent un retour au brevet. Mais alors, gènes, cytoplasmes, noyaux, indispensables pour poursuivre les recherches seront totalement monopolisés pour de longues années. Le conflit est de nouveau en place et les lobbies sont constitués. Seule la catégorie juridique de *patrimoine commun de l'humanité* pourrait faire de la diversité génétique l'objet d'un droit, expressément reconnu, et non pas sous-entendu, comme il l'était avec le droit d'obtention végétale. Le débat ne doit donc pas rester enfermé dans le droit de la propriété industrielle, qui ne fait qu'exprimer le conflit agronomie-industrie ; il doit déboucher sur le droit international public, seul habile à faire valoir la protection de la diversité génétique ».

* *Marie-Angèle Hermitte*, Chercheur au CNRS, Travaux publiés aux Editions Techniques (Paris). Dans la Collection CREDIMI : — **La Gestion des ressources naturelles d'origine agricole**, sous la Direction de Ph. Kahn et J.-C. Fritz (1983). — **La protection de la Création Végétale, le critère de nouveauté**, sous la direction de M.A. Hermitte (1985). — **Génie Génétique et Création Végétale. Macroéconomie, microéconomie**, Sociétés de capital-risque, brevet, droit d'obtention végétale (à paraître, même éditeur).



Patrimoine commun de l'humanité.

Conclusion : Un délai de réflexion

Face aux mystères de la vie, des réponses encore incomplètes.

Conclusion : Un délai de réflexion

Une explication synthétique reste encore à découvrir.

A l'issue de cette brève, trop brève sans doute, présentation de certains aspects du "germplasm", le lecteur peut avoir la sensation de rester sur sa faim. A la question « Qu'est-ce que le "germplasm" ? » nous n'avons apporté que des éléments de réponse très incomplets, moins par faute de place car le but n'était pas d'entrer dans le détail de techniques et de connaissances en constante évolution que faute d'une explication synthétique encore à découvrir. Or, il est bien difficile de prévoir ce qu'il adviendra du "germplasm" et de définir à son propos un droit d'usage et de propriété aussi longtemps que sa nature profonde restera ignorée.

Le lecteur pourra aussi nous reprocher d'avoir, non pas escamoté, mais simplement évoqué les débats en cours sur la maîtrise du pouvoir génétique. Prétendre traiter d'une question aussi cruciale en quelques lignes, ou même en quelques pages ne serait pas sérieux, et ce d'autant moins que la nature même du "germplasm" et la notion de patrimoine génétique comportent une bonne part d'inconnu. Cela n'empêche pas d'en parler, cela oblige de le faire avec infiniment de prudence et de modestie. Le principal mérite du débat engagé serait d'inciter à ce que soient mis en œuvre les recherches nécessaires à l'acquisition des connaissances fondamentales qui font encore défaut et d'éviter que des orientations prématurées et irréversibles ne soient prises.

Luc Rousseaux

Chronologie

(Quelques dates empruntées au livre de Steven C. Witt)

1859 : « De l'origine des espèces », le livre décisif de Charles Darwin, est publié à Londres.

1865 : Le moine augustin Gregor Mendel, père de la génétique moderne, présente ses lois de l'hérédité à la Société de Science Naturelle à Brunn, en Autriche.

1882 : Le botaniste suisse Alphonse de Candolle rédige la première étude complète sur les origines et l'histoire des plantes cultivées ; son œuvre fut plus tard d'une aide précieuse à N. I. Vavilov, lorsqu'il traça la carte mondiale des centres de diversité.

1883 : Le savant allemand Auguste Weissmann invente le mot « germplasm ».

1900 : Naissance de la génétique lorsque le travail de Mendel est redécouvert par trois chercheurs : Hugo de Vries, Erich von Tschermak et Carl Correns.

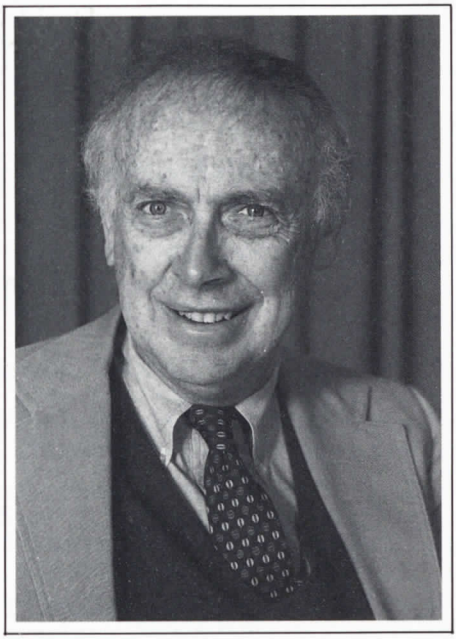
1918 : Le généticien Donald Jones invente l'« hybride double » (croisement de deux hybrides simples) qui fait passer le maïs du laboratoire aux champs des agriculteurs.

1925 : Nikolaï Vavilov prend la tête d'une expédition russe de « chasseurs de plantes » ; c'est la première tentative de « couverture du globe » à la recherche des plantes sauvages et de cultivars primitifs.

1940 : Oswald Avery précipite un échantillon pur de ce qu'il appelle le « facteur de transformation » ; bien que peu de scientifiques le croient, il a pour la première fois isolé de l'ADN.

1947 : Barbara McClintock publie son premier rapport sur les « éléments transposables » aujourd'hui appelés « gènes sauteurs ». La communauté scientifique ne reconnaît pas plus l'importance à sa découverte qu'elle n'avait accordé d'intérêt à celle du moine Mendel.

1953 : « Nature » publie le manuscrit de 900 mots de James Watson et Francis Crick qui décrit la double structure hélicoïdale de l'ADN, découverte pour laquelle ils obtiendront en 1962 le prix Nobel.



James Watson décrit la double structure hélicoïdale de l'ADN.

1960 : Les Fondations Ford et Rockefeller fondent avec le gouvernement philippin l'Institut International de Recherche sur le Riz (IRRI), le premier centre international de recherche agricole.

1961 : Dans le cadre de son Année Mondiale des Semences, la FAO organise une « Conférence Technique sur l'Exploration et l'Introduction des Végétaux » : c'est la première fois qu'une agence internationale de cette importance met l'accent sur le "germplasm" végétal.
L'UPOV (Union Internationale pour la Protection des Nouvelles Variétés Végétales), est créée à Paris, en France : le but de la « Convention de Paris » est d'uniformiser la promulgation et la mise en application de la législation sur les Droits des Sélectionneurs dans le monde entier.

1968 : La FAO crée une Unité d'Ecologie des Cultures et de Ressources Génétiques qui agira comme centre d'information sur les expéditions ayant pour mission de recueillir des plantes.
Le terme « Révolution Verte » est créé par William Gaud, l'un des administrateurs de l'Agence pour le Développement International (AID).

Chronologie

1970 : Norman Borlaug devient le premier sélectionneur végétal à gagner le Prix Nobel pour son travail sur les Variétés de blé de la Révolution Verte. Le CIMMYT * et l'IRRI reçoivent ensemble le Prix de la Science de l'Unesco.

1971 : Inscription de la première variété de tournesol hybride par l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) en France.

1972 : La Conférence de l'O.N.U. sur l'Environnement Humain à Stockholm attire l'attention du monde entier sur le besoin urgent de conserver les ressources génétiques végétales et animales du monde qui sont en train de diminuer.

1973 : L'ère de la biotechnologie s'ouvre quand Stanley Cohen à l'Université Stanford et Herbert Boyer de l'U.C. San Francisco réussissent à recombiner des morceaux d'ADN de bactéries après avoir intégré un gène étranger. Ils nomment leur travail « recombinaison de l'ADN », mais la presse préfère le terme « génie génétique ».

1974 : Le CGIAR * et la FAO s'entendent pour créer le Bureau International pour les Ressources Génétiques Végétales (IBPGR), une agence qui assurera la coordination des efforts visant à conserver le "germplasm" des cultures dans le monde entier.

1980 : Dans l'affaire Diamond contre Chakrabarty, la Cour Suprême des Etats-Unis soutient par 5 voix contre 4 la brevetabilité des micro-organismes génétiquement modifiés, ouvrant la porte à une protection plus grande pour toute forme de vie modifiée.

1984 : L'organisation de Développement Industriel des Nations Unies décide de la création du Centre International de la Recherche et de la Biotechnologie qui sera installé sur 2 sites, en Inde et en Italie.

1986 : Création d'une variété de tabac résistante aux insectes par l'introduction d'un gène de Bacillus Thurigiensis. La technique sera rapidement étendue à d'autres cultures, le coton, le soja, et utilisée pour la résistance à des herbicides : glyphosate atrazine, ... pour commencer.

* CYMMIT : Centre International pour l'Amélioration du Maïs et du Blé.
* CGIAR : Groupe Consultatif de la Recherche Agricole Internationale.

Glossaire

Glossaire

ADN Acide désoxyribonucléique, matériel génétique présent dans tous les organismes vivants. Toutes les caractéristiques d'un organisme vivant sont inscrites dans le code de son ADN.

Chromosomes Suites de gènes étroitement enroulées (ADN) situées dans le noyau de chaque cellule. Chaque chromosome a un nombre fixe de gènes, et chaque espèce a un nombre caractéristique de paires de chromosomes ; les humains par exemple en ont 23 paires, les souris 19 et les pois 7.

Cultivar Contraction de « variété cultivée ».

Culture de tissus Suspension de cellules végétales dans un bain d'éléments nutritifs pour les modifier génétiquement ou les inciter à produire des plantes entières par regénération.

Génome Code génétique complet d'un individu : somme génétique de son ADN.

Génotype Contenu génétique complet d'un individu (V. Phénotype).

In vitro Se dit de toute réaction physiologique qui se fait en dehors de l'organisme (dans des tubes, des éprouvettes, etc.).

In vivo Se dit de toute réaction physiologique qui se fait dans l'organisme.

Glossaire

Lignée L'ensemble des descendants génétiquement uniformes provenant d'un seul individu autofécondé.

Multiplication végétative Multiplication des plantes par des voies asexuées, à savoir sans fécondation et sans semences. La multiplication végétative est souvent appelée multiplication clonale parce que les plantes qui en résultent sont des clones de la plante qui les a produites.

Mutation Modification du code génétique due à l'influence de l'environnement ou à des erreurs de duplication de l'ADN.

Phénotype Ce que produisent les génotypes, à savoir, les caractéristiques observables d'un individu.

Pool génétique Amalgame et combinaisons diverses de gènes au sein d'une population. Souvent utilisé pour désigner le nombre total de gènes présents dans un cultivar et les espèces sauvages et parasitaires de la même famille.

Souche Groupe d'individus semblables à l'intérieur d'une même espèce mais ne constituant généralement pas une variété séparée.

Vigueur hybride Expression intensifiée des caractères génétiques désirables qui font qu'un hybride est supérieur à ses parents. La vigueur est ce qui rend les hybrides commerciaux de maïs si productifs.

Les éditeurs tiennent à remercier : **Donald N. Duvick, Max Rives, Marie-Angèle Hermitte**, qui les ont autorisés à insérer leurs textes dans l'ouvrage ; **André Cauderon, Gilbert Mora,** pour leurs conseils avisés ; **Marie-Jeanne Gauffre**, pour son travail de traduction.

Crédit photographique :
Jean-Luc Barde : couverture, p. 29. **Alain Beignet** : p. 45, 65, 4e de couverture. **Pierre Collombert** : p. 6, 11, 15, 17, 19, 28, 32, 35, 38, 39, 40, 56, 70. **Diagram** : p. 21. **Jean-Pierre Hochet** : p. 59. **Philippe Pastre** : p. 72. **Bernard Prince** : p. 55. **Scott Sinklier** : p. 67.

Photocomposition : **Paragraphic** *(Toulouse).* Photogravure : **Photo litho** *(Toulouse).* Impression : **Imprimerie du Sud** *(Toulouse).* Brochage : **Spit Brochage** *(Toulouse).* Fabrication *pour les Editions Privat :* **Nati Seseña.**
Dépôt légal n° 3024

Conception graphique et maquette : **Studio Pastre** *(Toulouse).* Conception éditoriale pour Pioneer France-Maïs : **Gérard Faure, Jean L'Hour, Jacky Anton.** Direction artistique *(Editions Privat)* : **Dominique Autié.**

La terre produisit de la verdure : des herbes portant semence selon leur espèce, des arbres donnant selon leur espèce des fruits contenant leur semence, et Dieu vit que cela était bon.
Il y eut un soir et il y eut un matin : troisième jour.
Genèse, *chapitre 1, verset 12.*

I.S.B.N. 2.7089.9112.4 - 72 F